

DEUTSCHES MUSEUM  
ABHANDLUNGEN UND BERICHT

JAHRGANG 1907

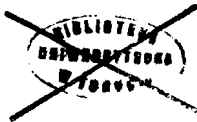


VERLAG VON  
SCHNEIDER'SCHE BUCHDRUCKERIE

40  
71

11. 12. 1936

Zv 41







# DEUTSCHES MUSEUM ABHANDLUNGEN UND BERICHTE

---

7. JAHRGANG / 1935



MIT 93 ABBILDUNGEN

1

9

5

5

---

VDI-VERLAG GMBH / BERLIN NW 7

.1936: 1311

7 Zv 41

HERAUSGEGEBEN IM AUFTRAGE DES DEUTSCHEN MUSEUMS VON:

Geh. Reg.-Rat Prof. Dr. rer. nat. Dr.-Ing. E. h. J. ZENNECK VDI München

Prof. Dr. phil. h.c. Dr.-Ing. E.h. C. MATSCHOSS VDI Berlin

Zuschriften sind zu richten an die Abteilung für technisch-geschichtliche Arbeiten des VDI, Berlin NW 7, Ingenieurhaus

## DEUTSCHES MUSEUM

### Einteilung, Besuchszeiten und Eintrittspreise

Erdgeschoß Ost (Montag geschlossen) Geologie, Berg- und Hüttenwesen, Metallbearbeitung, Kraftmaschinen

Erdgeschoß West (Dienstag geschlossen) Landverkehrsmittel, Straßen-, Eisenbahn-, Tunnel- und Brückenbau, Schiffbau, Flugtechnik, Meteorologie

1. Obergeschoß (Donnerstag geschl.) Zeitmessung, Mathematik, Mechanik, Wärmelehre, Elektrizität, Telegraphie, Telephonie, Optik, Fernsehen, Akustik, Musikinstrumente, Chemie, Nahrungsmittel und Pharmazie

2. Obergeschoß (Freitag geschlossen) Bauwesen, Beleuchtung, Heizung, Wasserversorgung, Bäder, Gastechnik und Elektrotechnik

3. Obergeschoß (Samstag geschlossen) Astronomie, Geodäsie, Textilindustrie, Papierherstellung, Reproduktionstechnik, Landwirtschaft, Brauerei, Brennerei

Bibliothek Lesesäle, Bücherschau, Nachschlageabteilung, Urkundensammlung, Patentschriften

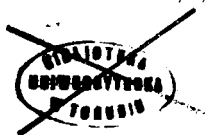
#### Besuchszeiten:

Sammlungen Täglich 9 bis 6 Uhr  
Bibliothek Werktags 9 bis 9 Uhr, Sonntags 9 bis 6 Uhr

#### Eintrittspreise:

Sammlungen Erwachsene RM 1,-, Sonntags 50 Pf.,  
Jugendliche 25 Pf.  
Bibliothek Erwachsene 30 Pf., Jugendliche 15 Pf.

Führungen werden jederzeit durch die Kasse vermittelt  
Restauration und Buchhandlung im Hause  
Straßenbahn 1, 2, 9, 11, 19, 30 — Fernsprecher: 22856



# INHALTVERZEICHNIS

Heft 1	Seite
<i>Zenneck VDI, J., Geh. Reg.-Rat Dr. rer. nat. Dr.-Ing. E. h., o. Professor an der Technischen Hochschule München:</i>	
<b>Kulturförderung durch Technik und Wissenschaft . . . . .</b>	<b>1</b>
Begriff der Kultur — Wissenschaft als Kulturfaktor — Mikroskop, Fernrohr, Photographie und Drucktechnik — Rundfunk — Erleichterung des Verkehrs durch technische Hilfsmittel.	
<i>Aus dem Deutschen Museum:</i>	
Das Vortragswesen im Deutschen Museum — Der Kongreßsaal	12
<b>Heft 2</b>	
<i>Diesel, VDI, Eugen, Dr., Bornstedt b. Potsdam:</i>	
<b>Wald und Mensch im technischen Zeitalter . . . . .</b>	<b>21</b>
Der deutsche Lebensraum — Deutschland als Waldland — Der Forst als Schöpfung der Kultur — Die gerettete Walddecke — Von der Holzkultur zur Maschinenzeit — Forstwesen und Technik.	
<i>Aus dem Deutschen Museum:</i>	
Neuzugänge 1933/34 . . . . .	40
<b>Heft 3</b>	
<i>Rüchardt, Eduard, a. o. Professor an der Universität München:</i>	
<b>Neuzeitliche Kernphysik und künstliche Umwandlung der Elemente . . . . .</b>	<b>43</b>
Grundlagen des Atombaus — Grundlagen der Kernphysik — Grundlagen der künstlichen Atomumwandlung — Künstliche Bildung beständiger Atomarten — Künstliche Bildung neuer unbeständiger Atomarten.	
<b>Heft 4</b>	
<i>Köster, Werner, Professor Dr., Direktor des Instituts für angewandte Metallkunde des Kaiser-Wilhelm-Instituts für Metallforschung, Stuttgart:</i>	
<b>Der metallische Werkstoff, seine Vervollkommnung durch Technik und Wissenschaft . . . . .</b>	<b>77</b>
Auffinden, gewinnen, bearbeiten auf der vorwissenschaftlichen Stufe der Metalltechnik in Vorzeit, Altertum und Mittelalter bis zum 19. Jahrhundert — Beginn wissenschaftlicher Forschungsarbeiten, Entdeckung neuer Metalle, deren stoffliche Fortbildung und industrielle Verwertung.	

*Aus dem Deutschen Museum:*

Neuzugänge der Abteilung „Chemie“ . . . . . 105

## Heft 5

*Faust, O., Patentanwalt, Dr., Berlin-Friedenau:***Kunstseide und Zellwolle (Stapelfaser)** . . . . . 109

Geschichtliches — Trockenspinnverfahren — Naßspinnverfahren — Rohstoffe und Herstellung der verschiedenen Kunstseiden — Wirtschaftliches.

## Heft 6

*Thau, Adolf, Dr.-Ing. E. h., Berlin-Wilmersdorf:***Die Stadtgasindustrie. Ein Abriß ihrer geschichtlichen Entwicklung** . . . . . 133

Anfänge in Deutschland — Bedeutende Gastechniker — Geschichtliche Entwicklung — Entgasung — Gasreinigung — Gasmesser — Gaswirtschaft.



# Kulturförderung durch Technik und Wissenschaft \*)

Von *J. Zenneck VDI*, München.

Wenn von Technik die Rede ist, denkt jedermann in erster Linie an ihre wirtschaftliche Seite, daran, daß sie unter normalen Verhältnissen als Werkzeug der Industrie in überbevölkerten Ländern Millionen Arbeit und Brot verschafft hat. Oder man denkt an die Werke, die sie hervorgebracht, an die Brücken, mit denen sie breite Ströme überspannt, an die Wasserkraftwerke, in denen sie die Wasser der Berge in den Dienst des Menschen gezwungen und auf viele Hunderte Kilometer in jedem Haus nutzbar gemacht hat. Man denkt aber viel zu wenig daran, was die Technik und ihre Arbeitgeberin, die Industrie, und was die Wissenschaft, die Wegbereiterin und Beraterin der Technik, für die Kultur geleistet haben.

Diese Kulturförderung durch Technik und Wissenschaft möchte ich deshalb heute behandeln, und zwar ohne sog. tiefeschürfende allgemeine Betrachtungen, einfach vom Standpunkt des gesunden Menschenverstandes aus.

Ich will gleich mit dem Begriff der Kultur beginnen. Sie wissen, daß man bei uns zwischen Kultur und Zivilisation unterscheidet; es gibt Leute, die stolz darauf sind, daß sie den Unterschied zwischen beiden fast ebenso gut wissen, wie er im Konversationslexikon steht. Auf der anderen Seite ist Ihnen sicher bekannt, daß die Angelsachsen ein Wort, das unserem Worte Kultur entspricht, überhaupt nicht besitzen. Daß sie das haben, was wir mit Kultur meinen, wird wohl niemand bezweifeln, der jemals in England gewesen ist. Es geht also auch ohne die Unterscheidung zwischen Kultur und Zivilisation, und wir wollen deshalb auch diese beiden Begriffe, die doch ineinander übergehen, nicht scharf trennen. Ich möchte aber ausschließen die rein praktische und wirtschaftliche Bedeutung der Technik, ebenso auch die Förderung der Wehrhaftigkeit eines Volkes durch Technik und Wissenschaft, so wichtig gerade diese Seite der Sache ist.

---

\*) Vortrag auf der Jahresversammlung der Gesellschaft Deutscher Naturforscher und Ärzte am 17. September 1934 in Hannover.

Meiner Ansicht nach sind es in erster Linie zwei Richtungen, in denen die Technik die Kultur gefördert hat:

Einmal ist durch die Technik und ihre Zusammenarbeit mit der Wissenschaft vieles, was wir zur Kultur und zu den Werkzeugen der Kultur rechnen, auf eine höhere Stufe gebracht worden. Und dann ist durch sie der Kreis derer, die an der Kultur und ihren Gütern teilnehmen können, in außerordentlichem Maße erweitert worden.

## I.

Man mag den Begriff der Kultur so eng fassen wie man will, jedenfalls wird man die Wissenschaft als Kulturfaktor anerkennen müssen und vielleicht auch geneigt sein, den Stand der Kultur eines Volkes geradezu nach dem Stand der Wissenschaft in dem Lande zu beurteilen. Wenn also die Technik die Wissenschaft fördert, so bedeutet schon dies eine Kulturförderung. Daß sie das aber tut, daran wird wohl niemand zweifeln, der etwas von einem neuzeitlichen Mikroskop weiß.

Es soll jetzt nicht davon gesprochen werden, was das Mikroskop in der Hand des Mediziners für die praktische Medizin und damit für die kranke Menschheit bedeutet. Aber ich erinnere daran, welche Fülle von Erkenntnissen dieser optische Apparat auf dem ganzen Gebiet des Mikrokosmos in den verschiedensten Wissenschaften vermittelt hat, in der Physik, der Chemie, der Kristallographie, der Metallographie, Botanik, Zoologie, Anatomie, Histologie und Bakteriologie. Auf welcher Stufe würden sich manche dieser Wissenschaften heute befinden, wenn sie nie ein gutes Mikroskop besessen hätten! Ein solches Mikroskop ist außerdem ein überzeugendes Beispiel dafür, daß es Hilfsmittel gibt, die eben nur eine wissenschaftliche Technik herzustellen instande ist. Ein Mikroskop setzt die Pioniertätigkeit eines Physikers voraus, der, wie einst *Abbe*, die theoretischen Bedingungen ermittelt, die ein Mikroskop zu erfüllen hat, und der zeigt, durch welche Linsenkombinationen diesen Bedingungen zu genügen ist. Die Herstellung dieser Linsen erfordert einmal eine hochentwickelte Glas-technik, die die vielen thermischen und chemischen Aufgaben dieses Gebietes erfolgreich gelöst hat — ich erinnere an die Gründung des Glaswerkes *Schott & Genossen* durch *Abbe* —. Sie erfordert Maschinen von äußerster Genauigkeit, um aus dem Glasstück der Glashütte eine Mikroskoplinse mit einem Durchmesser von vielleicht der Größenordnung eines Millimeters, selbst beinahe ein mikroskopisches Objekt, zu schleifen. Sie erfordert physikalische Meßgeräte zur Prüfung der Gläser auf ihre Eignung für solche Linsen und zur Prüfung der fertigen Linsen. Dazu kommen die mechanischen Einrichtungen des Mikroskops für mikroskopische Messungen, denen nur eine mechanische

Präzisionstechnik gewachsen ist. Und wenn ein solches Wunderwerk der optischen Technik seine volle Bedeutung für alle möglichen Wissenschaften erhalten soll, so muß es zu einem Preise zu haben sein, der seine Anschaffung auch dem praktischen Arzt erlaubt, der den wissenschaftlichen Instituten mit ihrem meist bescheidenen Etat gestattet, Batterien von Mikroskopen zur Ausbildung unseres wissenschaftlichen Nachwuchses im Praktikum aufzustellen. Das alles ist möglich geworden dadurch, daß durch Zusammenarbeit von Wissenschaft und Technik und durch weitsichtige Kaufleute eine hochentwickelte optische Industrie aufgebaut wurde.

Ganz ähnlich liegen die Verhältnisse beim optischen Gegenpol des Mikroskops, beim Fernrohr. Wohl kann sich das Fernrohr an allgemeiner Bedeutung für die Wissenschaft nicht mit dem Mikroskop messen, aber es ist dasjenige Instrument, das uns von unserem Planeten aus einen überraschenden Ausblick gewährt hat in Welten, von deren Dasein frühere Zeiten keine Vorstellung haben konnten. Insofern verdanken wir ihm eine besonders wertvolle Bereicherung unserer naturwissenschaftlichen Weltanschauung. Auch die Fernrohre unserer Sternwarten konnten nur auf ihren hohen Stand gebracht werden durch die Entwicklung einer optischen Technik: ein Fernrohr kann nicht von einem einzelnen Optiker in seiner Werkstatt hergestellt werden. Man darf mir nicht entgegenen, daß schon vor 100 Jahren, als es noch keine optische Industrie gab, *Fraunhofer* ausgezeichnete Fernrohre gebaut habe. Der Hinweis auf ihn würde besonders verfehlt sein. Gerade *Fraunhofer* hatte klar erkannt, daß es nur dann möglich sein würde, Fernrohre anzufertigen, die das leisteten, was ihm vorschwebte, wenn man erst Glas herstellte, das die für die Fernrohrlinsen nötige Dispersion und Gleichmäßigkeit besaß. Er hatte diese Erkenntnis sofort durch Gründung seiner Glashütte in Benediktbeuren verwirklicht, und gerade er ist der Erfinder der Pendelschleifmaschine, die es gestattet, Linsen mit derjenigen Genauigkeit zu schleifen, wie sie für Fernrohre notwendig ist. Wenn man also *Fraunhofer* anführen will, so muß man ihn anführen als den Begründer der optischen Technik und als den Vertreter des Gedankens, daß für die Herstellung von so hochwertigen optischen Geräten, wie es ein Fernrohr ist, eine optische Technik unumgänglich ist.

Das Beispiel von Mikroskop und Fernrohr sollte zeigen, in wie hohem Maße die Wissenschaft bei der Beschaffung ihres Handwerkszeuges auf die Technik angewiesen ist. Wenn man von Technik und Industrie redet, so schwebt vielen immer eine Massenherstellung vor, wobei sie meist den Nebengedanken haben, daß der von Maschinen gelieferte Artikel schlechter sei als der entsprechende in Einzelanfertigung hergestellte. Natürlich gibt es Artikel, die der Handwerker ebenso gut oder besser anfertigen kann als die Maschine. Aber

es gibt auch eine Menge Dinge und nicht nur solche, die mit der Förderung der Kultur etwas zu tun haben, die, wenn sie gut sein sollen, eine entwickelte Technik voraussetzen. Ich bin ein großer Freund des Handwerkes. Ich lasse mir noch heute meine Stiefel von dem Schuster meines Heimatdorfes anfertigen, aber nicht etwa mein Rasiermesser vom Dorfschmied.

## II.

Das zweite Beispiel sei die Photographie.

Was auf diesem Gebiet geleistet wurde, ist in erster Linie das Verdienst von Physik, Chemie und Präzisionsmechanik. Die optische Industrie hat uns ausgezeichnete photographische Objektive, die chemische Industrie empfindliche und vorzügliche Platten und Filme und die Präzisionsmechanik die schönen und bequemen Apparate geliefert, die Aufnahmen aller Art gestatten und trotzdem in der äußeren Rucksacktasche unterzubringen sind. Man hat auf die Photographie aufgebaut die Projektion von Lichtbildern und von lebenden Bildern und die Reproduktionstechnik, die farbige und nichtfarbige Bilder im Druck wiedergibt. Ich übergehe, welche ungeheure Bedeutung alles das für die Wissenschaft gewonnen hat, so lockend es sein würde, das auszuführen.

Aber hinweisen möchte ich auf die Bedeutung für eine Reise in irgendeinem fernen Land. Der Reisende von heute führt seine Kamera und womöglich seinen Aufnahmeapparat für lebende Bilder mit sich; die Bilder, die er bekommt, stellen Land und Leute in durchaus einwandfreier Weise dar. Früher war der Reisende, wenn er Bilder des von ihm Gesehenen herstellen wollte, darauf angewiesen, entweder an Ort und Stelle Skizzen zu machen und sie nachher nach seinen Skizzen oder auch nur nach seiner Erinnerung von einem Zeichner anfertigen zu lassen. Was dabei häufig herauskam, wissen diejenigen, die die gezeichneten Bilder vom Nordlicht, wie sie sich in den verschiedensten Werken befinden, mit den in neuerer Zeit hergestellten photographischen Aufnahmen verglichen haben. Zu denken gibt auch die Tatsache, daß gezeichnete Bilder von Seeschlangen in den verschiedensten Büchern vorkommen, während es der photographischen Kamera bis jetzt nicht gelungen ist, sie auf die Platte zu bringen. Wenn dann der Reisende zurückgekehrt ist und einen Vortrag über seine Reise hält, so ist er durch seine Lichtbilder imstande, seine Zuhörer teilnehmen zu lassen an dem Schönen und Interessanten, was er gesehen hat. Ich denke dabei mit Vergnügen an die Lichtbildervorträge über die deutsche Gran Chaco- und die deutsche Himalaja-Expedition. Eine Filmgesellschaft erwirbt sich vielleicht das Recht der Wiedergabe dieser Bilder, und jetzt sehen Hunderttausende das lebendig vor sich, was dem Reisenden in einem viele tausend Kilometer entfernten Lande

vor Augen getreten ist. Wenn er die Beschreibung seiner Reise in einer Zeitschrift oder einem Buch herausgibt, so enthält das Werk Wiedergaben seiner Bilder, die fast so schön sind wie seine ursprünglichen Aufnahmen. Der Leser erweitert nicht nur seinen Gesichtskreis, er genießt auch einen Einblick in ein Land und in ein Leben und Treiben, an dessen Besuch er niemals denken kann.

Ein Reisewerk steht heute zweifellos auf einer viel höheren Stufe als früher. Aber vielleicht ist für die Frage der Förderung der Kultur ebenso wichtig ein anderer Gesichtspunkt. Das Reisewerk vor 100 Jahren, das reichlich mit Bildern ausgestattet war, kostete eine Summe, die sicherlich das Monateinkommen des damaligen Handwerkers um das Vielfache überstieg. Nur vermögliche Privatleute oder große Bibliotheken waren in der Lage, es zu erwerben. Das Reisewerk von heute kostet vielleicht noch nicht das Tageseinkommen eines Arbeiters. Es fehlt in keiner Schule und Volksbibliothek und ist ein Bildungsmittel für die weitesten Kreise geworden. Und wenn der sog. „Kulturfilm“ über eine solche Reise läuft, wenn das, was der Reisende gesehen hat, lebendig an unserem Auge vorbeizieht, dann kostet dieser Genuß am 3. Platz 50 Pfennig bis 1 Mark, in Münchener Einheiten 1 bis 2 Maß Bier, ein Preis, der für die meisten unserer Volksgenossen erschwinglich ist.

Was heute schon Projektion und Lichtbild für den Unterricht in Schulen aller Art bedeuten, brauche ich nicht auszuführen. Bemerken möchte ich nur, daß in neuester Zeit eine Reichsstelle für den Unterrichtsfilm ins Leben gerufen wurde, die die Verwendung des Lichtbildes für Schulzwecke bearbeiten und erleichtern soll.

Ich habe eine Reisebeschreibung nur eben als ein Beispiel gewählt. Es gibt noch unzählige andere. Lassen Sie mich noch auf zwei hinweisen. Das eine ist eines der sog. „blauen Bücher“, die RM 2,40 kosten. Eines derselben heißt „Deutsche Bauernhäuser“ von *Klaus Thiele*; es enthält 96 große Reproduktionen nach wundervollen photographischen Aufnahmen von Bauernhäusern und Höfen aus dem ganzen deutschen Kulturkreis. Ein anderes mit dem Titel „Die schöne Heimat“ zu demselben Preise ist mit 123 Kunstdruck-Bildtafeln ausgestattet; von ihm ist nach den Angaben des Verlegers auf dem Umschlagzettel schon das 275. Tausend erschienen. Diese letztere Angabe zeigt besser als alles andere, daß solche Werke, die erst durch eine ausgebildete Reproduktionstechnik möglich geworden sind, die weitesten Kreise unseres Volkes an diesen Kulturgütern teilnehmen lassen und daß diese weitesten Kreise sie auch wirklich kaufen und genießen. Das andere Beispiel ist das Buch: *Louis Trenker*, „Meine Berge“ mit 190 Bildern im Kupfertiefdruck nach photographischen Aufnahmen zum großen Teil von den bekanntesten Alpinisten. Das Buch kostet RM 4,80 und bisher sind schon 120 000 Stück verkauft worden.

Diese Zahl gibt eine ungefähre Vorstellung davon, wie viele in diesem Buch unsere herrlichen Berge mitgenossen haben. Und wie viele davon mögen durch das Buch veranlaßt worden sein, in die Berge selbst zu gehen, und dort nicht nur schöne Landschaftsbilder, sondern auch körperliche und seelische Erholung gefunden haben. Ich schätze den Kulturwert solcher „Bilderbücher für Erwachsene“, die Städte, Länder, Seen und Berge darstellen, sehr hoch ein, viel höher als die besten Beschreibungen, die ohne Bilder doch langweilig wirken. Ich bin sogar im Zweifel, ob nicht mancher, der eine Reihe von schönen Bildern aus irgendeiner Stadt abends in aller Ruhe sich ansieht, manchmal mehr von der Stadt hat, als der Vermöglichere, der es sich leisten kann, die Stadt selbst zu besuchen, sich dort aber in einer sogenannten Stadtrundfahrt durch die Stadt schleppen und sich von einem Führer mit einem Sprachrohr die Namen der Gebäude nennen läßt, an denen er vorbeifährt.

Die Bedeutung der Technik, und zwar speziell der Reproduktionstechnik für die Verbreitung von Kulturgütern in die weitesten Kreise erstreckt sich auch auf das Gebiet der Kunst. Sicher ist z. B. auf dem Gebiet der Bildardarstellung der höchste Genuß, das Originalgemälde eines großen Meisters auf sich wirken zu lassen. Aber der Besitz eines solchen Gemäldes ist verhältnismäßig wenigen gegönnt. Diejenigen, die sich in öffentlichen Gemäldesammlungen befinden, sind schon einem viel größeren Kreis zugänglich, aber der Besuch einer Gemäldesammlung setzt schon immer den Besuch einer größeren Stadt voraus. Die wenigsten werden in der Lage gewesen sein oder in die Lage kommen, die herrlichen alten Holländer, die sich im Metropolitan Museum in New York befinden, sich anzusehen. Sicher hat der Besuch solcher Sammlungen schon bei vielen den Wunsch hervorgerufen, auch ein solches Gemälde in ihrem Hause dauernd zu besitzen und sich jederzeit über seinen Anblick freuen zu können. Dieser Wunsch hat dazu geführt, in die Reproduktionstechnik auch die Vervielfältigung von Gemälden einzubeziehen. Die Kunstdrucke, die z. B. von den Münchner Kunstanstalten *Bruckmann*, *Hanfstaengl* und *Piper* zu einem mäßigen Preis in den Handel gebracht werden, sind selbstverständlich auch in Originalgröße kein voller Ersatz für das Originalgemälde und sollen es auch nicht sein. Aber sie sind so schön und geben das Bild mit solcher Genauigkeit wieder, daß der Unterschied nur bei genauem Zusehen in Erscheinung tritt, und der Gesamteindruck der Reproduktion an der Wand dem Originalgemälde unter Umständen kaum nachsteht. Ich sehe in diesen Reproduktionen eines der wirksamsten Mittel, um Verständnis für gute Kunst in möglichst weite Kreise zu tragen, und der mindestens teilweise hohe Absatz der Reproduktionen von guten, alten und modernen Gemälden beweist unwiderleglich, daß dafür guter Boden vorhanden ist. Woher wissen

denn wir alle, die wir keine Kunsthistoriker sind, etwas von den Gemälden und Skulpturen der deutschen und erst recht der ausländischen Meister? Doch in erster Linie durch Reproduktionen; von den Originalen haben wir nur einen verschwindenden Bruchteil gesehen.

Im Zusammenhang mit Photographie und Reproduktionstechnik möchte ich noch auf eine, wenn ich so sagen darf, historische Seite hinweisen. Die Photographie mit allen ihren Trabanten gestattet uns, das, was wir heute sehen, und — wenn wir die Schallplatten mit hinzunehmen — auch das, was wir heute gehört haben, aufzubewahren und kommenden Generationen zu überliefern. Unsere Enkel und Urkel können einst im Bild und Film oder Tonfilm das sehen und hören, was in unserer Zeit vorgegangen ist — eine Geschichtsübermittlung von einer Wirklichkeit und Lebendigkeit, die durch keine Geschichtsschreibung auch nur annähernd erreicht werden könnte.

Wir stehen heute zwar noch zu sehr unter dem Eindruck der tiefen Trauer um unseren Generalfeldmarschall *von Hindenburg*, als daß wir ihn im Film sehen und sprechen hören möchten. Ich bin aber überzeugt, daß es einmal für unsere Enkel ein Erlebnis sein wird, den Sieger von Tannenberg lebendig vor sich zu sehen und zu hören.

### III.

Als weiteres Beispiel nenne ich den Rundfunk. Vielleicht ist die drahtlose Telegraphie und der Rundfunk neben den Errungenschaften der chemischen Industrie das überzeugendste Beispiel dafür, was erreicht werden kann durch Zusammenarbeit von Wissenschaft und Technik, wobei in diesem Falle die Wissenschaft, die Physik, eine besonders wichtige Rolle spielte: die ersten Anfänge liegen kaum 40 Jahre zurück, und heute telephonierte man drahtlos über die ganze Erde. Aber davon soll jetzt nicht die Rede sein, auch nicht von der politischen Bedeutung des Rundfunks als Propagandamittel, und auch nicht von der praktischen Bedeutung für die Landwirtschaft durch die Verbreitung von Wetternachrichten. Was der Rundfunk für die Kulturförderung bedeutet, übersieht man wie manch andere Frage am besten, wenn man die unkomplizierten Verhältnisse auf dem Lande betrachtet. Der Landbewohner, z. B. in der Nähe von München, fährt nur bei ganz besonderen Gelegenheiten, z. B. zum Oktoberfest, in die Stadt. Früher war der einzige Weg, auf dem er in Berührung kam mit dem geistigen Leben, das nun einmal mehr oder weniger in den Städten zusammengefaßt ist, die Tageszeitung. Viel besser wurde es schon mit der Entwicklung der Reproduktionstechnik, als die illustrierten Zeitungen und Zeitschriften auf dem Plan erschienen. Aber erst durch den Rundfunk ist das Land in dasselbe geistige Recht eingesetzt worden wie die Stadt. Heute werden ja wichtige Reden vor dem Mikrophon gehalten und durch den Rundfunk überallhin übertragen.

Der Bauer auf dem Lande, der einen Rundfunkempfänger hat, kann sie genau so gut hören wie der Städter, der bei dem Vortrag selbst anwesend ist. Er ist vielleicht sogar in einer besseren Lage als jener: er kann den Empfänger abschalten, wenn der Vortrag nicht interessant ist, während der Teilnehmer in der Stadt bis zum Schluß aushalten muß. Beschreibungen besonderer Veranstaltungen werden unmittelbar im Rundfunk übertragen und ein gut Teil des Dorfes sitzt in der Wirtschaft und nimmt durch den Lautsprecher an ihnen teil. Leute mit lebhafter Phantasie sollen dadurch so angeregt werden, daß sie nachher andern begeistert schildern können, was sie alles gesehen haben. Was diese Teilnahme an dem geistigen Leben des Volkes bedeutet, das können wir Städter nicht richtig beurteilen; wir sind häufig froh, wenn wir am Abend keinen Rundfunk hören müssen. Noch viel mehr bedeutet der Rundfunk natürlich in wenig kultivierten Ländern, in denen die Verkehrsmöglichkeiten beschränkt sind. Für den Farmer in diesen Ländern ist durch den Rundfunk eine ganz neue Welt eröffnet worden. Und was er für diejenigen bedeutet, die fern von ihrem Lande durch den Rundfunk doch in Verbindung mit ihrer Heimat bleiben, das haben Auslandsdeutsche immer wieder hervorgehoben. Daß der Fernrundfunk auch einen lebendigen Verkehr zwischen den einzelnen Völkern darstellt, ist schon oft genug betont worden. Erst vor kurzem war der argentinische Botschafter in Paris im Deutschen Museum und erzählte, wie sehr man sich in Argentinien für die deutschen Sendungen interessiere, die dorthin auf eine Entfernung von rd. 12 000 km durch Kurzwellensender übertragen werden.

Lassen Sie uns noch einmal zur Bedeutung des Rundfunks für das Dorf zurückkommen. Einen sehr wohlthätigen Einfluß hat hier der Rundfunk durch seine musikalischen Darbietungen ausgeübt. Wenn man noch vor wenigen Jahren auf einem Fisch- oder Jagdausflug oder bei Touren in eine Dorfwirtschaft kam und es war dort Musik, so spielte entweder eine Schrammelmusik, die einen interessanten Beitrag zur Wirkung der Dissonanz in der Musik lieferte und zwar bodenständig, aber alles andere als schön war, oder ein Grammophon, das sich alle Mühe gab, trotz hohen Alters und stärkster Beanspruchung noch akustische Leistungen zu zeigen. Der Fall, daß die Burschen und Mädels des Dorfes beieinander saßen und alte Volkslieder sangen, kam leider fast nur bei Trachtenfesten, wo es dazu gehört, oder in Romanen vor. Heute hören Sie durch den Lautsprecher des Rundfunkempfängers in der kleinsten Dorfwirtschaft ausgezeichnete Musik, und nicht nur Sie hören es, sondern auch die anwesenden Dorfleute hören zu, vorausgesetzt, daß sie nicht gerade durch Kartenspielen abgehalten sind. Wenn man von Kulturförderung durch Technik spricht, kann man heute vom Rundfunk unter keinen Umständen abschen. Es handelt sich hier um ein technisches Mittel, das eine Verbreitung gefunden



hat wie kein anderes. Wir hatten am 1. August 1934 in Deutschland 5 357 819 angemeldete Rundfunkhörer: es kommt also auf 12 Bewohner ein Rundfunkempfänger.

#### IV.

Der letzte Punkt, den ich besprechen möchte, ist die Erleichterung des Verkehrs durch die technischen Hilfsmittel. Wenn vor der Zeit des Postwagens jemand einmal eine Reise nach Italien machte, so wurde das in seiner Lebensbeschreibung als wichtiges Ereignis seines Lebens ausdrücklich erwähnt.

Noch im Jahre 1830, als der Postwagen das Reisen schon wesentlich erleichtert hatte, dauerte eine Reise von Frankfurt nach Stuttgart nach dem alten Postwagen-Kursbuch einschließlich der Aufenthalte 40 Stunden, nach dem Kurs der Lufthansa heute eine Stunde. Noch vor zwei Jahren dauerte die Reise nach Brasilien mit dem Dampfschiff 28 Tage, jetzt mit dem Zeppelin drei.

Man kann fragen: was hat die Dauer und der Preis einer Reise mit Kulturförderung zu tun? Wenn eine Reise sehr langwierig und teuer ist, so hat dies gewöhnlich nicht einfach eine geldliche oder zeitliche Belastung des Reisenden zur Folge, sondern die Reise wird überhaupt nicht gemacht. Ich möchte wissen, ob die Zahl der Deutschen, die über genügend Mittel und Zeit verfügten, um vor der Eröffnung der Post nach Italien zu fahren, ohne etwa durch Geschäfte dorthin geführt zu sein, mehr als ein Dutzend im Jahre betrug, während noch vor einem Jahre die Schnellzüge im Frühjahr Tausende aus dem Norden nach dem Süden brachten. Ich möchte ferner wissen, wieviele Münchener noch zur Zeit der Postkutsche jemals in Berlin gewesen sind. Die Erleichterung und Verbilligung des Reisens, die durch die Verkehrstechnik erzielt wurde, hat die Zahl derer, die reisen können, ungeheuer vermehrt. Ich sehe auch darin eine Förderung der Kultur eines Volkes. Es kann mir nicht bestritten werden, daß jemand, der in Berührung mit anderen Gegenden, mit anderen Sitten und Völkern und mit anderen Anschauungen gekommen ist, meist ein sehr viel höheres geistiges Niveau und einen viel weiteren Gesichtskreis besitzt als der, der in enger Umgebung geblieben ist. Sicher hat dieser Gedanke auch mitgewirkt bei der Bewegung „Kraft durch Freude“. Die Reisen sollen den Teilnehmern nicht nur Erholung bringen, sondern es sollen ihnen die Schönheiten anderer Gegenden und anderer Städte vor Augen geführt und es soll dadurch ihr Gesichtskreis erweitert werden.

Natürlich kann man alle Massenreisen auf der Eisenbahn oder im Gesellschaftsauto als einen Rückschritt betrachten gegenüber der Zeit, in der man mit Pferd und Wagen durch die Landschaft fuhr. Man darf dabei nur nicht vergessen, daß von denjenigen, die diese an sich ganz verständliche Ansicht vertreten, nur recht wenige zu jenen Zeiten

die Mittel gehabt haben würden, um Pferd und Wagen zu kaufen oder zu mieten und das häufige Übernachten in den Gasthäusern zu bezahlen. Im übrigen ist gerade eine Art des Reisens, die der alten sehr nahe kommt, wieder durch die Technik ermöglicht worden: die Reise mit dem Kraftwagen und dem Fahrrad. Wer heute eine schöne Gegend im Kraftwagen durchfährt, hat sicher denselben Genuß vom Reisen wie unsere Vorfahren einst im Reisewagen, vorausgesetzt, daß er die Möglichkeit großer Geschwindigkeit, die ihm der Kraftwagen gibt, nicht mißbraucht; und dieselbe Möglichkeit und Ungebundenheit, wenn auch in bescheidenerem Maße, hat auch der Radfahrer. Sein Fahrrad gestattet ihm, im weiten Umkreis seines Wohnorts schöne Gegenden und interessante Städte aufzusuchen, auch wenn seine Mittel gering sind. Gehen Sie einmal an einem Sonntagabend in die Nähe von München oder irgendeiner anderen Stadt, dann sehen Sie eine Menge von Kraftwagen und Tausende von Radfahrern, die von ihrem Ausflug in die Umgebung zurückkommen, nachdem sie am Sonntag die schöne Natur in Wäldern, an Seen und auf Bergen auf sich haben wirken lassen. Wer es als eine Hebung der Kultur eines Volkes ansieht, wenn in ihm der Sinn für die Schönheit der Natur und die Schönheit alter Bauten gepflegt wird, der muß auch den Kraftwagen und das Fahrrad als Werkzeuge zur Förderung der Kultur anerkennen. Dabei ist das Fahrrad bezüglich seiner Bedeutung für die Allgemeinheit jedenfalls vorläufig viel höher einzuschätzen als der Kraftwagen. Wir haben in Deutschland nach der letzten Zählung ungefähr 760 000 Personenkraftwagen, Dienst- und Privatwagen eingeschlossen, aber ungefähr 15 Millionen, das sind zwanzigmal mehr Fahrräder, ungefähr eines auf vier Bewohner mit Einschluß der Kinder. In den Niederlanden kommen sogar auf acht Millionen Einwohner drei Millionen Radfahrer und auch in Dänemark trifft auf ungefähr zwei Bewohner ein Fahrrad. In meinem Heimatdorf, das ungefähr vier Stunden von Rothenburg o. d. T. und in anderer Richtung etwa ebenso weit von Dinkelsbühl entfernt liegt, war in meiner Jugend, in der Vorzeit des Fahrrades, kaum irgendein Bauer, der in Rothenburg oder Dinkelsbühl gewesen wäre. Seitdem aber jeder im Dorfe ein Fahrrad besitzt, kennt auch beinahe jeder die schönen Städte.

Ich habe versucht, Ihnen an einigen Beispielen zu zeigen, was heute die Technik auch für die Kultur eines Volkes leistet. Ich bin mir wohl bewußt, daß ich dabei den Begriff der Kultur etwas sehr weit gefaßt habe.

Ich weiß auch sehr wohl, daß viele genau die entgegengesetzte Ansicht haben, die Ansicht, daß die Technik geradezu kulturfeindlich sei und der Kultur erheblich geschadet habe. Sie sehen in der Reproduktion des Gemäldes eines großen Meisters eine Entweihung des-

selben und in dem Lichtspieltheater einen kitschigen Abklatsch des Schauspiel- oder Opernhauses.

Abgelehnt werden muß es, wenn zur Begründung dieser Ansicht auf Mißbräuche hingewiesen wird, z. B. darauf, daß irgendeine kleine Nachbildung eines Rubensschen Gemäldes einer Schokoladepackung beigelegt wird, oder daß z. B. im Lichtspieltheater minderwertige Liebesgeschichten aufgeführt werden, die kein wirkliches Theater jemals einstudieren würde. Der Mißbrauch einer Sache kann niemals gegen die Sache selbst sprechen. Ich führe auch nicht gegen die Berechtigung der Malerei an, daß in manchen Gemäldeausstellungen Dinge sich befinden, die der Hersteller für Kunst erklärt, die ich aber nicht einmal gegen Entschädigung in meinem Zimmer aufhängen möchte.

Abzuweisen ist es auch, wenn behauptet wird, daß die Reproduktionen die Leute abhalten, in die Gemäldesammlungen, und die Musikübertragung durch den Rundfunk, in die Konzerte zu gehen. Für eine derartige Behauptung fehlt wohl jede Grundlage. Wenn gelegentlich — es trifft aber keineswegs allgemein zu — der Besuch von Sammlungen, Konzerten und Theatern geringer geworden ist, so hat das ganz andere Ursachen, ebenso wenn heute weniger Gemälde gekauft werden als früher.

Berechtigt ist leider die Klage, daß bei den Reproduktionen von Gemälden, wie es ein Verleger drastisch ausdrückte, „der zahlenmäßige Erfolg eines Bildes im allgemeinen im umgekehrten Verhältnis zu seinem künstlerischen Wert steht“. Bekannt ist auch die bedauerliche Tatsache, daß die sog. „Kulturfilme“ in der Regel viel schlechter besucht sind als manche Filme, die irgendeinen ganz dürftigen Stoff darstellen. Darüber ließe sich sehr viel sagen, aber dem Mitwirken der Technik darf man es bestimmt nicht zum Vorwurf machen.

Für die Abneigung mancher gegen Reproduktion, Film und Rundfunk habe ich durchaus Verständnis. Ich schätze auch das Originalgemälde eines großen Malers viel höher ein als selbst die beste Reproduktion. Als Assistent an der Universität Straßburg i. E. mit einem Monatsgehalt von 117,75 Mark bin ich einmal nach Basel zu einer Böcklin-Ausstellung und einmal nach Karlsruhe zu einer Gemäldeausstellung mit einer Anzahl Lenbachscher Bilder gefahren: ich wollte die Bilder im Original sehen, nachdem ich sie schon in Reproduktionen kennengelernt hatte. Ich höre auch einen Kammermusikabend viel lieber als selbst eine gute Wiedergabe im Rundfunk, wie ich auch lieber auf einen Berg steige, auf den keine Bergbahn fährt. Aber ich bin nicht blind gegen die andere Seite der Sache. Es gibt zwei Standpunkte, die Kultur und ihre Förderung anzusehen: einen, wenn ich so sagen darf, mehr aristokratischen und einen mehr sozialen. Wer Verständnis für den sozialen hat, muß die Förderung der Kultur durch Technik und Wissenschaft anerkennen.

## Aus dem Deutschen Museum

### Das Vortragswesen im Deutschen Museum

Die Aufgabe des Deutschen Museums ist es, allen Kreisen der Bevölkerung einzuprägen, wieviel sie den großen Forschern und Erfindern auf dem Gebiete der Naturwissenschaft und Technik verdanken und sie aus der inneren Freude an dem Geschauten zu eigenem Weiterschaffen anzuregen. Um dieses Ziel zu erreichen, war in dem Plan des Museumsgründers von Anfang an neben der unmittelbaren Anschauung in den nach dem historischen Entwicklungsgang geordneten Sammlungen, neben dem Buch und Bild in der dem Bildungsbedürfnis jeder Berufsgemeinschaft entgegenkommenden Bibliothek auch die Belehrung durch das gesprochene Wort in Aussicht genommen.

#### 1. Die Führungsvorträge

So sind kurz nach Eröffnung des Museums in den Sammlungen Führungsvorträge veranstaltet worden, bei welchen auch die aufgestellten Demonstrationen und Maschinen vorgeführt und erklärt werden. Die Führungsvorträge werden am Montag, Mittwoch und Freitag jeder Woche gleich nach Schluß der Sammlungen (um 6¼ Uhr) durch die Abteilungsleiter oder andere entsprechend vorgebildete Beamte des Museums abgehalten. Sie erstrecken sich bis jetzt auf die wissenschaftlichen Gruppen: Astronomie, Geologie, Meteorologie, Elektrische Strahlen und Wellen, Optik, Akustik und Chemie, auf die Gruppen der physikalischen Technik: Telegraphie, Telephonie, Bildtelegraphie und Fernsehen, Beleuchtungstechnik, Musikinstrumente, sodann auf Berg- und Metallhüttenwesen, Kraftmaschinen, Landverkehrsmittel und -wege, Schiffbau, Flugtechnik, Textilindustrie, Papierfabrikation, Buchdruck, Reproduktionstechnik und Landwirtschaft.

\* Die Führungsvorträge stellen zweifellos das beste Mittel dar, um dem Besucher die Entwicklung eines Sondergebietes zu zeigen und ihm die Bedeutung des Deutschen Museums für die Geschichte der Technik und Naturwissenschaft vor Augen zu führen. Die Vorträge erfreuen sich eines regen Besuches und wurden wiederholt auch außerhalb des Programms für einzelne Berufsgemeinschaften, z. B. solche der Arbeitsfront oder der nationalen Volksbildungsstätte als Sonder-

vorträge abgehalten. Die Vortragsarbeit in den Sammlungen wird fortgesetzt und ergänzt im Vortragssaal, wo durch Lichtbild, Film und experimentelle Vorführung weitere Möglichkeiten der Volksbildung gegeben sind.

## 2. Der Projektionsraum im Sammlungsbau

Zur Abhaltung von Lichtbild- und Filmvorträgen wurde im Jahre 1929 ein Projektionsraum mit 95 Sitzplätzen eingerichtet. Für die technische Einrichtung dieses Raumes hat die Firma E. Leitz-Wetzlar ein Epidiaskop, die Allgemeine Elektrizitäts-Gesellschaft einen Filmprojektor Type „Lehrmeister“ gestiftet.

Als im Jahre 1929 der Tonfilm seinen Siegeszug begann, wurde dem Deutschen Museum von der „Tobis“ der erste von Vogt, Engl & Masolle konstruierte Tonfilmprojektor gestiftet, der im Projektionsraum mit den zugehörigen Lautsprechern betriebsfähig aufgestellt wurde. Zwei Jahre später kam zu diesem historischen Apparat, mit dem nur die ersten 40 mm breiten Tonfilme vorgeführt werden konnten, eine neuzeitliche Klangfilmmaschine für Tonfilme der normalen Breite von 35 mm, eine Stiftung der Klangfilmgesellschaft, Berlin.

Der Besuch der Lichtbild- und Filmvorträge war von Anfang an sehr rege und bald erwies sich der Vortragsraum als unzureichend. Bei zugkräftigen Filmen mußte ein großer Teil der Erwachsenen stehen, während die Buben am Boden hockten. Wiederholt mußte der Saal wegen Überfüllung gesperrt werden, was häufig zu Beschwerden Anlaß gab.

Dem Bedürfnis nach einem größeren Projektionsraum im Ausstellungsgebäude wurde Ende vorigen Jahres durch Vergrößerung und Verlegung des Vortragssaales nach dem zweiten Stock entsprochen. Der neue Raum, Abb. 1, erhielt durch eine segmentförmige Tonnendecke mit Zwischengurtbögen, durch ansteigende Sitzreihen eine geschmackvolle und zweckmäßige architektonische Gestaltung. Er enthält 160 Sitzplätze; er ist mit einer neuzeitlichen Warmluft-Heizungs- und Entlüftungsanlage und mit einer Verdunkelungsvorrichtung versehen. Ein Telephon und eine Lichtsignalanlage verbindet den Redner mit dem Vorführer; an einer Schalttafel können verschiedene Stromarten für Vorführungen abgenommen werden.

Als Projektionsapparate wird ein neues Diaskop von E. Leitz und der vorhandene Klangfilm-Projektor verwendet. Dagegen wurde die Triergon-Tonfilmmaschine mit ihren umfangreichen Lautsprechern nicht mehr eingebaut, sondern als historisch wichtige Entwicklungsstufe der Gruppe „Kinematographie“ einverleibt. Das vergrößerte Projektionsfenster gestattet nunmehr auch, den im Besitze des Museums



Abb. 1. Der Projektionsraum mit 160 Sitzplätzen im Sammlungsbau

befindlichen Dreifarbenprojektionsapparat von Prof. A. Miethe, Abb. 2, vorzuführen sowie stereoskopische Projektionen zur plastischen Wiedergabe der Bilder zu zeigen.

Auch dieser vergrößerte Vortragsraum ist in der Regel sehr gut besetzt; die Zuhörer sind meist Museumsbesucher.

### 3. Das Lichtbild- und Filmarchiv

Für die Versorgung der Vorträge mit Bildmaterial steht das Lichtbild- und Filmarchiv des Museums zur Verfügung. Das Lichtbildarchiv enthält etwa 10 000 Diapositive, die sich nicht nur auf die in den Sammlungen dargestellten Gebiete beziehen, sondern z. B. auch Reisebilder mit geologisch interessanten Landschaften, mit technisch bemerkenswerten Bauten oder mit Geräten und Werkzeugen fremder Kultur- und Naturvölker usw. umfassen. Die Reisebilder entstammen größtenteils der Sammlung des Münchener Rechnungsrats *Übelacker*, der diese Bilder auf seinen Weltreisen in den Jahren 1890 bis 1910 selbst aufgenommen hat und sie dem Museum im Jahre 1915 hinterließ.

Die Diapositive wissenschaftlichen und technischen Inhalts sind zum größten Teile Stiftungen von Behörden, Schiffsgesellschaften, der Deutschen Reichsbahn und von zahlreichen deutschen Industrierwerken. Die Bilder zeigen nicht nur einzelne Maschinen und Innenansichten von Betrieben, sondern auch Schnittzeichnungen von Maschinen, schematische Darstellungen chemischer und physikalischer Erscheinungen, Himmelsaufnahmen usw. Zu den meisten Diapositiven sind auch Negative vorhanden, von welchen im Falle des Verlustes oder der Be-

schädigung eines Diapositives Reproduktionen hergestellt werden können. Selbstverständlich können auch die nach Aufnahmen aus den Sammlungen des Museums selbst hergestellten Diapositive (etwa 5000 Stück) bei den Lichtbildvorträgen benutzt werden.

Durch einen Zugangskatalog, durch Schlagwortkarten, auf welchen ein Papierabzug des betreffenden Bildes aufgeklebt ist, sowie durch zwölf nach Gruppen systematisch geordnete Bilderatlanten wird das rasche Auffinden eines gesuchten Bildes sehr erleichtert.

Das Filmarchiv umfaßt zur Zeit 230 stumme Filme und 20 Tonfilme, die von der Reichsbahn, der Reichsrundfunk-Gesellschaft, der Rhein-Main-Donau A.-G., von verschiedenen Stadtverwaltungen sowie von zahlreichen Industrierwerken und Filmgesellschaften gestiftet wurden. Einen besonders wertvollen Bestand des Filmarchivs stellen die ersten von *Oskar Meßter* in Deutschland hergestellten Filme sowie die Filme aus der Geschichte des Deutschen Museums dar.

Die Filme werden nach Nummern geordnet in feuersicheren Blechschachteln in einer besonderen Filmkammer, die unmittelbar über dem Projektionsraum gelegen ist, aufbewahrt. Für die Erläuterungen der Filme stehen den Rednern außer den Zensurkarten häufig noch gedruckte oder geschriebene Begleitvorträge als Unterlage zur Verfügung.

#### 4. Die Lichtbildvorträge

Im Projektionsraum wird jeden Montag ein Lichtbildvortrag abgehalten, an den übrigen Wochentagen ein Film vorgeführt. Auch diese Veranstaltungen beginnen um 6¼ Uhr, so daß die Besucher nach

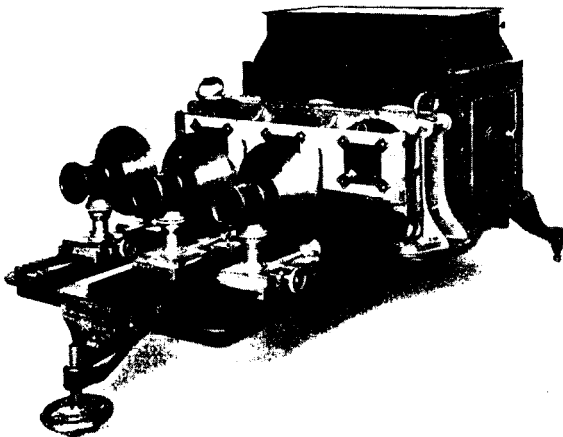


Abb. 2. Dreifarben-Projektionsapparat von A. Miethe

Schluß der Sammlungen bequem an ihnen teilnehmen können. Der Eintritt zu den Vorträgen und Führungen ist für Museumsbesucher und Inhaber von Dauerkarten frei. Andere Teilnehmer zahlen 25 Pfennig.

# DEUTSCHES MUSEUM

JANUAR 1935

Vortragsbeginn 18<sup>15</sup> Uhr. Eintritt für Museumsbesucher frei

## Führungsvorträge in den Sammlungen

Mittwoch, 2. Jan.	<b>Kraftmaschinen</b>	Ing. Burgmayer
Freitag, 4. Jan.	<b>Astronomie</b>	Dr. Fuchs
Montag, 7. Jan.	<b>Chemie II</b>	Prof. Dr. Süssenguth
Mittwoch, 9. Jan.	<b>Flugtechnik</b>	A. Menck
Freitag, 11. Jan.	<b>Textilindustrie</b>	W. Irmer
Montag, 14. Jan.	<b>Photographie und Illustrationsdruck</b>	Th. Conzelmann
Mittwoch, 16. Jan.	<b>Meteorologie</b>	Dr. Fuchs
Freitag, 18. Jan.	<b>Bergwesen</b>	Ing. Burgmayer
Montag, 21. Jan.	<b>Chemie III</b>	Prof. Dr. Süssenguth
Mittwoch, 23. Jan.	<b>Landverkehrswege</b>	H. Gundermann
Freitag, 25. Jan.	<b>Akustik und Musikinstrumente</b>	Th. Conzelmann
Montag, 28. Jan.	<b>Bildtelegraphie und Fernsehen</b>	Dr. Fuchs
Mittwoch, 30. Jan.	<b>Beleuchtungstechnik</b>	Prof. Dr. Süssenguth

## Lichtbildvorträge im Projektionsraum veranstaltet gemeinsam mit der Bayerischen Lichtbildstelle

Montag, 7. Jan.	<b>Entwicklung des Fernsehens</b>	Dr. Fuchs
Montag, 14. Jan.	<b>Farbenphotographie</b>	Prof. Dr. Ammann
Montag, 21. Jan.	<b>Veränderliche und neue Sterne</b>	Dr. K. Schütte
Montag, 28. Jan.	<b>Landschaft und Kultur in den Bergamasker Alpen</b>	Dr. L. Koegel

## Filmvorführungen im Projektionsraum veranstaltet gemeinsam mit der Landesbildstelle Südbayern

8.—12. Jan.	<b>Tiere der Vorzeit</b>
15.—19. Jan.	<b>Unsichtbare Brücken (Die Übertragung des Rundfunkes)</b>
22.—26. Jan.	<b>Das Nordlicht</b>
29., 30., 31. Jan.	<b>Vom Baumstamm zum Papier</b>

Abb. 3. Das Vortragsprogramm

Das jeden Monat erscheinende Vortragsprogramm, Abb. 3, stellt das Deutsche Museum im Einvernehmen mit der bayerischen Lichtbildstelle und mit der Landesbildstelle Süd zusammen. Das Programm wird an alle Lehranstalten, an Behörden, Technische Vereine usw. verschickt und außerdem durch die Münchener Städtereklame kostenlos



an den Plakatsäulen angeschlagen. Auch die Tageszeitungen zeigen jede Woche das Programm an.

Zur Kennzeichnung des Programms seien hier einige Themen von Lichtbildvorträgen aus der letzten Zeit angeführt. Aus dem Gebiete der Naturwissenschaft: Der Bau des Weltalls — Das Antlitz des Mondes — Werden und Vergehen der Alpen — Bildung und Verschiebung unserer Erdkontinente — Die Sprache der Wolken und der Wetterflug; aus der physikalischen Technik: Entwicklung des Tonfilms — Röntgenstrahlen in der Technik — Zehn Jahre Rundfunktechnik — Entwicklung des Fernsehens — Fortschritte der Welttelephonie — Wärme- und Kälteschutz im täglichen Leben — Die akustischen Lotmethoden; aus dem Bauwesen: Der Turm zu Babel — Deutsche Dome — Die bayerische Stadt und ihr Bürgerhaus; aus dem Ernährungswesen: Wandlungen in der Volksernährung — Die Lebensmittelkonservierung — Neuzeitliche Brauereitechnik.

Als Redner stellten sich in opferwilliger Weise Dozenten der Universität und Technischen Hochschule, Professoren der Mittel- und Fachschulen, Ingenieure aus der Industrie usw. ehrenamtlich zur Verfügung. Sie verstanden es, sich dem Zuhörerkreis anzupassen und verständlich und gleichzeitig interessant vorzutragen. Wiederholt haben auch auswärtige Redner Zeit und Mühe nicht gescheut und sind in dankenswerter Weise zur Abhaltung von Vorträgen eigens nach München gekommen.

### 5. Die Filmvorführungen

Eine besondere Anziehungskraft übten stets die Vorführungen der Kulturfilme aus. Die stummen Filme werden zur Erleichterung der raschen Auffassung technischer Einzelheiten durch einen Begleitvortrag erläutert, wobei dem Redner auch Gelegenheit gegeben ist, immer wieder auf die Sammlungen des Museums hinzuweisen. Bei der Auswahl der Filme wurde dem verschieden gerichteten Interesse der Museumsbesucher Rechnung getragen. Von allgemein wissenschaftlichem Interesse waren z. B. die Filme: Das Hohe Lied der Kraft — Gespeicherte Sonnenenergie — Das Nordlicht — Die Röntgenkinematographie — Die tönende Handschrift — Rundfunktechnik.

Dem Techniker wurde Gelegenheit gegeben, große deutsche Industriewerke kennenzulernen, z. B. die Allgemeine Elektrizitäts-Gesellschaft in den Filmen: Stromrichter, elektrische Schmelzöfen — Transformatorfabrik; — die Siemenswerke in Kabelherstellung und Kabellegung, Elektromotorenfertigung; die I. G. Farben im Wachstum- und Blumenfilm, Leunabenzin; — den Benzolverband in den Tonfilmen: Der gläserne Motor und Kampf um Kraft.

Jedermann, insbesondere die Jugend, drängt sich, Abb. 4, besonders zu den Vorführungen der Reisefilme wie: Nordlandfahrt —





Abb. 4. Andrang zu einem Filmvortrag im Deutschen Museum

Das Land der Dolomiten — Melodie der Welt —, zum Film vom Zeppelin und vom Do X; zu den Mikro-Tierfilmen: Eine Fliege ist ins Wasser gefallen — Was im Moos los ist — Aus der Kinderstube der Froschlurche. Der reizvolle Film „Tiere der Vorzeit“ löst bei jeder Vorführung auch bei den kleinsten Zuhörern erneuten Jubel aus.

Soweit die Filme nicht im Filmarchiv des Museums enthalten waren, haben in dankenswerter Weise Behörden und Firmen, in deren Bereich die Aufnahmen hergestellt wurden, oder die Filmgesellschaften selbst die Filmkopien leihweise und kostenlos zur Verfügung gestellt.

Das Museum wurde dadurch in die Lage versetzt, jährlich 22 000 Besuchern durch die kostenlose Vorführung interessanter und auch unterhaltender Kulturfilme vielseitige Anregung zu geben und damit eine wertvolle Bildungsarbeit zu leisten.

#### 6. Die Vortragssäle im Studienbau

Zur Aufnahme einer größeren Zuhörerschaft soll im Studienbau der große Kongreßsaal mit 1850 Sitzplätzen dienen, dessen architektonische Innenausstattung, dank der tatkräftigen Förderung der nationalsozialistischen Regierung, bis zum Mai dieses Jahres größtenteils fertiggestellt sein wird.

Der durch eine reich kassettierte Holzdecke in farbiger Tönung abgeschlossene kubische Raum, Abb. 5, von äußerst harmonischen

Höhen- und Breitenmaßen besitzt zwei an den Längsseiten entlanglaufende geräumige Galerien, die an ihren Enden durch eine Mittelgalerie verbunden sind. Der parkettierte Fußboden des Saales wird mit rund 1400 Klappsitzen bestückt, die so befestigt sind, daß sie — falls im Saal Tische für Restaurationsbetrieb aufgestellt werden sollen — leicht abgebrochen und über den Aufzug in das Untergeschoß geschafft werden können. Die Galerie erhält etwa 450 feste Klappsitze.

Durch geräumige, den Saal und die Galerie umschließende Wandelgänge, durch reichlich bemessene Kassen und Garderoben, durch breite Treppenanlagen ist ein reibungsloser Zu- und Abgangsverkehr bei großer Besucherzahl gewährleistet.

An der Stirnwand des Saales befindet sich die mächtige Projektionsfläche; am Fuße derselben wird eine 16 m breite und 6 m tiefe Bühne entstehen, die für die Abhaltung von Experimentalvorträgen mit allen der Neuzeit entsprechenden Einrichtungen, wie z. B. mit den Anschlüssen für verschiedene Stromarten, für Wasser und Gas, versehen wird. Für die Stromversorgung der Bühne dienen zwei besondere Schaltkabinen. In der einen erfolgt die Schaltung für die Bühnenbeleuchtung sowie die Versorgung der Experimentiertische mit verschiedenen Batterie- und Netzspannungen.

In der zweiten Kabine werden die Anschlüsse der Redner-Mikrophone an die im Saal eingebauten Lautsprecher vorgenommen, ebenso

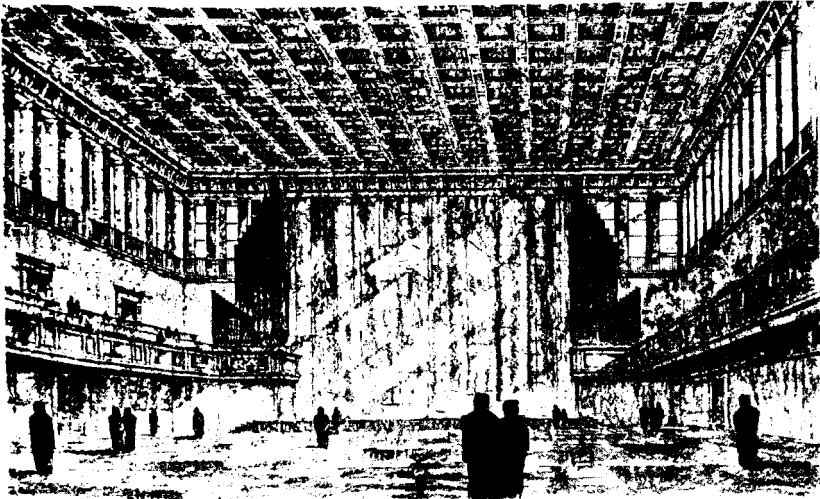


Abb. 5. Ansicht des Kongreßsaales nach Fertigstellung

können von dort die von einer Schallplatte elektrisch abgenommenen Ströme oder die Sendungen des Draht- oder Rundfunks auf die Lautsprecher übertragen werden. Für musikalische Darbietungen ist der Einbau einer Orgel zu beiden Seiten der Bühne möglich.

In der Projektionskammer über der Mittelgalerie kommen zwei Theatermaschinen für die Vorführung von Tonfilmen sowie ein Apparat für Diapositivprojektion zur Aufstellung. Die Einschaltung der unter der Projektionswand eingebauten Lautsprecher für den Tonfilm, die Schaltung der Saalbeleuchtung und der Motoren für die Vorhangverdunkelung wird vom Schaltraum aus betätigt.

Neben dem Kongreßsaal sollen noch weitere Vortragssäle mit mittlerem Fassungsvermögen eingerichtet werden, für die gleichfalls alle neuzeitlichen Betriebseinrichtungen vorgesehen sind.

Wenn diese Vortragssäle und der Kongreßsaal vollendet sind, werden, wie wir hoffen, die beabsichtigten großzügigen Vortragsveranstaltungen eine äußerst wirksame Ergänzung der Sammlungen und der Bibliothek bilden und dazu dienen, das Interesse für Naturwissenschaften und Technik und die Freude an ihren Ergebnissen zu beleben und zu verbreiten.

Dr. Fuchs.

## Berichtigung

Im Heft 4 des Jahrganges 6 (1934) sind folgende Stellen zu berichtigen:

S. 100 Abs. 2 Zeile 1: 1865 in 1856.

S. 101 Bildunterschrift Walther von Dyck:

geb. 6. Dezember 1856 in München,  
gest. 5. November 1934 in München.

S. 101 Bildunterschrift Carl von Linde:

geb. 11. Juni 1842 in Berndorf (Oberfranken),  
gest. 16. November 1934 in München.

Die Schriftleitung.

# Wald und Mensch im technischen Zeitalter

Von *Eugen Diesel VDI*, Bornstedt b. Potsdam \*)

## Der deutsche Lebensraum

Uns alle begleitet durch unser Leben ein Bild und Gefühl von unserer Heimat, der deutschen Landschaft. Alles, woraus sich diese Landschaft zusammensetzt, ist uns vertraut und selbstverständlich: Berg und Ebene, Feld und Wald, Wiese und Busch, Heide und Strand, Bach und Strom. Die mannigfachen Bausteine und Stimmungen dieser Landschaft, die Felsen, die Kräuter, die Erde, das Rauschen der Bäume, das Gesumme der Insekten, der Sang und der Ruf der Vögel, das Schreien des Hirsches ergeben in ihrer Zusammengehörigkeit, in der Art ihres Zusammenspiels das, was uns an unserem Lande als „deutsch“ anmutet. Aber „deutsch“ ist in dieser Landschaft auch eine besondere Art im Gefüge der Elemente des Bodens, der Landformen und Landgrößen, des Klimas und der Kultur; deutsch ist auch die großartige Fülle dieser Beziehungen und das Maß, das in allem gewahrt bleibt. Wenn wir ein solches Urteil fällen, so ist es nicht nur der Ausdruck von Heimatstolz und -liebe, es drückt auch einen Zustand, ein Ergebnis aus dem Zusammenwirken von Land, Mensch und Geschichte aus, das wissenschaftlich ergründet werden kann.

Viele andere Völker besitzen einen als Ganzes viel ausgeprägteren Lebensraum: Die ebene Steppe, das Hochgebirge, den Urwald oder ausgedehnte Fels- und Sandwüsten. Wo sie, wie die Russen und die Amerikaner, auf Flächen von kontinentaler Ausdehnung siedeln, da beherbergt solcher Raum ein Nebeneinander sehr großer Einzellandschaften, die fast als besondere Länder angesprochen werden müssen, deren jedes seinen deutlichen Charakter, seine besondere Ausstattung mit Bodenarten, Pflanzen und Tieren aufweist. Diese Gebiete sind durch die Kultur noch nicht zum inneren Ausgleich gekommen, sie

---

\*) Der Verfasser ist Privatgelehrter und freier Schriftsteller. Von seinen Hauptwerken seien genannt: „Der Weg durch das Wirrsal“, Stuttgart 1927, eine Darstellung des gewaltigen Ringens von Mensch, Kultur und Politik im technischen Zeitalter; „Die deutsche Wandlung“, Stuttgart 1929, eine Schilderung Deutschlands, der Deutschen und der deutschen Zustände; „Das Land der Deutschen“, Leipzig 1933, eine völlig neuartige Geographie Gesamtdeutschlands unter Zugrundelegung zahlreicher Luftbilder.

stellen noch nicht jene reichen Gewebe aus natürlichen und kulturhaften Erscheinungen dar, wie die mitteleuropäische Landschaft.

Unser Land ist nicht vorwiegend Ebene oder Gebirge, Tiefland oder Hochland — es umschließt die zahlreichsten Landformen in mannigfachem Übergang, und keine von ihnen übt eine einseitige Herrschaft aus. Ferner läßt sich nicht sagen, daß das heutige Deutschland vor allem ein Ackerland, ein Waldland oder ein Industrieland sei. Auch diese Flächen greifen vielverästelt im Bilde der Landschaft und der Kultur ineinander. Alle Tatsachen geographischer, kultureller und geschichtlicher Art deuten auf die vielseitigste Schichtung im Gefüge unseres Lebensraumes und auf seine Zusammenhänge mit den Größenbedingungen und der Lage Mitteleuropas. In ganz besonderem Grade ist das Lebensgebiet unseres Volkes auch ein Ergebnis seiner so vielspältigen und doch in tausend Fäden einheitlich gewobenen deutschen Kultur. Und die Kultur hat auf den Boden, auf dem wir stehen, so eingewirkt, daß wir sagen: Das alles ist deutsch, deutsche Erde, deutsches Schicksal, das ist die wahre Heimat unserer Seele, unserer Arbeit, unserer Geschichte. Deutschland ist ein Ergebnis sowohl aus den natürlichen Bedingungen des Landes, wie aus dem Wesen seiner Bewohner, die aber in vieler Hinsicht erst durch das Land zu dem geworden sind, was man „deutsch“ nennt.

## Deutschland als Waldland

Wie das deutsche Land nicht vorwiegend von einer Landform beherrscht wird, so übt in der deutschen Kulturlandschaft fast nirgends ein einziges großes Element der Kultur die Alleinherrschaft über sehr weite Gebiete aus. Beinahe überall liegt wohlabgewogen der Acker neben der Wiese. Der wohlgehegte Forst ragt über den in weiten Wellen sich hinbreitenden Feldern und wirft wo beide aneinandergrenzen, seine Schatten auf den Acker. Auch zieht er die Flanke des Berges hinan, oder steht als Waldschopf über dem aus dem Ackerland steigenden Hügel. Um den Hof, das Dorf ist fast immer alles zu finden, das in seinem Zusammenklang als deutsch empfunden wird: das bachdurchschlängelte Stück Wiese mit seinen Blumen, der Acker mit seinen Halmen und Rainen, die Felsklippe oder Sandgrube, die bebuschte Weidefläche, der Saum von Fruchtbäumen und Pappeln längs der Allee, oder von Weiden längs des Flusses. Auf den Feldern und Wiesen vermag unser Blick fast überall zu den Wäldern und Forsten zu schweifen. Allerorten ist der Wald mit da. Fast nirgends ist er die Ausnahme, sondern er fordert immer wieder seinen unterschiedenen Anteil an der Landschaft, bald in kleinerem, bald in

größeren Zusammenhang, bald in mehr natürlichem, bald in vorwiegend forstlichem Zustand. Zum Wesen des Dorfes, des Städtchens gehört im allgemeinen nicht nur Feld und Garten des Bauern und Ackerbürgers, es gehört dazu auch seit je der Wald, und heute noch ist unser Dasein vom Walde umschlossen. Auf seinem herrlichen Boden unter hohen Bäumen zur Waldschänke, zum Forsthaus zu wandern, den Schlag der Axt zu hören, — das alles sind echtste Bestandteile unseres deutschen Daseins. Eine Fülle heimatlicher Bilder steht, wenn wir an den Wald denken, vor unserem inneren Auge, die Kiefern der Mark, die Buchen des Odenwaldes, die Fichten Bayerns, die Tannen des Harzes, die Eichen Niedersachsens. Und viele deutsche Menschen haben unmittelbar mit dem Walde zu tun, Bauern, Holzarbeiter, Jäger, Forstleute, Sägemüller, Zimmerleute, Baumeister. Das Dorf und manche kleine Stadt ist wie auf das Feld, so auch auf den Forst bezogen. Das Dorfkind oder der Ackerbürger klaubt im Walde Reisig; der Bauer holt von dort seine Torfstreu; der Wilderer verleugnet auf Stunden sein Dasein als Ackerbauer, um im Forst seinem Jagdtrieb zu frönen, den er von seinen die deutsche Waldlandschaft bewohnenden Vorfahren erbt. Viele Städte und Dörfer stützen sich auf Waldbesitz, und ihre Wirtschaft wie ihr Lebensgefühl sind von ihm beeinflusst.

Täuschen wir uns nicht, wenn wir meinen, neben einem Volk des Ackers und des Gewerbes auch in ausgesprochener Weise ein Volk des Waldes zu sein? Ist nicht auch das übrige Europa reich an Wäldern? Das ist wohl der Fall, aber in bedeutenden Ländern West- und Süd-europas ist die Mitherrschaft des Waldes fast ganz zurückgedrängt. In anderen Gebieten steht Wald und Forst noch breit und mächtig da, allein auch dort ist das Verhältnis zwischen dem Wald und der Landschaft, dem Menschen, der Arbeit meist sehr anders als bei uns. Zurückgedrängt ist der Wald vor allem in den Mittelmeerländern und in Großbritannien. In Frankreich gibt es einige wenige große parkähnliche Forste, wie bei Fontainebleau und Compiègne. Hier und dort tauchen Waldstückchen und Haine auf, und ein gewisser Reichtum an Baumgruppen und Alleen in der Landschaft läßt den Eindruck nicht aufkommen, als sei Frankreich ein baumloses Land. Aber ein Kennzeichen der französischen Landschaft ist der Wald viel weniger als bei uns, selbst in den französischen Alpen. Vorwiegend waldlos erscheinen Italien, Spanien, Griechenland, wo bereits vor Jahrtausenden, als Folge der Abholzung, das Klima sich wandelte und die ursprüngliche Holzkultur durch eine steinerne und metallene Kultur ersetzt wurde. Schon zur Zeit Homers mußten in Griechenland die Säulen der Tempel, die ursprünglich nichts anderes waren als Baumstämme, aus Stein hergestellt werden. In England, von dessen Fläche nur noch wenige

Prozent Wald sind, wiegt die Parklandschaft vor. Im Norden Europas freilich, in Skandinavien, Finnland, Nordrußland herrscht der Wald viel urhafter und mächtiger als in Deutschland. Aber in diesen menschenarmen Gebieten steht der Wald in einem anderen Verhältnis zum Menschen und seiner Kultur als bei uns. In Schweden umhüllt er, so könnte man sagen, das eigentliche Kultur- und Ackerland, das vielfach in den endlos sich über den Gneis hinziehenden Nadelwald wie eine Kolonie oder Rodung eingesprengt erscheint. Der Wald steht in Schweden noch ganz und gar als Herrscher da, zwar beaufsichtigt, aber weniger gehegt und gepflegt, gewaltiger und naturhafter als in unserem Lande, wobei freilich das forstliche Wesen und das Weidwerk der Skandinavier sich als recht verwandt mit unseren Zuständen darstellen. Aber es ist hier doch nicht dies merkwürdig zwischen Kultur und Natur ausgewogene, gleichzeitig milde und ernste, regsame und offene Bild wie in Deutschland. In den östlich an uns grenzenden Ländern dagegen, etwa in Polen und Böhmen, sind oft den deutschen ähnliche Verhältnisse wahrnehmbar. Hat doch hier vielfach deutscher Einfluß geherrscht, und die geographischen Bedingungen erinnern an die unseren. Wo wir uns von diesen Einflüssen und Bedingungen fort nach dem östlichen Polen und Rußland hin entfernen, übt zwar auch der Wald seine Herrschaft aus, aber wiederum anders, nicht so im durchgehenden Gleichklang der Natur und der Kultur wie bei uns.

Kein Eindruck bringt das, was der Wald in Deutschland wirklich bedeutet, auf eine klarere Vorstellung, als der Ausblick vom Flugzeug. Von hier oben stellt sich das deutsche Land dar als ein Ackerland, das sehr sorgfältig bebaut ist und worüber viele Dörfer und Städte ausgestreut sind. Aber noch ringt der Wald mit dem Acker um eine Art von Gleichberechtigung. Bedeckt er doch ein Drittel bis ein Viertel des deutschen Bodens! Das ist gewaltig viel für ein modernes, industrialisiertes Land. Wie stehen hier die Wälder wohlbetret nach durchdachtem Forstungsplan bald als von Schneisen durchzogener Nadelforst, bald als Laubwald oder Mischwald vor uns, als Leistung und Erbe mehrerer pflichtbewußter Generationen.

Aus der Eigenart der Bäume und ihrer forstlichen Pflege ergeben sich zahlreiche landschaftliche Übergänge und reizvolle Tönungen. Einmal steht der hellgrüne Laubwald vor dem dunkelgrünen Tannenwald; ein anderes Mal durchbrechen im Mischwald die bunten Laubkronen des Herbstes die ernsteren Fichten; ein drittes Mal ragt das dunkle Grün der Tannen als Sieger über den weißen Schneeflächen und neben den entblätterten Buchen.

Dieser großartige Waldbestand, in dem sich Natur und Kultur die Hand reichen, macht deutlich, daß Deutschland ursprünglich ein



Waldland gewesen ist. Mitteleuropa besitzt ein ausgesprochenes Waldklima, und ohne die Kulturarbeit des Menschen würde der deutsche Boden noch heute im wesentlichen von Urwald bedeckt sein. Deutschland ist ein Teil des Waldgebietes des östlichen Kontinents, das gleichsam von Osten nach Westen heranwogt, hierbei immer mehr zum Kulturland wird, in die feineren und engeren Formen Mitteleuropas hineindrängt. Die Walddecke, die eigentlich bis zur Küste Frankreichs reichte, bricht heute westlich und südlich des deutschen Sprachgebietes ziemlich jäh ab und weicht ganz anderen kulturlandschaftlichen Verhältnissen.

## Der Forst als Schöpfung der Kultur

Ergänzen wir das bis jetzt gewonnene Bild durch einige eher geschichtlich zu nennende Betrachtungen, ohne die unser heutiges Verhältnis zum Wald nicht deutlich zu verstehen wäre.

Jedes unberührte Land, jede Naturlandschaft verwandelt sich in eine Kulturlandschaft, wenn Menschen von ihm Besitz ergreifen und sich auf diesem Grund und Boden zu einem Volk vereinen und fortentwickeln. Solange der Mensch als Sammler oder Jäger lebt, bleibt sein Einfluß auf die Gestaltung des Landes gering. Wichtige Zustände des natürlichen Lebens bleiben nahezu unerschüttert, ja, der Mensch und seine Werke stellen sich in solchen Frühzeiten eigentlich selbst als ein Stück Natur dar. Deswegen denken wir mit Ergriffenheit an die Jugend unseres Volkes. Ganz und gar aber verändert sich das Verhältnis des Menschen zum Lande, wenn sich ein regelrechter Landbau entwickelt und zur Jagd und Fischerei noch die Haustierwirtschaft tritt. Von dem Augenblick an geht man in dem Land nicht nur auf Beute und Suche, sondern das Land selbst wird der Werkstoff, die Gestaltungsmöglichkeit für Geist und Hand des Menschen. Nun werden nicht nur einzelne Punkte, Linien und kleine Gebiete des Landes in Kulturland umgewandelt, wie in der deutschen Frühzeit die an sich waldfreien Gebiete mit kontinentalem Klima und mit Löß- oder Kalkböden, sondern große Flächen werden aus ihrem Naturzustand in den der Kulturlandschaft übergeführt: Wälder werden gerodet, der Pflug reißt die Erde auf, nutzbare Pflanzen werden gepflegt, Unkraut gejätet; umzäunte Wiesen stehen unter dem Einfluß weidender Haustiere. Flüsse werden eingedeicht, Sümpfe trocken gelegt, immer mehr Wege und Straßen laufen durch das Land, über welches sich immer zahlreichere Häuser und Dörfer, immer volkreichere Städte hinbreiten. Wo früher sandige Heide war, stehen heute Kiefern; Nadel- und Laubwald haben oft die Böden getauscht. Aus natürlich gesprossenen Wäldern werden Forste, das heißt für fachgemäßen Betrieb ein-



## DAS LAND MIT GEPFLEGTEM WALD

**GELÄNDE:** Mit verwilterter Bodenschicht, Bergformen gerundet mit Plätzen für landwirtschaftliche Kultur

**WASSERLÄUFE:** Regelmäßig, Niederschläge, verzogen im Boden, Sickerwasser, Grundwasser, Quellen, Bäche und Flüsse ohne Geröll, rein (Trinkwasser!) mit gleichmäßiger Wasserführung, schiffbar

**LANDWIRTSCHAFT:** Aimen und Wiesen im Gebirge, Wiesen, Acker, Gärten, Weinberge im Vorlande, in und ausserhalb des Waldes, Marschen an der Küste.

**SIEDLUNGEN:** Städte u. Hofenplätze, Dörfer und Einzelhöfe, Sennhöfe, Berghöfe, Heilstätten u. s. w.

**INDUSTRIE:** Bergwerke, Sägewerke, Wasserkraftwerke, Fabriken u. s. w.

**VERKEHRSWEGE:** Strassen, Brücken, Eisenbahnen, Fluss- und schiffbare Flüsse, Kanäle, elektr. Stromleitungen, Bergseile, Drahtseilbahnen u. s. w.



### DAS LAND NACH WALDZERSTÖRUNG

**LANDWIRTSCHAFT:** Keine Almen im Gebirge. Wenige Äcker und Wiesen im Vorlande. Meist Fels, Sand (auch Flugsand), Sümpfe, Geröll.

Künstliche Terrassen zwecks Gewinnung von Boden und Bewässerung

**SIEDLUNGEN:** Ärmlich im Hulten. Einzelhöfen und Dörfern.

**INDUSTRIE:** Fehlt infolge dünner Bevölkerung und schlechter Verkehrswage

**VERKEHRSWEGE:** Unbefestigte Erdwege ohne Brücken

**GELÄNDE:** Ohne Bodenkryme, zerrissen, Bergformen scharfkantig.

**WASSERLÄUFE:** Unregelmässig Oberirdischer rascher Abfluss der Niederschläge. Wildbäche mit Geröll, Uferabbrisse, Mangel an Brücken, Mündungs-Delta.

gerichtete Wälder, die in mannigfacher Hinsicht durch Kulturarbeit dem Klima, dem Boden, der Wirtschaft des Landes und den Bedürfnissen der Nation auf besonders zweckmäßige Weise angepaßt wurden.

Die „Hauptnutzung“ der Forstwirtschaft besteht in der Gewinnung von Holz und Rinde, somit in der Holzfällung, in der Schälung der Stämme und in der Holzbringung, das heißt der Beförderung des aufgearbeiteten Holzes zum Verarbeitungsort auf Waldwegen, Schneisen, Schlittenwegen und Holzfahrwegen; im Gebirge auch in Rinnen, durch Trift und Flößerei. So ergibt sich der Arbeitsrhythmus der Holzarbeit, der im Walde umgeht und ihn mit den Klängen von Axt, Säge, Fuhrwerk und Kette erfüllt. Feierlich ungeben Jahrzehnte alte Bäume den nach frischem Holz duftenden „Kahlschlag“, der den alten Holzbestand von Kiefern und Fichten völlig entfernt, ehe gesät oder gepflanzt wird. Dreierlei wird an Ort und Stelle hergerichtet: der Stamm selbst, Brennholz oder schließlich Grubenholz, das zur Zimmerung der Bergwerksräume dient.

Die „Nebennutzung“ der Wälder geht leiser vor sich. Man holt Streu, gewinnt Harz, schiebt Vieh auf die Weide der Waldlichtungen, holt sich Futterlaub, treibt auch Fruchtbau im Wald, pflückt Blaubeeren und Erdbeeren, sammelt die harzreichen Tannenzapfen oder den Waldtorf. Haupt- und Nebennutzung bringen eine Fülle deutscher Stimmungen in die Wälder.

Der aufbauende und der vernichtende Prozeß in seinen durchaus verschiedenen Rhythmen beherrscht das Forstwesen. Der Zerstörung durch den Menschen reihen sich die durch Naturgewalten an, wie Sturm, Feuer, Schnee- und Eisbruch, Insektenschäden. Da die Forstwirtschaft mit langen Zeiträumen rechnen muß, so wirken sich wirtschaftliche Fehler besonders verhängnisvoll aus. Wie soll man ferner wissen, wie zur Zeit der Holzernte der Bedarf sein wird und wie der Wert des Holzes? Diese Verhältnisse und manche andere bringen es mit sich, daß bei aller Romantik, Frische und Naturgebundenheit des Forstwesens die Rechnung, daß die „Forstmathematik“ die Arbeit des Forstmannes beherrscht. Im Verhältnis etwa von Kahlschlag und Aufforstung liegt etwas, das sorgsam nach Festmetern, Flächen und Jahren errechnet und in den Gang der Natur einbezogen werden muß, damit die künftigen Generationen nicht um ihr Erbe gebracht werden.

Im Forst, der kulturlandschaftlichen Form des Waldes, ist es den Tieren versagt zu leben wie in der Naturlandschaft. Was für die Baumwelt gilt, das gilt auch für die Tierwelt. Ihr Dasein ist ein künstliches Gleichgewicht zwischen Schonzeit und Abschluß, Wildschaden und Wildhegung, Jahreszeit und Ackerbestellung. Also auch den Tieren gegenüber wird ein forstliches Empfinden lebendig, ein Bemühen, sie zu nutzen, sich an ihnen zu erfreuen; sie zu hegen und zu

schonen und sie auf einem gewissen „Bestand“ zu erhalten, damit der Schaden, den sie stiften, durch sie selbst wieder aufgewogen wird. Sogar das Leben des Fuchses und anderer Raubtiere ist eine wissenschaftliche „Funktion“ geworden, die allerdings seit je verklärt wird durch die Liebe des Jägers für das Tier.

Aus diesen Gründen nun, und weil unsere meisten jagdbaren Tiere Waldtiere sind, ergibt sich die große Verwandtschaft und seelische Übereinstimmung zwischen Forstwesen und Jagd. In früheren Zeiten wurde sogar der Jäger auch Förster, und nicht, wie heute, der Förster auch Jäger. Der Förster treibt an der ihm unterstellten Tierwelt Forstpflanze im gleichen Sinne, wie er sie seinen Bäumen angedeihen läßt. Er schont die jungen Tiere wie seine jungen Pflanzen, er überlegt sich, ob er diesen Hirsch oder jenen Rehbock schießen soll, genau so, wie er sich überlegt, welche Bäume gefällt werden sollen.

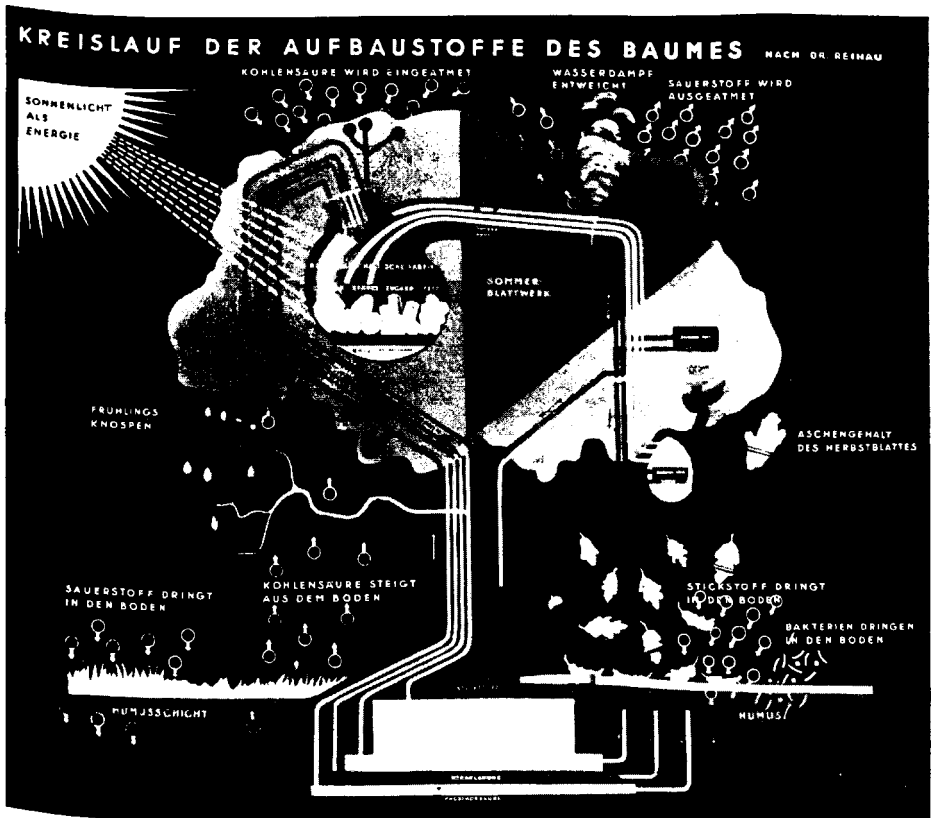
Alles in allem gesehen, ist somit gerade das Forstwesen in hervorragender Weise eine nationale Angelegenheit; denn entsprechend dem langsamen Wachstum der Bäume kann keine einzelne Generation ein Forstwesen hervorrufen und die Früchte ihrer eigenen Arbeit ernten, etwa in der Art, wie man Fabriken oder Handelsunternehmungen gründet, aus denen man nach kurzer Zeit Erträge gewinnt. Immer sind es mehrere Reihen von Geschlechtern, die sich im Forst die Hände reichen. Man muß hier gleichsam in den Jahresringen der Bäume denken, sich der Vorfahren erinnern und den Nachfahren ein wertvolles Erbe hinterlassen. Auch ist im Forstwesen Zerstörung, Abtragung und Wiederaufbau der Vegetation ein viel eindrucksvollerer Vorgang als bei den rasch wachsenden, zarteren und kleineren Feld- und Gartengewächsen. Das Säen und Ernten auf einem Felde oder das Mähen einer Wiese vollzieht sich eher im Rhythmus der Tages- und Jahreszeiten, während das Fällen eines Baumes unter den tönenden Schlägen der Axt oder dem Kreischen der Säge ein dramatisches Ereignis ist, welches das Ergebnis vieler Wachstumsjahre niederlegt; umgekehrt erstreckt sich der Vorgang der Bestellung des Waldes und seines Heranwachsens bis zur „Ernte“ durch die Jahrzehnte.

## Die gerettete Waldecke

Der Umwandlungsprozeß aus Naturland in Kulturland, den wir hier vor allem am Beispiele des Waldes klarzumachen suchten, dauert manchmal Jahrtausende, und in alten Ländern befindet sich kaum noch ein Hektar in wirklich unberührtem und natürlichem Zustand, obschon der Mensch sich bei seinem Kulturwerk viel mehr von der Natur hat leiten lassen, als es heute auf den ersten Blick erscheinen möchte.

In diesem gewaltigen Kulturprozeß nun kommen nicht nur die Eigenschaften des Landes zur Geltung, sondern auch der arbeitenden, denkenden und empfindenden Menschen. Es treten in Erscheinung die Gewalten der Geschichte, der sozialen Verhältnisse, der Wirtschaft, der Technik. Und schließlich liegen ganz verschiedenartige nationale Ergebnisse dieses gewaltigen Kulturwerkes als ein Deutschland, ein England, ein Frankreich vor uns. Wir erkennen, wie die deutsche Hand und der deutsche Geist angepackt und gewirkt haben, welche Einflüsse seine Geschichte hatte, um das Land in eben der Form und Eigenschaft vor uns auszubreiten, wie wir es heute besitzen. Und es zeigt sich dann, daß der Deutsche aus diesem Wechselspiel der äußeren und der inneren kulturbestimmenden Kräfte etwas anderes hat hervorgehen lassen als der Franzose, der Italiener, der Engländer. In Deutschland ist dieses ganze Kulturwerk getragen und geführt von einer teils unbewußten, teils bewußten Einbeziehung des Waldes in unsere Wirtschaft, unsere Technik und Kultur. Zwar setzte auch die **eigentliche** Deutschwerdung der germanischen Volkschaften im früheren Mittelalter, ferner unser Vordringen nach dem Osten mit einem ungeheuren, ja, verbissenen Angriff auf den Wald ein. Jahrhundertlang sind die Deutschen ein waldrodendes Volk, ist der eigentliche kulturelle Prozeß der eines Eindringens, eines Siedelns und Rodens in dichte, von wilden Tieren bewohnte Urwälder und in weite Sumpfbiete. Aber in diesem rauen Kulturprozeß, der zur Eroberung unseres Kultur- und Volksbodens unerläßlich war, steckt von Anbeginn etwas, das uns von dem Vorgehen anderer Völker unterscheidet. Die griechische und romanische Mittelmeerkultur hat in der Zeit zwischen 2000 und 1000 v. Chr. und noch später ein ähnliches Rodungswerk vollbracht, wie wir es im Mittelalter begonnen und zu Ende geführt hatten. Damals jedoch, also vor drei- bis viertausend Jahren, haben diese Mittelmeervölker ihre Länder fast ganz von Wald entblößt. Erst seit einigen Jahrzehnten ist man bewußt am Werke, unter großen Schwierigkeiten diesen schwer geschädigten Boden wieder aufzuforsten.

• Was hat nun Deutschland vor der Entwaldung gerettet? Zunächst hat wohl ein dem Deutschen angeborener Hang zum Walde oder sein schon früh vom Walde abhängiges Wirtschaftswesen viel Unheil verhütet, aber an manchen Orten ist auch bei uns früher der Wald rücksichtslos vernichtet worden, so daß wir uns nicht allzu laut vor anderen Völkern brüsten sollten. Vielleicht würden auch wir die Wälder ausgerottet haben, wenn die wissenschaftliche Neuzeit nicht bei uns noch reiche Waldbestände vorgefunden hätte. Dieser wissenschaftliche und staatsökonomische Geist aber nahm den Wald in Obhut. Während dies geschah, war es auch praktisch möglich geworden, sich



auf andere Brenn- und Werkstoffe zu stützen als auf das Holz, nämlich auf Kohle und Eisen. Sicher hat dies die rücksichtslose Ausbeutung der Wälder zu Bau- und Brennstoff verhindert.

Auch geschichtlich gewordene Verhältnisse, die große territoriale Zersplitterung, konservative, grundherrlich-feudale Zustände in vielen Gebieten mögen das ihre dazu beigetragen haben, daß uns der Wald in so reichem Maße erhalten blieb. Mag es Verdienst unserer Veranlagung, unserer Naturliebe, unserer Sorgfalt oder das Ergebnis kultureller und geschichtlicher Entwicklungen sein, oder mag das alles und mehr zusammenwirken, Tatsache bleibt, daß wir in dies technische Zeitalter und ferner in diesen heutigen Zeitabschnitt nationaler,

wirtschaftlicher, sozialer Neugestaltung mit einem reichen und gepflegten Erbe an Wald eingetreten sind. Dies Erbe ist bestimmt, in verheißungsvoller Weise auf unsere ganze Zukunft einzuwirken.

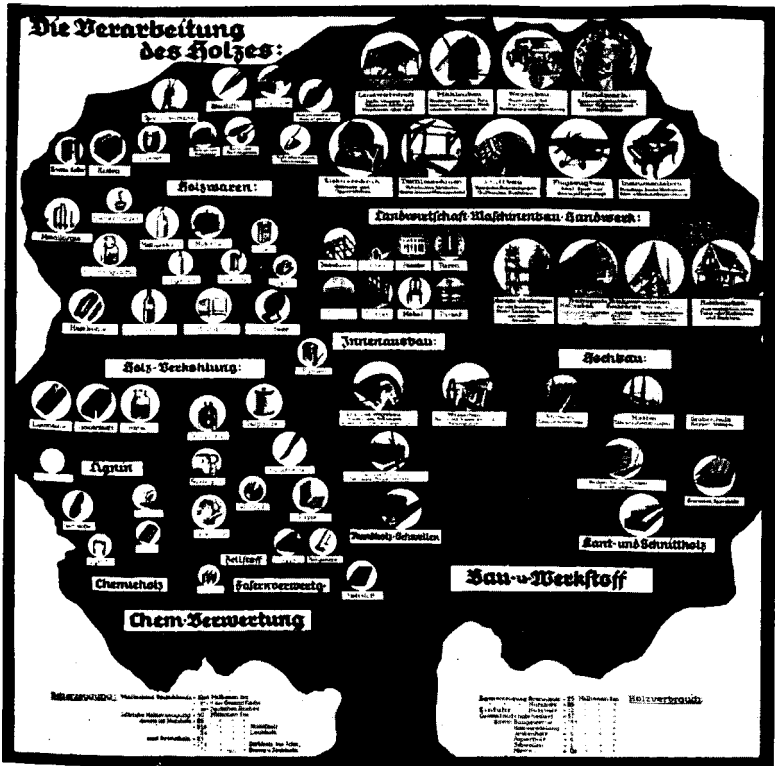
## Von der Holzkultur zur Maschinenzeit

Deutschlands Werkkultur war vor dem Eintritt der Maschinenzeit tausend Jahre lang oder noch länger eine auf Holz gegründete Kultur gewesen. Wie in allen kulturellen Dingen, die ja immer gleichzeitig vom inneren Wesen des Menschen wie von seiner äußeren Umwelt abhängen, so hat auch beim Aufbau dieser Holzkultur ein schwer ergründbares Wechselspiel zwischen Mensch und Umwelt stattgefunden. Jedenfalls sind während langer Zeiträume unserer Kultur und Arbeit nur wenige Tätigkeiten vorstellbar, bei denen das Holz nicht eine Rolle gespielt hätte. Die Gerüste, der ganze Aufbau oder wenigstens das Fachwerk unserer Häuser, Scheunen und Ställe, Brücken und Zäune, viele unserer täglichen Geräte und Werkzeuge, Löffel, Kannen, Schüsseln, Leitern, Göpel, die Fahrkünste der Bergwerke, Wasserrohre, alles war aus Holz. Die meisten unserer Maschinen, unsere Wagen, alle unsere Schiffe bestanden aus Holz. Holz war der Werkstoff in dem Zeitalter des Werdens unserer Kultur und unseres Reiches. Aber aus den Wäldern bezog der Deutsche auch seinen Brennstoff. Alles Eisen, jegliches Metall der früheren Zeit wurde im Holzfeuer geschmolzen.

Dann brach sehr plötzlich das neue Zeitalter, die Maschinenzeit, über uns herein. In wenigen Jahrzehnten veränderte sich der Charakter der Werkstoffe, das Maß der angewandten Kräfte, das Wesen des Verkehrs, der Zusammenhang von Wirtschaft und Gesellschaft. Bei der Betrachtung dieses neuen Zustandes müssen wir nunmehr verweilen.

Wir unterschieden bisher zwei große Abschnitte in der Entwicklung eines Landes: den einen, in welchem die Naturlandschaft vorherrscht, den zweiten, in welchem die Kulturlandschaft immer mehr vorwiegt. In der Zeit der alten Kulturlandschaft war, wie wir sahen, unser Dasein hauptsächlich vom Acker und vom Walde bestimmt. Der Begriff der Kultur leitet sich ursprünglich her von „agricultura“, der Pflege des Bodens, des Ackers. In der Tat hat Jahrtausende lang alles und jedes kulturelle Geschehen im Zusammenhang gestanden mit der „agricultura“. In diesen alten Zuständen greift plötzlich während des neunzehnten Jahrhunderts die moderne Technik auf gewaltige Weise ein. Deutlich unterscheiden sich viele ihrer Wirkungen von den Wirkungen der alten Kultur. Und diese überaus heftigen und sehr rasch über uns hereinbrechenden Wirkungen haben oft zu der Frage geführt,





ob die Maschinenteknik nicht zerstörend auf die Kultur einwirke. Wir glauben, daß sie unwälvend und gefährlich, aber auch verheilungsvoll wirkt.

Wir stellen die Maschine nicht etwa in Gegensatz zur Kultur, wenn wir jetzt der alten Kulturlandschaft das Bild der neuen Maschinenlandschaft entgegensetzen. Dieser dritte Akt in der Gestaltung unseres Heimatlandes ist dadurch gekennzeichnet, daß viel gewaltigere Möglichkeiten, Kräfte und Geschwindigkeiten in den wirtschaftlichen und sonstigen kulturellen Prozeß einzugreifen begannen. Zu dem Zustande des Lebens in der alten Kulturlandschaft mit seinen alten Werkstoffen, mit seiner handgebundenen Wirkungsweise gesellt sich fast schlagartig eine weitere Reihe von Zuständen. Die Folgen der Anwendung der Kraft- und der Arbeitsmaschinen auf

allen Gebieten und die Verwendung neuer Werkstoffe hat in den letzten 150 Jahren eine Kluft zwischen der alten und der neuen Lebens- und Wirtschaftsweise aufgerissen. Über die gleichsam noch in die Natur eingebettete alte Kulturlandschaft hat sich nun sehr rasch die dritte große Landschaftsform, die Maschinenlandschaft ausgebreitet. Diese Landschaft hat sich sehr viel geschwinder entwickelt, als die alte Kulturlandschaft, die langsam aus der handgebundenen Kultur hervorging.

Wie ist unsere neue Arbeitsform zu kennzeichnen? Anstatt mit unseren Werkzeugen und Geräten unmittelbar an den zu erzeugenden Dingen selbst anzupacken, greifen wir an Teilstellen eines ungeheuren Apparates an, der durch Wissenschaft, Verkehr und Organisation in der Tat wie eine einzige zusammenwirkende Maschinerie sich darstellt. Alle Zusammenhänge in der Arbeit, der Wirtschaft, der Politik wurden verändert. Alle Möglichkeiten des Verkehrs, des Beförderns, der Warenerzeugung wurden unglaublich vermehrt. In den Ländern, ja, um den Planeten herum fegt ein Wirbel von Waren, Menschen, Nachrichten. Die Landschaft ist von Bahnstrecken, Fluglinien, asphaltierten Straßen umspinnen, von Industrien, Bahnhöfen, Arbeitersiedlungen bedeckt, vom Rhythmus der Maschine, der Vorschrift, der Fahrpläne, dem Zwange der Arbeitszeit wahrnehmbar mitgestaltet. Sieht es nicht so aus, als ob eine Nation eine Organisation, ein Büro geworden ist? Sämtliche Beziehungen der Menschen untereinander, sei es auf dem Lande oder in den Städten, im Beruf oder in der Erholungszeit sind von diesen gewaltigen Verschiebungen betroffen. Unsere Vorstellungen von Zeit und Raum, von Wirksamkeit, Leben und Arbeit, Besitz, Gesellschaft und Politik haben sich grundlegend gewandelt. Und diese rasche Wandlung unseres Zustandes hat viele Unsicherheiten und Gefahren im Gefolge gehabt.

So unheimlich schnell und bis ins letzte revolutionierend dieser Aufbruch der technischen Mächte uns heute erscheint, so sehr wir mit den Folgen dieser stürmischen Entwicklung zu ringen haben, sicher ist, daß diese letzten 150 Jahre einmal als einer der großartigsten und verheißungsvollsten Vorgänge der Weltgeschichte bewertet werden. Vielleicht wird man sie als den Ausgangspunkt eines völlig neuen Zeitalters, das sich von allen früheren Epochen insgesamt und auf allen Lebensgebieten unterscheidet, zu werten wissen. Das ist kein sträflicher Optimismus. Aber wir haben überall in Deutschland begonnen, uns aus der Betäubung durch die überall gärenden Krisen wieder zu einer männlichen und bejahenden Haltung durchzukämpfen. Sachlich, aber zugleich begeistert und von Idealen erfüllt, blicken wir auf dieses machtvolle Treiben, das die Europäer über die Welt brachten, das nun alle Völker zwingt, neue Formen des nationalen

Lebens zu erarbeiten. An der Heraufführung des neuen Weltzustandes sind nicht zum wenigsten deutsche Wissenschaftler und Techniker beteiligt gewesen, und wir erkennen stolz, daß sich auch in Deutschland in besonderem Maße das Gefühl der Verantwortung für die entfesselten technischen Gewalten regt. Wir stehen im Begriffe, in zugleich modernem und konservativem, nationalem und weltaufgeschlossenem Sinne die zukünftige Lebensform zu erarbeiten.

## Unser Verhältnis zum Wald bis zur Zeit nach dem Kriege

Im Zusammenhang mit solcher Zielsetzung tritt der Wald und sein Verhältnis zu Technik und Wirtschaft auf besonders lehrreiche Weise vor unser Auge. Wir erkennen daraus, wie mit dem Wandel der Ideen sich auch die Zustände verändern, wie große Bezirke unseres Bodens und unserer Arbeit in ein neues Wechsel- und Kräfte-spiel getreten sind. Und wie allmählich, ohne künstliche Zurückschraubung der technischen Entwicklung, Krisen abklingen können und die Lösung mancher Probleme sich ankündigt.

Stellen wir uns noch einmal vor das Bewußtsein: Als unser vorwiegend das Holz als Werkstoff benutzendes Volk in die wissenschaftlich-technische Zeit eingetreten war und sich außerordentlich vermehrte, hat die zunehmende Verwendung von Eisen und Kohle die Waldbestände gerettet. Aber trotz dieses Einflusses auf die Erhaltung der Wälder entwickelten sich Technik und Industrie als sehr selbständige Bereiche weiter, ohne besondere und unmittelbare Beziehung mit dem Boden, mit Feld und Wald. Die Ingenieure machten ihre Erfindungen und konstruierten. Man entwickelte die Industrie, der nationale und internationale Handel nahm zu. Gewiß stützte sich im Mechanismus der Volkswirtschaft auch wiederum ein Element in zunehmendem Maße auf das andere: Maschinen halfen dem Landwirt und dem Forstwesen, und das Holz wurde nach wie vor viel angewandt, wenn auch nicht mehr als der kennzeichnende Werkstoff der Technik. Der große wirtschaftliche Aufschwung, die Wissenschaft und die volkswirtschaftliche Vorsorge trugen, während die Maschinenindustrie vorwärtsdrang, zu einem großartigen Aufschwung auch des deutschen Forstwesens bei. Aber die beiden Gebiete standen eigentlich nur wie Bezugsquellen nebeneinander. Man dachte nicht weiter an ihre nationale oder soziale Schicksalsverbundenheit. Betrachtungen solcher Art überließ man den Nationalökonomern. Wie so vieles in Deutschland, standen auch diese beiden Berufsgebiete nur nebeneinander und waren sich fremd. Eine freundschaftliche und berufliche Berührung zwischen dem Forstwesen und dem Ingenieurwesen bestand eigentlich

nicht. Das Forstwesen stellte eine staatliche Verwaltungsarbeit mit sehr konservativem Einschlag dar. Natur- und Kameralwissenschaft, Wirtschaft, Beamtentum, Naturleben und Weidwerk vereinigten sich in diesem Beruf, der sich auffällig von dem des Ingenieurs unterschied. Auch das Volk geriet wohl kaum auf den Gedanken, eine innere Verbindung zwischen dem deutschen Wald und der sich auftürmenden Industrie zu suchen, deren Feld die ganze Welt war, die, von den Vorstellungen des Kapitals und der Freizügigkeit beherrscht, als ein phantastisches Sondergebilde heranwuchs. Die Wissenschaften, die Ideen der Organisation gingen auf gigantische Eroberungszüge aus. In solchem imperialistischen Vorgehen erblickte man die nationalen Werte. Und zweifellos steckte in diesem Zeitalter etwas Großartiges. Es war der Ausdruck dafür, daß der Mensch zum ersten Male das Werkzeug der Maschinenteknik ganz fest in die Hand bekommen hatte, sich daran begeisterte und diesen gesteigerten Kräften entsprechend zu handeln begann. Aber man schoß über das Ziel! Die neue Wirtschaft hatte die Völker von Grund auf umgewühlt und das Geschwader der sozialen Fragen in die Welt geschleudert. Man übersah Kräfte und Gegebenheiten, ohne welche die Völker aufs schwerste gefährdet waren.

Das so lange politisch gehemmte Deutschland holte von 1871 an in wenigen Jahrzehnten die technisch-wirtschaftliche Entwicklung der westeuropäischen Völker nach. Seine industrielle Bevölkerung verdoppelte sich, ballte sich in den Arbeitervierteln der Großstädte zusammen. Es ergab sich ein Mißverhältnis im Aufbau der Nation, und im Grunde wußte man dieser Entwicklung nur mit wirtschaftlichen Erwägungen und Klassenkämpfen zu begegnen, ohne den entscheidenden neuen Ansatz zu finden.

Freilich, in dieser Zeit blühte die deutsche Landwirtschaft, gedieh der deutsche Forst. Industrie und Handel brauchten sehr viel Holz. Man lieferte es — je mehr, um so besser — als Gruben- oder Bauholz, als Papierholz oder für Zündhölzer, und der Ingenieur lieferte Sägewerke, Papier- und Zündholzmaschinen. Hierdurch ergaben sich viele kaufmännische und technologische Beziehungen, aber trotzdem entstand zwischen den Berufen des Ingenieurs und des Forstmannes, zwischen Technik und Wald keine lebendige Verknüpfung. Man schien ohne ein solches Zusammenwirken auskommen zu können.

## Forstwesen und Technik reichen sich die Hand

Dann aber kam die Zeit nach dem Kriege. Auch in ihr schritt die Technik, vielfach unter dem Druck der Not, weiter. Dadurch spitzten sich die sozialen und seelischen Probleme immer mehr zu. Über die-

sen hochgespannten Zustand lagerten sich die unseligen Folgen des Weltkrieges und die Dinge mußten eine immer verhängnisvollere Wendung nehmen. Faßt man das alles in seiner Ungeheuerlichkeit so recht ins Auge, gewahrt man, daß die Völker, daß vor allem Deutschland in dieser Zerreißprobe immer noch standgehalten haben, so sieht das alles nicht nach Untergang, sondern nach Zähigkeit und Arbeitswillen aus. Da wir nicht untergegangen sind, da wir alle weiterdenken, weiterarbeiten, nicht nur den Rechenstab, sondern auch die Kräfte des Geistes, der Seele, des Charakters als Grundlagen unserer Zukunft hochzuschätzen beginnen, darum also, so will uns scheinen, schiebt sich allgemach allerhand zurecht. Vieles setzt sich bei uns ins rechte Verhältnis: Volk und Technik, Volk und Boden, Technik und Natur, Technik und Welt. Und bei diesem großen Vorgang ist wiederum das neugewonnene Verhältnis zwischen Wald und Technik höchst lehrreich.

Daß der Wald als Rohstoffquelle in so neuartige Beziehungen zur Technik tritt, daß die Technik ihrerseits auf die Gestaltung des Forstwesens, auf den wirtschaftlichen und nationalpolitischen Wert des Waldes mächtig zurückzuwirken beginnt, das beruht im wesentlichen auf drei Ursachenbereichen: Erstens auf jenem bereits erwähnten Ringen um neue Lebensmöglichkeiten und -formen, die uns das Bestehen und Vorwärtsschreiten als Volk in Europa und der Welt ermöglichen sollen, und wie es seinen Ausdruck in der nationalen Revolution fand; zweitens darin, daß die Erfindungen großer Chemiker und Ingenieure in weitgehendem Maße statt auf andere, zum großen Teil ausländische Rohstoffquellen, sich auf den deutschen Wald als Rohstoffgrundlage stützen; drittens: daß sich das Holz aus dem handwerksmäßigen Bereich als Werkstoff immer mehr auch in die höheren technischen Arbeitsgebiete begeben hat. Diese drei Entwicklungen haben im Laufe der letzten Jahre das Verhältnis von Wald und Technik verschoben, beide greifen viel inniger ineinander als früher.

Verweilen wir ein wenig bei dem ersten Ursachenbereich. Je mehr wir heute, in dieser von seelischen, wirtschaftlichen und politischen Verwicklungen und Krisen erfüllten Welt mit dem eigenen komplizierten Apparat von Technik und Wirtschaft auch dort, wo es nicht unbedingt notwendig erscheint, in das verwickelte Getriebe der ganzen Welt hinausgreifen, um so mehr laden wir alle diese Krisen des Geldes, der Produktion und der Politik auch auf uns selbst und gefährden die Möglichkeit des Anpackens und Gesundens. Die Abwehr solcher Verstrickung darf man nicht, wie es heute in der Welt so oft geschieht, mit engstirnigem Abschluß vor der Welt verwechseln. Man muß die Weltoffenheit wünschen, wo sie hingehört, aber man darf sie nicht mit einem wilden Geschäftemachen überall dort, wo sich nur die Gelegen-

heit bietet, verwechseln. Man darf ihr nicht die Heimat opfern. Weil wir die Welt und die Heimat anders zu sehen begonnen haben, weil wir die Wirtschaft vereinfachen wollen, ohne auf die großartigen Hilfsmittel der Technik zu verzichten, darum tasten und suchen wir nach Mitteln und Wegen, aus unserem Land, unserem Boden auch so viel wie irgend möglich die Hilfsmittel zu gewinnen für unsere Arbeit, unser Brot, unsere Unabhängigkeit.

Der zweite Ursachenbereich, derjenige der Erfindungen, steht zweifellos in manchem offenen und verborgenen Zusammenhang mit dem ersten Gebiet. Die wissenschaftliche Leistung allein genügt nicht. Sie muß auch von den Kräften des Volkes, von den Strömungen des Zeitalters getragen werden, um praktisch verwertet werden zu können. Aus den Forderungen des Zeitalters beginnen sich nunmehr die großen Pläne unserer chemischen und technischen Erfinder zu verwirklichen. Und zwar treten Entwicklungen auf allen Verwertungsgebieten des Holzes ein, die berufen sind, ein ganz enges Band um Technik und Forstwesen zu schlingen und das wirtschaftliche und soziale Bild Deutschlands tief zu beeinflussen. Mit den Verfahren von Bergius und Scholler gewinnen wir aus Holz Zucker, der zur Ernährung der Haustiere dient und auf diese Weise auch ein Ernährungsmittel des Volkes zu werden beginnt. Wir verwandeln ferner das Holz in Fasern, spinnen und weben daraus unsere Kleider. Wir gewinnen Kraftstoffe flüssiger und gasförmiger Art und werden unabhängiger von den Ölquellen des Auslandes. Schließlich nimmt die Bedeutung des Holzes als Grundlage vieler chemischer Auszugsstoffe zu.

Die dritte große Ursache der Annäherung zwischen Wald und Technik besteht darin, daß das Holz zu seiner alten Bedeutung als handwerksmäßiger Werkstoff immer mehr den Rang eines Werkstoffes auch der wissenschaftlichen Technik gewinnt, und als solcher bei allen möglichen Konstruktionen, im Bauwesen, im Flugwesen und so weiter zunehmende Verwendung findet.

Was wir heute erleben, ist somit nichts anderes als eine gewaltige Einbeziehung des Holzes in den schöpferischen Prozeß der deutschen Technik. Der Wald aber ist eines der wichtigsten volkheitlichen Elemente unseres Daseins, und durch seine Vermittlung gewinnt die Technik neue Berührung mit dem Volkstum und den schaffenden Kräften nicht nur, wie bisher, der Werkstatt und des Bergwerks, sondern der Erde, des Bodens. Das Holz aber dringt in den weiten Bereich der wissenschaftlichen Technik ein, es erobert sich einen neuen Rang neben den mineralischen Grundlagen der Technik, wie sie das neunzehnte Jahrhundert schuf. Daß die Technik wieder in engste Berührung zum Walde, zu einem aus unserer Erde wachsenden, leben-

digen Element gerät, welches der Pflege und Wartung der Generationen bedarf, kann nicht ohne große Folgen für unser nationales, soziales und wirtschaftliches Dasein bleiben. Der Wald, den wir selbst, und den ein freundliches Schicksal uns in dieses Zeitalter hinüberrettete, ist berufen, der gesunde Regler unserer Arbeit und unserer Wirtschaft zu werden. Ingenieur und Forstmann werden sich im Zusammenspiel der ihnen anvertrauten Güter und Kräfte immer mehr begegnen. Sie arbeiten beide für die Gesundung des Volks, für die Macht unserer Wirtschaft, für das ewige Gut unserer Freiheit.

Die Abb. auf den Seiten 6, 7, 11 und 13 sind von der Arbeitsgemeinschaft Holz, Berlin, freundlichst zur Verfügung gestellt worden.

## Aus dem Deutschen Museum

### Neuzugänge 1933/34

Im Berichtsjahr sind den meisten Gruppen des Museums wiederum in äußerst dankenswerter Weise Stiftungen wertvoller Originalapparate, Maschinen und Modelle zugegangen. Der zur Aufstellung erforderliche Raum mußte zum Teil durch Ausscheiden älterer, für die Entwicklung nunmehr weniger wichtiger Gegenstände in die nach den Museumsgruppen geordneten Lager gewonnen werden. Einige der bedeutenderen Zugänge sollen nachstehend aufgeführt werden.

Eine besonders wertvolle Bereicherung erhielt die „physikalische Abteilung“ durch das von der Firma Carl Zeiß, Jena, nach Angaben von Professor Joos konstruierte Interferometer mit 21 m Lichtweg, mit welchem im Jahre 1930 der bekannte Michelson-Versuch wiederholt wurde. Der Joos-Zeiß-Apparat ist ein Beispiel höchster mechanischer und optischer Präzision, wie sie bisher bei keinem anderen physikalischen Gerät erreicht wurde. So ist z. B. das Achsenkreuz mit 2 m langen Armen aus Quarzglas hergestellt, da dieser Werkstoff die geringste Längenänderung mit der Temperatur zeigt. Das Achsenkreuz, welches die Spiegel für die mehrmalige Reflexion des Lichtstrahles trägt, ist an Hunderten von Schraubenschrauben schwebend aufgehängt. An Stelle der Augenbeobachtung trat die photographische Registrierung. Durch diese höchste Präzision ist eine Meßgenauigkeit erzielt worden, welche die des Originalapparates von Michelson um das Zehnfache übertraf.

In der Gruppe „Mechanik“ gingen ein Modell des Schulerschen Ausgleichpendels, ein Torsiograph von R. Dörfel sowie eine Reihe von Demonstrationsapparaten mit dem Maeysschen Kraftmesser zu.

Die bereits jetzt schon sehr reichhaltige Darstellung der Entwicklung der Röntgenröhre erfuhr durch eine aus dem Nachlaß von Professor Walkhoff, Berlin, stammende Sammlung frühester Röhren (1895/96) eine weitere Bereicherung.

In der Gruppe „Telegraphie“ kam ein Blattschreiber von C. Lorenz, sowie das Original der ersten Vergleichsleitung von Breisig zur Aufstellung.

Eine vielseitige Ergänzung erfuhr die Gruppe „Drhtlose Telegraphie“ durch Aufstellung kennzeichnender neuzeitlicher Rundfunk-Empfangsgeräte von Telefunken, Siemens, Lorenz, Loewe, den Idealwerken, der Saba usw. Auch die Sammlung der Empfängerröhren, Gleichrichter sowie wichtige Einzelteile, wie Bandfilter, Hochfrequenz-Transformatoren und Drosseln mit Ferrocarr-Kernen wurden weiter ergänzt. Bemerkenswert sind hier auch die neuen Kondensatoren mit keramischen Isolierstoffen, die bei ihren äußerst



geringen Verlusten selbst bei Höchsthfrequenz dazu berufen sind, die aus dem Ausland eingeführten Isolierstoffe (z. B. Glimmer) vollwertig zu ersetzen.

Die Wirkung des Störschutzes bei Ventilatoren, Klüngeln, Staubsaugern, Schaltern kann an einer Reihe von Siemens & Halske gestifteten Geräten, die an einen Rundfunkempfänger angeschlossen sind, hörbar und mit Hilfe eines Oszillographen auch sichtbar vorgeführt werden.

Auch für die Gruppe „Optik“ konnte eine Reihe älterer und neuerer Objekte gewonnen werden: ein aus dem Nachlaß von Dr. G. Kerschensteiner stammendes Originalfernrohr von Dolland, ein Kirchhoffscher Spektralapparat von C. A. Steinheil 1872, ein Mikropolychromar von C. Zeiß, ein Schmalfilm-Aufnahmeggerät und ein Schmaltonfilm-Wiedergabeapparat von Siemens & Halske.

In der Gruppe „Fernsehen“ wurde neben der ersten von v. Ardenne im Jahre 1931 zu Fernsehversuchen verwendeten Kathodenstrahlröhre die größte bis jetzt hergestellte Röhre mit 45 cm Durchmesser der Fluoreszenzfläche — eine Ausführung und Stiftung des Reichspostzentralamtes Berlin — aufgestellt. Die Spiegelschraube der Tekade-Nürnberg wurde betriebsfähig eingebaut.

Ein wertvoller Neuzugang der Gruppe „Akustik“ stellt die Plattenaufnahmemaschine von G. Neumann, Berlin, dar, in welcher mit einer elektromagnetisch betriebenen Nadel Schallaufnahmen in Wachs geschnitten und mit einer elektromagnetischen Hördose abgehört werden können.

In der „chemischen Abteilung“ gelangte das neuentdeckte schwere Wasser (Deuteriumoxyd) mit einer Demonstration seines vom gewöhnlichen Wasser abweichenden Dampfdruckes zur Aufstellung. Der Saal „Organische chemische Industrie“ erfuhr eine Neugestaltung; das von der I.-G. Farbenindustrie Aktiengesellschaft gestiftete große Modell „Vom Steinkohlen-teer zum Teerfarbstoff“ wurde übersichtlicher angeordnet, eine Sammlung chemischer Hilfsstoffe für die Textil- und Lederindustrie kam neu zur Aufstellung.

In der Abteilung „Bergwesen“ wurde eine Anzahl durch Tiefbohrung gewonnener besonders schöner Bohrkerne (Steinkohle, Kreide, Sandstein, Dolomit, Steinsalz usw.) aufgestellt, wie sie bei der bergmännischen Untersuchung von nutzbaren Lagerstätten aus dem Innern des „Gebirges“ gewonnen werden.

In der Abteilung „Schiffbau“ fand ein von Dr. h. c. Behm konstruiertes akustisches Echolot zur Messung der Meerestiefen, in der „Flugtechnik“ ein solches zur Messung der Flughöhe eines Zeppelin-Luftschiffes Aufnahme. Eine weitere wichtige Bereicherung der Flugtechnik stellt das erste, im Jahre 1919 gebaute Leichtflugzeug „Klemm-Daimler L 15“ mit 18 PS-Motor dar, welches den Ausgangspunkt für die Entwicklung der Leichtflugzeuge in der ganzen Welt bildete.

In der Gruppe „Kraftwagen“ fand als Stiftung des Führers und Reichskanzlers der Rückstoßversuchswagen sowie der Raketenschlitten Aufstellung, welche der Münchener Raketenforscher Valier zu seinen Vorversuchen über den Raketenflug benützt hat.

*Der Saal Bausteine* erhielt durch die vom Verband deutscher Portlandzementfabriken gestiftete Darstellung der Gewinnung und Anwendung des Zementes seinen Abschluß.

Auf Anregung des Führers und Reichskanzlers wurde eine besondere Schau über die in Deutschland vorkommenden Bausteine: Marmor, Sandstein, Granit, Syenit usw. eingerichtet; die Schau wurde am 1. April d. J. vom Führer im Anschluß an seinen Besuch des Kongreßsaales besichtigt.

In der Gruppe „Hochbau“ wurde das Modell der Kuppelkonstruktion der Münchner Frauenkirche und das Schnittmodell eines englischen Reihenhauses aus dem Jahre 1860 aufgestellt.

Die „elektrotechnische Abteilung“ wurde durch eine betriebsfähige Punktschweißmaschine mit Gleichrichtersteuerung der Allgemeinen Elektrizitäts-Gesellschaft sowie durch ein Vorführungsmodell für die Gittersteuerung von Quecksilberdampfgleichrichtern von Siemens bereichert.

In der Gruppe „Badewesen“ kamen ein Diorama des Badelebens im Nordseebad Norderney und ein Modell des Heilbades in Ems — beides Erzeugnisse der Museumswerkstätten — zur Aufstellung.

Der bereits im verflossenen Jahre in Angriff genommene Saal Molkereiwesen in der „landwirtschaftlichen Abteilung“ wurde durch Aufstellung eines maschinellen Butterfertigers für Großmolkereien zum Abschluß gebracht.

Dr. Fuchs

# Neuzeitliche Kernphysik und künstliche Umwandlung der Elemente

Von *Eduard Rüdhardt*, München \*)

## Einleitung

Auf der großen Schaubühne der physikalischen und chemischen Forschung, auf der die handelnden Gestalten die Atome der 92 chemischen Elemente sind, spielt sich in den letzten Jahren ein fast erschreckend schnelles Geschehen von größtem Ausmaß ab. Freilich muß man versuchen, sich in die fremdartige Welt des Atoms von kleinstem Raum und größter Energieaufspeicherung ein wenig hineinzudenken, wenn man die Handlung dieses gewaltigen Schauspiels verstehen will.

Die Begriffe und Worte, die der Physiker sich gebildet hat, um sich in dem oft dunklen und rätselhaften Irrgarten dieser eigenartigen Welt zurechtzufinden, sind Ausdruck und Kurzschrift eines umfangreichen Erfahrungsgutes, das in mühevoller, messender Arbeit der letzten 50 Jahre gesammelt worden ist. So verbindet sich mit ihnen für den Fachmann ein bestimmter, reichhaltiger, aber wohlumgrenzter Sinn. Nur die genaue Kenntnis dieses Sinnes berechtigt mit Wesenheiten und Geschehnissen, die unserer unmittelbaren Wahrnehmung entzogen sind, so umzugehen, als handle es sich um vertraute Dinge unserer Umgebung. Erst der immer mehr verfeinerten Experimentierkunst der letzten Jahrzehnte ist es gelungen, die Wirkung der Einzelvorgänge des atomaren Geschehens in einigen Fällen bis an die sinnliche Wahrnehmung heranzuführen. Die Vorstellungen über die Welt des Atoms, die man sich aus dem physikalischen Verhalten der Materie auf Grund mittelbarer Schlußfolgerungen gebildet hatte, sind durch die Einblicke in diese Einzelvorgänge in wunderbarer Weise bestätigt und ergänzt worden, so daß uns heute manche Einzelheiten des atomaren Geschehens fast so anschaulich erscheinen, wie das Spiel der Kugeln auf dem Billard.

\*) Der Verfasser ist planmäßiger a. o. Professor für Experimentalphysik an der Universität München.

## I. Grundlagen des Atombaues

### 1. Das Elektron und die Elektronenhüllen der Atome

Aus zahlreichen Versuchen, bei denen aus der elektrisch ungeladenen Materie, den neutralen Atomen und Molekülen, durch Abspaltung negativer Ladungen positive Atome und Moleküle, die man Ionen nennt, geschaffen werden, schloß man, daß die Atome zusammengesetzte Gebilde sind und Elektronen, kleinste atomistische Elementarladungen negativer Elektrizität, als Bausteine enthalten. Vor allem war es die Untersuchung der Kathodenstrahlen und der elektrischen Aufladung und Entladung kleiner Öltröpfchen von ultramikroskopischer Größe, welche uns die genauen Kenntnisse über das Wesen der Elektronen vermittelte.

Sie erwiesen sich als negative Ladungen von der bestimmten sehr kleinen Größe  $1,59 \cdot 10^{-19}$  Coulomb und von einer Masse, die nur  $1/1840$  der Masse des leichtesten aller Atome, des Wasserstoffatoms, beträgt. Die Masse des Wasserstoffatoms hat selbst schon die unvorstellbar kleine Größe von 1,66 quadrillionstel Gramm ( $1,66 \cdot 10^{-24}$  g). Während der Durchmesser der Atome von der Größenordnung einiger zehnmillionstel Millimeter oder, wie man bequemer sagt, einiger Ängströmeinheiten ist, muß das Elektron noch etwa hunderttausendmal kleiner sein.

Aus solchen Elektronen sind die äußeren, leicht verletzlichen Hüllen der Atome wie aus einer dünnen Wolke gebildet. Die Abtrennung eines Elektrons, die Ionisierung des Atoms durch die Einwirkung von Röntgenstrahlen oder Kathodenstrahlen, durch hohe Temperaturen und durch viele andere Mittel, bedeutet nur eine leicht heilbare Verletzung, die keine dauernde und allzugrundlegende Veränderung im chemischen oder physikalischen Verhalten der Atome zur Folge hat. Die gesamte Chemie der Atome, aber auch ihre optischen Spektren, das heißt das Licht, das sie aussenden, wenn sie zum Leuchten erregt werden, und die charakteristischen Röntgenspektren lassen sich als Vorgänge in der Elektronenhülle deuten. Die Erforschung dieser Erscheinungen vermittelte denn auch in immer steigendem Maße genaue Kenntnisse über die Eigenschaften der äußeren Gebiete der verschiedenen Atome. Vor allem erwies sich, daß jede Atomart so viele Elektronen in der äußeren Hülle enthält als die Ordnungszahl des Elementes, dem die Atomart zugehört, im periodischen System der Elemente bei fortlaufender Numerierung beträgt, beginnend mit Wasserstoff Nr. 1 bis Uran Nr. 92.

### 2. Die Atomkerne

Da die Atome der Materie als Ganzes ungeladene Gebilde sind, erhob sich die Frage nach dem Ort der positiven Ladungen im Atom, welche die negative Ladung der Elektronenhülle neutralisieren, und

nach dem Sitz der gesamten Masse, von der die Elektronenhülle ja nur einen fast verschwindenden Teil enthält. *P. Lenard* fand als erster einen Weg zu ihrer Beantwortung.

Er schoß schnelle Elektronen, Kathodenstrahlen von einer Geschwindigkeit, die nur noch wenig hinter der Lichtgeschwindigkeit zurückblieb, durch Gase und dünne Metallschichten und beobachtete die Abnahme der Zahl und Geschwindigkeit der Elektronen auf ihrem Wege. Es zeigte sich, daß diese äußerst schnellen Elektronenstrahlen die Materie fast ohne Verlust an Zahl und mit nur langsam abnehmender Geschwindigkeit durchqueren. *Lenard* zog hieraus den wichtigen Schluß, daß der Rauminhalt des ganzen Atoms fast leer ist und nicht nur die negativen, sondern auch die positiven Ladungen und die Maße einen äußerst kleinen Teil des Atomraumes einnehmen. In einem Kubikmeter Platin beträgt das undurchdringliche Volumen der eigentlichen Kraftzentren etwa die Größe eines kleinen Schrotkornes. Das was sich für uns als Raumerfüllung dieses anscheinend so dichten

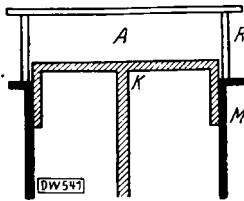


Abb. 1. Wilsonsche Nebelkammer

- M Metallzylinder
- K Kolben
- R Glasdeckel
- A Expansionsraum

Stoffes bemerkbar macht, ist nur eine Folge der elektrischen Kraftwirkung der geladenen, fast verschwindend kleinen Elementarbausteine der Atome.

Sehr günstige Versuchsbedingungen erzielten *Rutherford* und seine Schüler, als sie anstatt Kathodenstrahlen die Alphastrahlen radioaktiver Stoffe zu solchen Untersuchungen benutzten. Während die Größe dieser raschen Geschosse von der gleichen Größenordnung ist, wie die der Elektronen, besitzen die  $\alpha$ -Teilchen eine positive Ladung von zwei Elementarladungen und eine Masse, die 7200 mal größer ist. Ihre Geschwindigkeit beträgt einige 10 000 km in der Sekunde, also ungefähr ein Zehntel der Lichtgeschwindigkeit. Beim Durchgang durch Gase erzeugen sie eine große Zahl von Ionen. Wir erläutern den Unterschied im Verhalten eines Elektrons und eines  $\alpha$ -Teilchens beim Durchgang durch Materieschichten sogleich durch ein besonders anschauliches Verfahren.

Es gibt kein übersichtlicheres und einfacheres Hilfsmittel zur Untersuchung der Wechselwirkung zwischen derartigen Korpuskularstrahlen und Atomen als die Wilsonsche Nebelkammer, Abb. 1. Sie besteht aus einem zylindrischen Metallgefäß M mit einem Glasdeckel R

und mit einem luftdicht schließenden Kolben  $K$  als Boden, der durch Federkraft oder mit Hilfe eines Unterdruckes rasch abwärts bewegt werden kann. In der Kammer befindet sich mit Wasserdampf gesättigte Luft. Bei der Abwärtsbewegung des Bodens wird der Innenraum der Kammer  $A$  plötzlich vergrößert. Die hierdurch bedingte Abkühlung des Gasinhaltes führt zu einer Übersättigung der Luft mit Wasserdampf und zu Nebelbildung in der Kammer. Die Bildung von

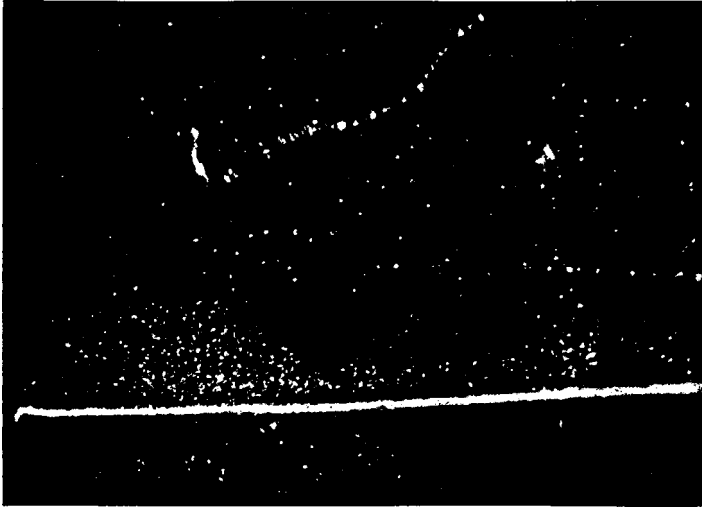


Abb. 2. Nebelspur eines Elektrons (oben)  
und eines  $\alpha$ -Teilchens (unten)

Nebel hat allerdings das Vorhandensein von Kondensationskernen, kleinen Fremdkörpern, Rauch- oder Staubeilchen zur Voraussetzung. Ist die Luft in der Kammer ganz rein, so bleibt die Nebelbildung aus. Als Kondensationskerne können, wie die Erfahrung zeigt, aber auch Ionen dienen. Läßt man demnach schnelle Kathodenstrahlen oder  $\alpha$ -Strahlen in die mit staubfreier, feuchter Luft gefüllte Nebelkammer eintreten und erzeugt dann eine Übersättigung, so bilden sich die kleinen Nebeltröpfchen an den entstandenen Ionen und kennzeichnen als feine Nebelspuren genau den Weg der einzelnen Strahlteilchen, etwa wie der Schußkanal in einer dicken Holzbohle den Weg eines Infanteriegeschosses erkennbar macht. Die Breite der Nebelspur, also gewissermaßen die Weite des Schußkanals, ist aber ungefähr 100 Milliarden mal größer als die Größe der subatomaren Geschosse selbst.

Abb. 2 zeigt oben die Nebelbahn eines mittelschnellen Elektrons, unten die eines  $\alpha$ -Teilchens. Abb. 3 zeigt die Bahnen vieler  $\alpha$ -Teilchen. Die Spuren der  $\alpha$ -Teilchen unterscheiden sich von denen der Elektronen erstens durch die größere Breite und Tropfendichte, zweitens durch die völlige Geradlinigkeit. Die Spur des Elektrons ist dagegen vielfältig gekrümmt. Die Nebelbildung auf der Spur des  $\alpha$ -Teilchens ist sehr viel dichter, weil es auf dem gleichen Wege viel mehr Ionen

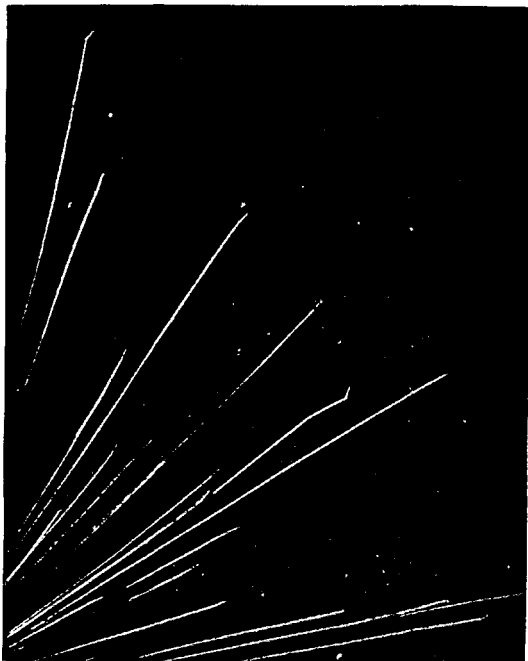


Abb. 3. Nebelspuren von  $\alpha$ -Strahlen

bildet als das Elektron. Es durchquert auf seinem Wege Hunderttausende von Atomhüllen und schlägt aus ihnen die leichten Elektronen heraus. Wegen seiner großen Masse wird es dabei selbst ebensowenig aus seiner geradlinigen Bahn geworfen, wie eine schwere Kugel, die man auf eine 7000 mal leichtere aufprallen läßt. Die Bewegungsenergie des  $\alpha$ -Teilchens wird aber allmählich durch den Arbeitsaufwand bei der Ionisierung verbraucht, so daß die Bahn schließlich ihr Ende findet. Die Reichweite eines  $\alpha$ -Teilchens ist deshalb um so größer, je größer seine Bewegungsenergie ist und beträgt in Luft

von Atmosphärendruck mehrere cm. Man kann aus der Reichweite die Geschwindigkeit ermitteln. Die Bahn eines Elektrons mit seiner kleinen Masse wird dagegen durch die elektrische Kraftwirkung der geladenen Atombausteine je nach seiner Geschwindigkeit mehr oder weniger stark gekrümmt. Das Elektronengeschöß muß sich gewissermaßen durch die Atomhüllen hindurchschlängeln, und nur solange es sehr schnell ist, wird auch seine Bahn fast geradlinig. Von besonderer Bedeutung ist nun folgendes: Man bemerkt bisweilen, meist gegen Ende der  $\alpha$ -Spuren, einmalige scharfe Abbiegungen um recht große Winkel, welche zeigen, daß das  $\alpha$ -Teilchen in seltenen Fällen nahe an einem elektrisch hochgeladenen Kraftzentrum vorüberfliegt.

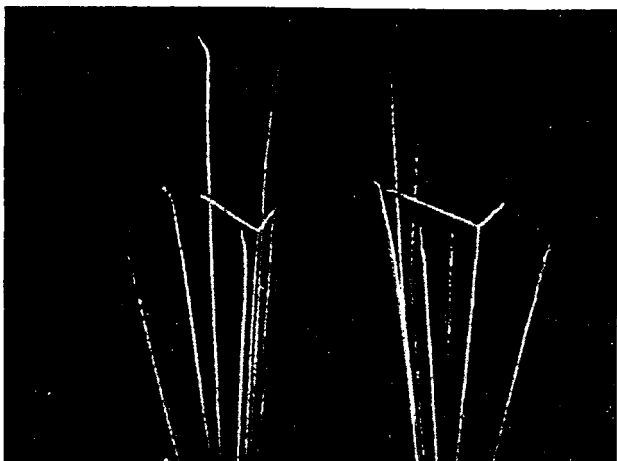


Abb. 4. Zusammenstoß eines  $\alpha$ -Teilchens mit einem Sauerstoffatom.  
Kürzere Bahn: Rückstoßbahn eines Sauerstoffatoms

Die Tatsache, daß das schwere  $\alpha$ -Teilchen hierbei aus seiner geraden Bahn herausgeworfen wird, beweist, daß auch die Masse, die in dem Kraftzentrum vereinigt ist, groß sein muß. Abb. 4 zeigt einen sehr heftigen derartigen Zusammenstoß eines  $\alpha$ -Teilchens mit einem Sauerstoffatom. Das Sauerstoffatom hat beim Stoß selbst eine genügende Geschwindigkeit erhalten, um Ionen zu bilden. So kommt die Gabelung in der Nebelspur zustande. Aus den Spurlängen und den Winkeln zwischen der ursprünglichen Richtung des Geschosses und den Gabelzinken kann man die Masse des gestoßenen Atoms ermitteln. Es sind dieselben einfachen Gesetze, die wir vom Stoß der Billardkugeln her kennen, die hier gelten. Die lange Zinke ist die Spur des abgelenkten  $\alpha$ -Teilchens, die kurze gehört dem Sauerstoffatom an.



Die genaue Untersuchung dieser sogenannten Einzelstreuung der  $\alpha$ -Strahlen durch *Rutherford* und seine Schüler führte zu dem grundlegenden Ergebnis, daß im Zentrum der Elektronenhülle auf äußerst kleinem Raume fast die ganze Masse des Atoms vereinigt ist. Dieser zentrale „Atomkern“ besitzt genau die gleiche positive Kernladung wie die gesamte negative Ladung der Hüllenelektronen, so daß das Atom als Ganzes ungeladen erscheint. Die Beobachtungen bewiesen eindeutig, daß die starke ablenkende Wirkung des Kerns auf das  $\alpha$ -Teilchen, das wir soeben im Nebelbild betrachtet haben, nach dem gewöhnlichen Coulomb'schen Kraftgesetz der Elektrostatik erfolgt, nämlich verhältnisgleich den Ladungen und umgekehrt verhältnisgleich dem Quadrat des Abstandes von Kern und  $\alpha$ -Teilchen. Die Kernladungszahlen von verschiedenen Atomen ließen sich hieraus ermitteln. Beim Aluminiumatom fand sich z. B. die Kernladung gleich 13 positiven Elementarladungen, beim Platin 78, beim Gold 79, und gerade so groß ist auch die Zahl der negativen Hüllenelektronen und die Ordnungszahl der betreffenden Elemente im periodischen System von *Mendelejeff*.

Bei nahezu zentralem Stoß eines  $\alpha$ -Teilchens auf einen Atomkern, d. h. bei Ablenkungen unter großen Winkeln von fast  $180^\circ$ , zeigten sich bei verhältnismäßig leichten Atomen Unstimmigkeiten zwischen Rechnung und Erfahrung, aus denen man schließen konnte, daß das Coulombsche Kraftgesetz nur bis zu Abständen von etwa  $10^{-12}$  bis  $10^{-13}$  cm (ein Zehntausendstel bis ein Hunderttausendstel Ångströmeinheiten) vom Kernmittelpunkt Geltung hat. Höchstens von dieser Größe kann deshalb die Ausdehnung der Atomkerne sein. Die Größe des Kerns verhält sich demnach zu der des ganzen Atoms etwa wie ein Stecknadelkopf zu einem großen Saal.

Die physikalischen Eigenschaften dieser innersten Atomkraftzentren sind es, mit denen wir es im folgenden ausschließlich zu tun haben werden. Auch sie erweisen sich als zusammengesetzte Gebilde, deren Erforschung die Aufgabe der neuzeitlichen Kernphysik ist.

## II. Grundlagen der Kernphysik

### 1. Die Radioaktivität

Die Entdeckung der radioaktiven Elemente und die Erforschung ihrer Eigenschaften hatte zum ersten Male erstaunliche Tatsachen ans Licht gebracht, die sich in diesen verborgenen Bereichen des Atominnern, in den Atomkernen abspielen. Bei den von selbst vor sich gehenden, radioaktiven Explosionen dieser unbeständigen Atomarten lernte man zuerst wirkliche Umwandlungen von Elementen kennen, die mit grundlegenden Umlagerungen der Kernbestandteile unter gewaltigen Energieausbrüchen erfolgten und durch äußere Mittel nicht beeinflusst werden konnten.

Drei Strahlenarten waren es, die bei dem radioaktiven Atomzerfall die Kernexplosionen kenntlich machten: Die uns schon bekannten  $\alpha$ -Strahlen, die sich als Kerne der Heliumatome erwiesen, sehr schnelle Elektronen, die man  $\beta$ -Strahlen nannte, und  $\gamma$ -Strahlen, eine äußerst kurzwellige, elektromagnetische Wellenstrahlung. Durch Ausschleudung eines  $\alpha$ - oder  $\beta$ -Teilchens, häufig unter Begleitung von  $\gamma$ -Strahlung, wandelt sich ein Atom eines radioaktiven Elementes in das eines anderen ebenfalls radioaktiven Elementes um. So entstehen die verschiedenen Elemente der drei bekannten radioaktiven Reihen, der Uran-, Actinium- und Thoriumreihe als Kinder und Kindeskinde ihrer Urahnen, des Urans, des Protactiniums und des Thoriums, der drei schwersten Elemente im periodischen System.

Da die radioaktiven Strahlen die Luft stark ionisieren, konnte man den zeitlichen Verlauf dieses Atomkernzerfalls in einer bestimmten Ausgangsmenge durch die zeitliche Änderung der ionisierenden Wirkung genau verfolgen.

Die Ursache des radioaktiven Zerfalls ist uns im einzelnen nicht bekannt. Es ist vollkommen dem Zufall unterworfen, ob z. B. ein bestimmtes Atom des Radiums in der nächsten Sekunde oder erst nach vielen tausend Jahren explodiert. Da aber selbst in einer sehr kleinen Menge eines Stoffes eine ungeheuer große Zahl von Atomen enthalten ist, ist der zeitliche Ablauf des radioaktiven Zerfalles, den man beobachtet, durch einfache Wahrscheinlichkeitsgesetze geregelt, ähnlich wie die Sterblichkeit einer großen Menschenmenge. Nach einer bestimmten Zeit ist nur noch die Hälfte der Anfangsmenge vorhanden, wie man an der Abnahme der ionisierenden Wirkung auf den halben Wert feststellen kann, nach einem weiteren Verlauf der gleichen Zeit nur mehr ein Viertel und abermals nach der gleichen Zeit nur mehr ein Achtel und so fort. Die immer gleichbleibende Zeit, in der die Hälfte der gegebenen Menge eines radioaktiven Stoffes sich umwandelt, bezeichnet man als seine Halbwertszeit. Sie ist kennzeichnend für ein bestimmtes radioaktives Element. Die mittleren Lebensdauern der verschiedenen radioaktiven Elemente unterscheiden sich sehr stark. Das Uran hat eine Halbwertszeit von mehreren Milliarden von Jahren, das Radium von 1580 Jahren, das Polonium von 136,5 Tagen, die Thoriumemanation von nur 54,5 Sekunden. Manche radioaktive Elemente sind so unbeständig, daß ihre Halbwertszeiten nur ganz kleine Bruchteile von Sekunden betragen. Sehr lange und sehr kurze Halbwertszeiten lassen sich natürlich nur auf mittelbarem Wege, also nicht durch direkte Messung ermitteln.

## 2. Vorläufiges über die Kernbausteine

Heliumkerne und Elektronen, die als  $\alpha$ - und  $\beta$ -Strahlen aus den radioaktiven Atomen ausgeschleudert werden, schienen hiernach Bau-

steine der Kerne schwerer Atome zu sein. Beim selbständigen radioaktiven Zerfall werden merkwürdigerweise niemals die leichtesten und denkbar einfachsten positiven Kerne, die des Wasserstoffatoms mit der Kernladungszahl 1 ausgeschleudert. Diese Elementarteilchen, die man „Protonen“ nennt, lernte man als Bausteine schwererer Kerne erst kennen, als die erste Atomzertrümmerung auf künstlichem Wege gelang. Es lag nahe, anzunehmen, daß Protonen und Elektronen die letzten Bausteine der Atomkerne sind. Auch das  $\alpha$ -Teilchen ist nach dieser Vorstellung ein zusammengesetztes Gebilde aus vier Protonen und zwei Kernelektronen. Es besitzt dann das Atomgewicht 4 und die positive Kernladungszahl 2, wie es dem Heliumkern, dem zweiten Element in der Reihe des periodischen Systems, gebührt. Zwei äußere Hüllenelektronen vollenden den Aufbau des Heliumatoms. Alle schwereren Kerne kann man sich in entsprechender Weise aus Protonen und Elektronen aufgebaut denken; doch werden wir später sehen, daß diese Auffassung durch die Auffindung weiterer elementarer Kernbausteine in neuerer Zeit ein wenig abgeändert werden mußte.

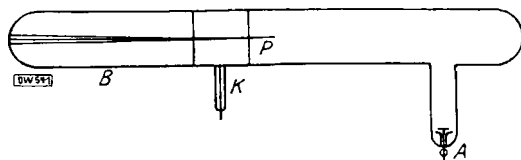


Abb. 5. Kanalstrahlrohr

K Kathode  
A Anode  
P Kanalstrahlspitze  
B Beobachtungsraum

Der Gedanke, daß Wasserstoffatome die letzten Bausteine der schweren Atome sind, ist schon im Jahre 1815 von *Prout* ausgesprochen, jedoch bald von der Chemie zunächst wieder aufgegeben worden. Die mit immer steigender Genauigkeit ausgeführten Atomgewichtbestimmungen der Chemiker zeigten nämlich, daß die Atomgewichte der Elemente keineswegs genau ganze Vielfache des Atomgewichts des Wasserstoffs sind, wie nach der Vorstellung von *Prout* zu erwarten wäre. Setzt man, wie üblich, das Atomgewicht des Sauerstoffs gleich 16, so ist, um einige Beispiele zu geben, das des Wasserstoffs nicht genau 1, sondern 1,008, das des Chlors 35,46, das des Neons 20,2, das des Kohlenstoffs dagegen fast genau 12. Erst die Entdeckung der „isotopen“ Elemente klärte diese Verhältnisse auf und brachte eine große Bereicherung unserer Kenntnisse über den Kernaufbau.

### 3. Die Auffindung der isotopen Atomarten

Abb. 5 zeigt ein Glimmentladungsrohr aus Glas mit der Kathode *K* und der Anode *A* aus Metall. Es ist mit irgendeinem Gas von geeignetem niedrigen Druck gefüllt. Bei der Anlegung einer hohen elektrischen Spannung gehen von der negativen Elektrode *K* Kathodenstrahlen aus. Sie bestehen, wie wir schon wissen, aus Elektronen,

welche durch die hohe Spannungsdifferenz, die hauptsächlich in der Nähe der Kathode herrscht, beschleunigt werden. Die positiven Ionen, die durch die Kathodenstrahlen erzeugt werden, werden in entgegengesetzter Richtung auf die Kathode zu beschleunigt und treten durch eine Bohrung in der Kathode als sogenannte Kanalstrahlen in einen von elektrischen Kräften freien Raum *B* hinein, wo sie unter Umständen als leuchtendes Bündel sichtbar werden. Diese Kanalstrahlen bestehen also zum Teil aus positiv geladenen Atomen und Molekülen verschiedener Art, die dem Füllgas und dem Elektrodenmetall entstammen. Man kann heute derartige Kanalstrahlen fast aller Elemente erzeugen. Bei Entladungsspannungen von 20 bis 30 kV beträgt ihre Geschwindigkeit 100 bis 1000 km je Sekunde, doch baut man jetzt schon Anordnungen für viel größere Geschwindigkeiten, bei denen die beschleunigenden Spannungen mehrere Millionen Volt betragen.

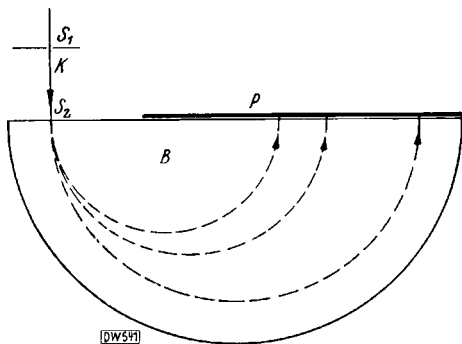


Abb. 6. Grundzüge eines neuzeitlichen Massenspektrographen

*S*<sub>1</sub>, *S*<sub>2</sub> Spalte  
*K* Kanalstrahl  
*B* Beobachtungsraum  
*P* Photographische Platte

So schnelle Kanalstrahlen zeigen dann ein den  $\alpha$ -Strahlen durchaus ähnliches Verhalten. Abb. 6 zeigt eine Anordnung, bei der ein Bündel von Kanalstrahlen *K* einheitlicher Geschwindigkeit, durch zwei enge Spalte *S*<sub>1</sub> und *S*<sub>2</sub> ausgeblendet, in einen soweit als möglich luftleer gepumpten Raum *B* hineingeschossen wird. In diesem Raum wird durch einen Elektromagneten ein starkes Magnetfeld erzeugt, dessen Kraftlinien senkrecht zur Zeichenebene zu denken sind. Die geladenen, schnell bewegten Kanalstrahlen werden im Magnetfeld nach bekannten Gesetzen zu kreisförmigen Bahnen gebogen, die Radien der Kreise sind bei gleicher Ladung und Geschwindigkeit der Kanalstrahlteilchen ihren Massen verhältnismäßig.

Daher wird das ganze enge Bündel in einen Fächer von vielen einzelnen Bündeln aufgespalten. Jedem Einzelbündel entspricht eine bestimmte, durch die Größe der Masse gekennzeichnete Teilchenart im Strahlensemble. Dort, wo das gefächerte Bündel auf eine photographische Platte *P* auftrifft, entstehen entwickelbare Schwärzungen

in der Gestalt enger Linien. Die hier in ihren Grundzügen beschriebene Anordnung stellt einen sogenannten Massenspektrographen dar. Durch die Ausmessung der gegenseitigen Lagen der Linien auf der Platte lassen sich die relativen Massen der Atome und Moleküle mit einer außerordentlich großen Genauigkeit bestimmen. Der Fehler ist oft nicht größer als 1 auf 100 000, eine Genauigkeit, die eine Personenwaage erreichen würde, mit der man einen Mann mit 70 kg Gewicht auf 0,7 g genau wägen könnte.

Abb. 7 zeigt ein derartiges Massenspektrogramm des Elementes Zink. Obwohl es sich um ein chemisch einheitliches Element mit dem Atomgewicht 65,38 handelt, entstehen doch fünf scharfe getrennte Linien, und in ähnlicher Weise ergeben die meisten bekannten Elemente mehrere Linien. Es erweist sich demnach, daß die Atome eines Elementes keineswegs alle die gleiche Masse haben. Ein Element ist



Abb. 7. Massenspektrum des Zinks.

Zwei Aufnahmen mit verschiedenen Belichtungszeiten

(Nach *Bainbridge*)

im allgemeinen ein Gemenge aus Atomen, die sich um eine Einheit oder um mehrere Einheiten im Atomgewicht unterscheiden, aber die gleichen Kernladungszahlen, die gleichen Elektronenhüllen und damit auch die gleichen chemischen Eigenschaften besitzen. Solche nur durch die Größe der Masse voneinander abweichenden Atomarten des gleichen Elementes bezeichnet man als Isotope. Sie gehören an die gleiche Stelle des periodischen Systems. Die mit dem Massenspektrographen bestimmten Massenzahlen dieser Isotope verhalten sich nun in der Tat fast genau wie die ganzen Zahlen. Die beträchtlichen Abweichungen der chemischen Atomgewichte von der Ganzzahligkeit erklären sich dadurch, daß die Atomgewichte nur Mittelwerte der Massen der verschiedenen Isotope eines Elementes angeben. Die Konstanz der Atomgewichte zeigt, daß die Atomarten in der Welt stets in derselben Weise gemischt sind. Selbst das Eisen aus Meteoriten und aus irdischen Fundstätten besitzt genau das gleiche Atomgewicht, obwohl das Eisen aus zwei Isotopen besteht. Wir kennen auch heute nur

92 verschiedene chemische Elemente, aber über 200 verschiedene Atomarten. In Zahlentafel 1 sind in der Reihenfolge des periodischen

Zahlentafel 1

Element	Ordnungszahl	Massenzahlen der Isotopen	Atomgewicht
Wasserstoff . . . H	1	1, 2, 3	1,008
Helium . . . . He	2	4, 3	4,00
Lithium . . . . Li	3	7, 6	6,94
Beryllium . . . Be	4	9 (8)	9,02
Bor . . . . . B	5	11, 10	10,82
Kohlenstoff . . . C	6	12, 13	12,00
Stickstoff . . . . N	7	14, 15	14,008
Sauerstoff . . . . O	8	16, 18, 17	16,0000
Fluor . . . . . F	9	19	19,00
Neon . . . . . Ne	10	20, 22, 21	20,2
Natrium . . . . Na	11	23	23,00
Magnesium . . . Mg	12	24, 25, 26	24,32
Aluminium . . . Al	13	27	26,97
Silizium . . . . Si	14	28, 29, 30	28,06
Phosphor . . . . P	15	31	31,04
Schwefel . . . . S	16	32, 33, 34	32,07
Chlor . . . . . Cl	17	35, 37	35,46
Argon . . . . . A	18	40, 36, 38	39,94
Kalium . . . . . K	19	39, 41	39,10
Kalzium . . . . Ca	20	40, 44, 42, 43	40,07
Mangan . . . . Mn	25	55	54,93
Eisen . . . . . Fe	26	56, 54	55,84
Zink . . . . . Zn	30	64, 66, 68, 67, 70	65,38
Germanium . . . Ge	32	74, 72, 70, 73, 76	72,6
Brom . . . . . Br	35	79, 81	79,92
Krypton . . . . Kr	36	84, 86, 82, 83, 80, 78	82,9
Zinn . . . . . Sn	50	120, 118, 116, 119, 117, 124, 122, 121, 112, 114, 115	118,7
Jod . . . . . J	53	127	126,92
Xenon . . . . . X	54	129, 131, 132, 134, 136, 130, 128, 124, 126	130,2
Zäsium . . . . Cs	55	133	132,8
Barium . . . . Ba	56	138, 137, 136, 135	137,4
Quecksilber . . Hg	80	202, 200, 199, 201, 198, 204, 196, 197, 203	200,6
Uran . . . . . U	92	238	238,2

Systems die ersten zwanzig Elemente mit ihren chemischen Symbolen, Kernladungszahlen, den Isotopen und ihren Massenzahlen sowie den Atomgewichten vollständig aufgeführt und eine Anzahl der schweren Elemente mit Auswahl. Die Reihenfolge der Isotopen ist nach abnehmender Menge gewählt.

Unter den schweren Elementen haben einige, wie man sieht, sehr zahlreiche Isotope, aber auch die leichteren bestehen meist aus mehreren Isotopen. Bei Kohlenstoff, Stickstoff und Sauerstoff sind die schwereren Atomarten nur in sehr geringer Menge vertreten. Auch der Wasserstoff hat drei Isotope, von denen die schweren äußerst selten sind. Wegen der großen Massenunterschiede konnte trotzdem das Wasserstoff-Isotop mit der Masse 2 sowohl durch ein Diffusionsverfahren, als durch geeignet geleitete Elektrolyse von Wasser vollständig abgetrennt und rein gewonnen werden. Das Atom des schweren Wasserstoffs mit der Masse 2 hat den Namen „Deuterium“ erhalten, den Kern dieses Atoms nennt man „Deuton“. Es ist dies der einfachste zusammengesetzte Kern.

Die Massenzahlen in der Zahlentafel 1 sind ganzzahlig angegeben. Die sehr genauen massenspektrographischen Messungen lassen indessen keinen Zweifel zu, daß auch sie nicht ganz genau ganzzahlig sind. In Zahlentafel 2 sind einige der Massenzahlen mit aller Genauigkeit angeführt, wobei die Masse des leichten Sauerstoffisotops nach Übereinkunft genau gleich 16 gesetzt ist.

Zahlentafel 2<sup>1)</sup>

Wasserstoff . .	${}_1\text{H}^1$	1,007775	Bor . . . . .	${}_5\text{B}^{11}$	11,0110
Deuterium . .	${}_1\text{H}^2$	2,01363	Kohlenstoff . .	${}_6\text{C}^{12}$	12,0036
Helium . . . .	${}_2\text{He}^4$	4,00216	Sauerstoff . . .	${}_8\text{O}^{16}$	16,0000
Lithium . . . .	${}_3\text{Li}^6$	6,0145	„ . . . . .	${}_8\text{O}^{18}$	18,0065
„ . . . . .	${}_3\text{Li}^7$	7,0146	Chlor . . . . .	${}_{17}\text{Cl}^{35}$	34,9796
Beryllium . . .	${}_4\text{Be}^9$	9,0155	„ . . . . .	${}_{17}\text{Cl}^{37}$	36,9777
Bor . . . . .	${}_5\text{B}^{10}$	10,0135			

#### 4. Massendefekt. Masse und Energie

Die kleinen Abweichungen von der Ganzzahligkeit sind von grundlegender Bedeutung. Sie liegen in dem Sinne, daß die Massen etwas kleiner sind, als einem ganzzahligen Vielfachen der Masse des Wasserstoffs entspricht. Will man an der Vorstellung festhalten, daß die Atomkerne aus Protonen aufgebaut sind, so muß man annehmen, daß bei diesem Aufbau jedes Proton etwas an Masse verliert. Die sich hierdurch ergebende Abnahme der Massenzahl bezeichnet man als Massendefekt.

<sup>1)</sup> Die Zahlen bei den chemischen Symbolen links unten bedeuten die Ordnungszahl des betr. Elementes, die Zahlen rechts oben die Massenzahl des betr. Isotops.

Schon lange hatte sich in der Physik die Vorstellung gebildet, daß die Masse der Materie eine Art verdichteter Energie darstellt und daß es grundsätzlich möglich sein müsse, Masse z. B. in elektromagnetische Strahlungsenergie überzuführen oder umgekehrt. Theoretische Überlegungen hatten dazu geführt, daß mg Materie einen Energievorrat von  $m c^2$  Erg<sup>1a)</sup> darstellen, wobei  $c$  die Lichtgeschwindigkeit, also  $3 \cdot 10^{10}$  cm/s bedeutet. Ein Gramm beliebiger Materie würde hiernach dem sehr großen Energiebetrag von  $9 \cdot 10^{20}$  Erg oder  $2,15 \cdot 10^{10}$  kcal (Kilogramm Kalorien) oder dem Heizwert von ungefähr 60 000 Zentnern Steinkohle gleichwertig sein! Die Masse eines Atoms vom Atomgewicht 1 beträgt  $1,649 \cdot 10^{-24}$  g. Diese Masse der Atomgewichtseinheit wäre einer Energie von  $1,49 \cdot 10^{-3}$  Erg gleichwertig. Es gibt seit längerer Zeit Versuche, die mit dieser auf den ersten Blick so seltsamen Auffassung wohl verträglich sind. Wir werden bald neuere Untersuchungen kennenlernen, in denen die Richtigkeit dieser Vorstellung zweifelsfrei experimentell erwiesen wird.

Was haben nun diese Überlegungen mit dem Massendefekt zu tun? Die Atomkerne sind sehr beständige Gebilde. Um einen Atomkern in seine Grundbausteine zu zerlegen, müßte man deshalb eine sehr große Energie aufwenden. Hieraus folgt, daß umgekehrt die gleiche sehr große Energie frei werden müßte, wenn ein Atomkern aus seinen Urbausteinen, den Protonen und Elektronen gebildet wird. Nach dem Satz von der Gleichwertigkeit von Energie und Masse muß dies zur Folge haben, daß die Masse des entstandenen Kerns kleiner wird als die Summe der Massen der Bausteine, aus denen er gebildet wurde, und zwar um einen der freiwerdenden Energie nach obiger Überlegung gleichwertigen Betrag. Diese theoretische Erklärung des beobachteten Massendefektes kennzeichnet ihn zugleich als ein Maß für die Beständigkeit eines bestimmten Atomkerns. Ein Beispiel mag dies kurz erläutern:

Die Masse eines Heliumkernes ist um 0,0278 Atomgewichtseinheiten kleiner als die Summe der Massen von vier Protonen und zwei Elektronen. Die diesem Massendefekt entsprechende Energie beträgt  $4,2 \cdot 10^{-5}$  Erg. Sie müßte bei der Bildung eines einzigen Heliumatoms aus den Urbausteinen freiwerden. Würde 1 g Wasserstoff, also so viel wie in 9 ccm Wasser enthalten ist, in Helium verwandelt, so müßte im ganzen die ungeheuer große Energie von 150 Millionen kcal frei werden. Würde man dagegen 1 g Wasserstoff mit Sauerstoff zu 9 ccm Wasser verbrennen, so würden nur 34 kcal frei werden. Im Falle der Heliumbildung ist also die freiwerdende Energie fast 5 Millionen mal größer als bei dem chemischen Verbrennungsvorgang. Die große Festigkeit des  $\alpha$ -Teilchens, das auch die heftigsten Zusammen-

1a) Ein Erg ist nahezu gleich der Arbeit, die beim Heben eines Milligramms längs eines Zentimeters auf der Erde zu leisten ist.



stöße mit Atomkernen übersteht, ist hierdurch erklärlich. Die Wärmetönung bei Kernreaktionen muß demnach von ganz anderer Größenordnung sein als bei chemischen Vorgängen. Die ersten Kernreaktionen, die man kennenlernte, waren die radioaktiven Vorgänge. Daß bei den radioaktiven Umwandlungen Energiemengen frei werden, welche millionenmal größer sind als die Wärmeabgabe, die bei den heftigsten chemischen Reaktionen an der gleichen Stoffmenge auftritt, hatte in der Tat bald nach der Entdeckung der radioaktiven Elemente das Erstaunen der Physiker in hohem Maße erweckt.

### III. Grundlagen der künstlichen Atomumwandlung

#### 1. Verfahren der künstlichen Kernumwandlung

Unsere Erfahrungen über die große Festigkeit von Atomkernen und die vielen vergeblichen Versuche, den radioaktiven Zerfall durch äußere Mittel zu beeinflussen, lassen vermuten, daß die Erzielung einer künstlichen Kernumwandlung nur mit Hilfe äußerst energischer Eingriffe in das Kerninnere Aussicht auf Erfolg bieten kann.

Die schnellen  $\alpha$ -Teilchen radioaktiver Elemente besitzen eine Bewegungsenergie von rd.  $1,3 \cdot 10^{-5}$  Erg. Man lasse sich durch den anscheinend so geringen Betrag dieser Energie nicht täuschen. Ein schnelles  $\alpha$ -Teilchen gehört zu den Geschossen größter Energieanhäufung, die wir besitzen. Seine Bewegungsenergie ist rd. 30 Millionen mal größer als die eines Eisenatoms im Stahlgeschloß eines Infanteriegewehrs bei der Höchstgeschwindigkeit. Reicht diese Energie aus, um bei einem zentralen Stoß auf einen Atomkern dem  $\alpha$ -Teilchen ein Eindringen in den Kern zu ermöglichen?

Die positive Ladung des Kerns wirkt bremsend auf die ebenfalls positive Ladung des gegen ihn anlaufenden  $\alpha$ -Teilchens. Die Größe dieser elektrischen Abstoßungskraft bei großer Annäherung an den Kern ist nicht zu unterschätzen. Trotz der verhältnismäßig kleinen Ladung ist z. B. die Abstoßung eines Aluminiumkerns auf ein  $\alpha$ -Teilchen im Abstand von  $10^{-12}$  cm ungefähr so groß wie das Gewicht von 6 kg. Bei einer noch größeren Annäherung des  $\alpha$ -Teilchens treten, wie man von der Einzelstreuung her weiß, stärkere Abweichungen von dem Coulombschen Kraftgesetz auf, und die Abstoßung muß schließlich sogar in eine Anziehung übergehen, andernfalls könnten die überwiegend positiv geladenen Kernbausteine nicht zusammengehalten werden. Eine einfache Rechnung zeigt, daß ein schnelles  $\alpha$ -Teilchen tatsächlich genügend Energie besitzt, um die höchste abstoßende Kraft eines Atomkerns von nicht zu großer Ordnungszahl zu überwinden und bis in sein Inneres vorzudringen.

Durch Beschießen von Materie mit schnellen  $\alpha$ -Strahlen gelang denn auch schon im Jahre 1919 *Rutherford* die erste künstliche Atomumwandlung zunächst beim Stickstoff und bald darauf bei einer Reihe

anderer Elemente. Aber erst in den letzten Jahren hat dieses neue Gebiet der Physik, die neuzeitliche Alchimie, unerwartet rasche Fortschritte gemacht. Dies ist vor allem einem sonderbaren Umstand zu verdanken, den wir wenigstens kurz erwähnen müssen.

Es ist jedem geläufig, daß eine Kugel, die eine schiefe Ebene hinaufrollt, nur dann die höchste Höhe erreicht, wenn ihre anfängliche Bewegungsenergie mindestens gleich der Lageenergie ist, die die Kugel auf dieser Höhe besitzt; andernfalls kommt sie schon früher zur Ruhe und rollt den Berg wieder hinunter. Die Voraussetzung, daß die entsprechende Betrachtung auch bei dem Anlaufen des  $\alpha$ -Teilchens gegen die abstoßende Kraft des Kerns Geltung hat, dient bei der obigen Überlegung, ob die Energie des  $\alpha$ -Teilchens für ein Eindringen in den Kern ausreicht. Merkwürdigerweise haben nun Versuche gezeigt, daß  $\alpha$ -Teilchen und andere subatomare, positiv geladene Geschosse zum Teil schon mit viel kleinerer Bewegungsenergie als man nach diesen einfachen Überlegungen erwarten sollte, in Kerne eindringen und Atomumwandlungen herbeiführen können. Vom Standpunkt der klassischen Physik, deren Gesetze bei den großen Ausdehnungen und Abständen unserer Körperwelt tausendfältig erprobt sind, ist dies durchaus unverständlich. Es ist ein eindringlicher Beweis dafür, daß in den unvorstellbar kleinen Abmessungen der Atomwelt andere Gesetze gelten, von denen die der klassischen Physik einen vereinfachten Sonderfall darstellen. Die neuzeitlichen Theorien der sogenannten Wellen- und Quantenmechanik enthalten die mathematische Fassung dieser neuen Gesetze in einer auch dem Fachmann oft schwer verständlichen Form. Zur Ehre der theoretischen Physik sei vermerkt, daß sie die Möglichkeit einer künstlichen Atomumwandlung mit verhältnismäßig langsamen Geschossen vorausgesagt und so der experimentellen Forschung einen mächtigen Antrieb gegeben hat.

## 2. Nachweis der Kernumwandlung

Die experimentellen Verfahren der Atomzertrümmerung sind bis heute grundsätzlich die gleichen geblieben; nur werden außer  $\alpha$ -Strahlen auch andere subatomare Geschosse mit großem Erfolge verwendet. Das Herausfliegen von Kernbestandteilen macht, ähnlich wie beim radioaktiven Zerfall, die erfolgte Umwandlung kenntlich. Wegen der sehr kleinen Zahl von Atomkernen, die der Umwandlung unterliegen, war es dagegen nicht möglich, mit den gewöhnlichen chemischen Verfahren oder auf massenspektrographischem Wege die Natur der umgewandelten Atome festzustellen. Ihre Menge ist trotz der allmählich immer mehr gesteigerten Dichte des Geschosshagels wegen der Seltenheit von genauen Kerntreffern bis heute äußerst gering geblieben. Es sind also vor allem die bei der Atomumwandlung herausgeschleuderten Trümmer, deren Wirkungen man nach-

weisen, deren Natur, Ladung, Maße und Geschwindigkeit man feststellen kann. Bei der Explosion bekommt auch der neuentstandene Kern eine große Geschwindigkeit und wird unter Umständen durch die Wirkungen, die er hervorruft, der Beobachtung zugänglich.

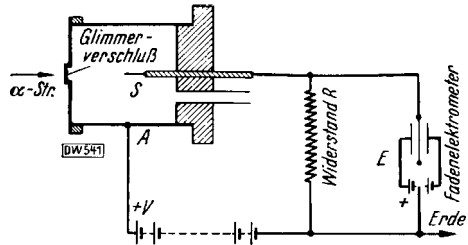


Abb. 8. Geigerscher Spitzenzähler

*A* Metallgehäuse  
*S* Spitze  
*E* Elektrometer

Wenn  $\alpha$ -Teilchen oder andere rasche Atomtrümmer auf einen Schirm aus phosphoreszierendem Zinksulfid treffen, ruft jedes Teilchen einen schwachen Lichtblitz hervor. Mit einer Lupe kann man die einzelnen Lichtblitze sehen. Die Leuchtziffern der Uhren bestehen aus Zinksulfid, denen ein radioaktives Salz in kleinen Mengen beigemischt ist. Ursprünglich untersuchte man die Kerntrümmer bei den künstlichen Atomumwandlungen ausschließlich mit dieser Szintillationsmethode. Es läßt sich so ihre Zahl, räumliche Verteilung, Reichweite usw. ermitteln.

An Stelle des Szintillationsschirmes bedient man sich neuerdings häufiger elektrischer Nachweisverfahren, die auf der Ionisationswirkung beruhen. Abb. 8 zeigt in den Grundzügen einen sog. Geigerschen Spitzenzähler. Eine Metallspitze *S* ist isoliert in ein Metallröhrchen *A* eingeführt, dessen vordere Öffnung mit einem dünnen Glimmerblättchen luftdicht verschlossen ist. Im Innern des Röhr-



Abb. 9. Aufzeichnung der Ausschläge von  $\alpha$ -Teilchen verursacht

chens befindet sich Luft von etwas erniedrigtem Druck. Das Röhrchen ist auf eine positive Spannung von einigen hundert Volt aufgeladen, die Spitze an ein empfindliches Elektrometer *E* und über einen hohen Widerstand *R* an Erde gelegt. Jedes durch das Glimmerfenster eindringende  $\alpha$ -Teilchen, Elektron oder andere subatomare Geschoß löst durch seine ionisierende Wirkung eine kurze Entladung aus, die sich an einem Zucken des Elektrometerfadens bemerkbar macht. Die Ausschläge können auf einem bewegten Film photographisch aufgezeichnet werden. Ein Stück eines solchen Films zeigt Abb. 9. Durch geeignete Schaltung solcher oder ähnlicher Zähler kann

man es erreichen, daß die Größe der Ausschläge der ionisierenden Wirkung des Strahlteilchens verhältnismäßig wird. Es lassen sich dann Strahlteilchen verschiedener Art z. B. Protonen,  $\alpha$ -Strahlen, Elektronen, die verschieden stark ionisieren, gut voneinander unterscheiden.

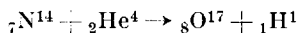
Die besten Einblicke in die Einzelheiten der Atomumwandlung liefert indessen die Wilsonsche Nebelkammer. Wegen der großen Übersichtlichkeit dieses Verfahrens werden wir im folgenden hauptsächlich auf die damit erzielten Ergebnisse eingehen.

Man kennt heute zwei große Gruppen von künstlichen Atomumwandlungen. Bei der ersten Gruppe gehören die neu entstandenen Atome bekannten, beständigen Atomarten an, bei der zweiten entstehen neue, bisher nicht bekannte, unbeständige Atome. Je nach der Art der verwendeten Geschosse kann eine große Zahl verschiedener Kernumwandlungen zustande kommen. Die wichtigsten Arten künstlicher Kernprozesse sollen im folgenden an Beispielen erläutert werden.

#### IV. Künstliche Bildung beständiger Atomarten

##### 1. Die ersten Kernumwandlungen durch $\alpha$ -Strahlen

Abb. 10 zeigt im Nebelbild die künstliche Umwandlung eines Stickstoffatoms durch ein  $\alpha$ -Teilchen. Die Nebelkammer war bei dem Versuch mit Stickstoff gefüllt. Von rd. 100 000  $\alpha$ -Teilchen erzielt nur eines eine Kernumwandlung. Da ein  $\alpha$ -Teilchen gegen 100 000 Atome durchquert, kommt auf rund 10 Milliarden Durchquerungen nur eine Umwandlung! Von dem Punkte ausgehend, in dem der Treffer erfolgte, ist die lange Bahn eines aus dem Stickstoffkern herausfliegenden Protons zu sehen. Daß bei der Stickstoffumwandlung durch sehr schnelle  $\alpha$ -Strahlen Protonen mit etwa 50 cm Reichweite frei werden, ist durch zahlreiche Untersuchungen sichergestellt. Protonenspuren sind in der Wilsonkammer durch ihre Länge und Feinheit immer leicht zu erkennen. Die kurze Spur, die von der Gabelung ausgeht, ist durch das neu entstandene Atom selbst verursacht. Die Spur des  $\alpha$ -Teilchens aber verschwindet an dieser Stelle, und es kann nicht zweifelhaft sein, daß es im Kern steckengeblieben ist. Damit ist der Vorgang bis in seine Einzelheiten geklärt. Ein Stickstoffkern mit der Kernladungszahl 7 und der Masse 14 hat ein Proton mit der Kernladungszahl 1 und der Masse 1 verloren und ein  $\alpha$ -Teilchen mit der Kernladungszahl 2 und der Masse 4 gewonnen. Der neuentstandene Kern muß die Kernladungszahl 8 haben, d. h. ein Sauerstoffkern sein. Seine Masse muß 17 sein. Es ist also der gewöhnliche Stickstoffkern in den Kern eines Sauerstoffatoms mit der Massenzahl 17 umgewandelt worden. Wir schreiben diesen Vorgang sogleich in der für Kernreaktionen üblichen Weise:



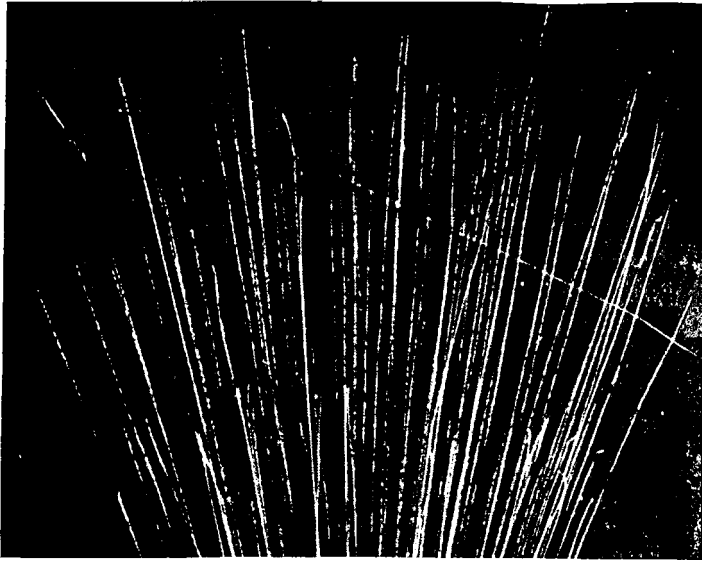


Abb. 10. Umwandlung eines Stickstoffkerns durch  $\alpha$ -Strahlen  
(Nach Blackett)

Die unteren Zahlen bei den Symbolen der Elemente geben die Ordnungs- oder Kernladungszahlen an, die oberen die Massenzahlen. Die Summen der Ordnungszahlen, sowie die der Massenzahlen rechts und links müssen übereinstimmen. Man mache sich den einfachen Sinn dieser Schreibweise ganz klar, dann werden die folgenden Darlegungen leicht verständlich sein. Die genaue Ausmessung der Spurlängen und der Winkel zwischen den Bahnrichtungen gestattet, noch unmittelbarer festzustellen, daß der entstandene Kern wirklich die Masse 17 besitzt. Überdies kann man eine zahlenmäßige Aussage über den Energieumsatz gewinnen. Wie dies möglich ist, werden wir besser später an einem einfacheren Beispiel erläutern. Hier bemerken wir nun, daß bei der Stickstoffumwandlung mehr als der zehnte Teil der Bewegungsenergie eines schnellen  $\alpha$ -Teilchens im neuentstandenen Kern gebunden wird, der Rest tritt als Bewegungsenergie von Proton und Kern in Erscheinung. Es ist keineswegs berechtigt, bei allen künstlichen Kernumwandlungen von „Zertrümmerungen“ zu sprechen. In dem betrachteten Falle haben wir es mit einem ausgesprochenen Atom  $u f b a u$  zu tun. Denn der neue Kern hat größere Ordnungszahl und größere Masse als der ursprüngliche. Der Vorgang findet nicht unter Abgabe von Atomenergie, sondern unter Bindung von Energie statt.

Durch Aufnahme des  $\alpha$ -Teilchens und Herausschleuderung eines Protons ließen sich in entsprechender Weise eine ganze Reihe leichter Elemente bis zur Ordnungszahl 19 umwandeln. Ausnahmen bilden die Elemente H, He, Li, Be, C, O. Wir schreiben als Beispiel nur noch die Umwandlung von Aluminium in Silizium hin:

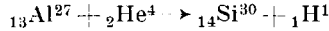


Abb. 11 zeigt die aus einem Aluminiumblech, das genügend dick ist, um die  $\alpha$ -Strahlgeschosse am Durchtritt zu verhindern, in die

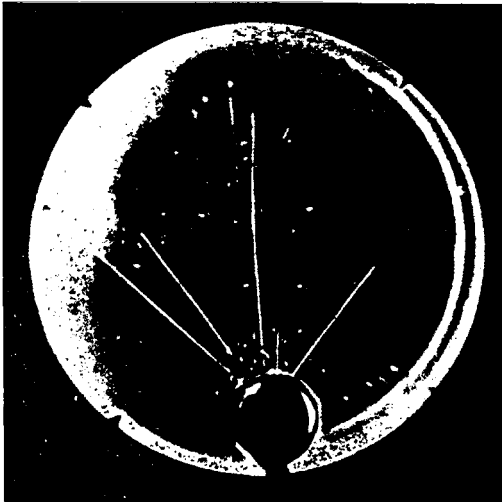


Abb. 11. Umwandlung von Aluminium durch  $\alpha$ -Strahlen. Protonenbahnen

(Nach Meitner)

Nebelkammer austretenden Protonen von zahlreichen Atomumwandlungen. Da in diesem Falle eine beträchtliche Kernenergie frei wird, sind die Protonen äußerst schnell.

## 2. Das Neutron

Das leichte Element Beryllium zeigt beim Beschießen mit  $\alpha$ -Strahlen ein anderes Verhalten. *Bothe* und *Becker* konnten keine Protonen, sondern nur eine kurzwellige  $\gamma$ -Strahlung hierbei nachweisen. Im Jahre 1932 wurde von dem Ehepaar *Joliot* in Paris und von *Chadwick* in Cambridge noch eine ganz neue Art von Kerntrümmern bei diesem Element entdeckt. Abb. 12 und 12a zeigen Aufnahmen, bei denen sich Beryllium, welches von  $\alpha$ -Strahlen des Poloniums beschossen wurde, in

der Kammer befand. Die  $\alpha$ -Strahlen konnten nicht in die Kammer eindringen. Das Beryllium ist etwa in der Mitte des unteren Bildrandes zu denken. Man sieht keinerlei Trümmerspuren von dieser Stelle ausgehen; aber irgendwo in der Kammer hat ein Atomkern des Gases einen so heftigen Stoß erhalten, daß er Ionen erzeugt hat und seine Spur sichtbar geworden ist. Atome des Stickstoffs, des Sauerstoffs und anderer leichterer Elemente, vor allem Wasserstoffatome, können so durch die vom bestrahlten Beryllium ausgehende neuartige Wirkung beschleunigt werden. Aus wasserstoffhaltigen Stoffen, z. B. Paraffin, werden auf gleiche Weise zahlreiche Protonen in rasche Bewegung gesetzt. Die Aufklärung dieses merkwürdigen Vorganges gelang *Chadwick*.

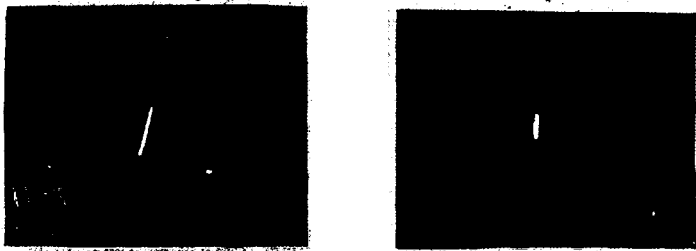


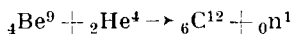
Abb. 12 und 12a. Stickstoffkerne, gestoßen durch Neutronen aus Beryllium  
(Nach *Feather*)

Aus der Spurlänge verschieden schwerer gestoßener Atome konnte er die Masse und Geschwindigkeit der vom Beryllium ausgehenden Teilchen bestimmen, obwohl sie selbst keine Nebelspuren erzeugten. Das Verfahren ist ähnlich wie das der Ermittlung von Geschwindigkeit mit dem ballistischen Pendel. Es zeigte sich, daß sie sehr nahe die gleiche Masse besitzen wie die Protonen. Ihre Geschwindigkeit beträgt etwa  $\frac{1}{10}$  der Lichtgeschwindigkeit. Daraus, daß diese neuartigen Kerntrümmer ganz im Gegensatz zu den Protonen selbst keine Ionen bilden und deshalb auch keine Nebelspuren erzeugen, außerdem eine sehr große Durchdringungsfähigkeit von Materie besitzen, folgt, daß sie keine Ladung haben. Sowohl die Ionisationswirkung als die Abbremsung geladener Strahlteilchen ist ja eine Folge der Kraftwirkung zwischen der Ladung der Elektronen in den durchquerten Atomhüllen und der Ladung des Strahlteilchens. Man hat diese neuartigen Kernbausteine, weil sie elektrisch neutral sind, „Neutronen“ genannt.

Das Neutron ist als ein Kern mit der Kernladung 0 und der Masse 1 anzusehen. Der genaue Betrag der Masse des Neutrons, dem

man das Symbol  ${}^1_0n$  erteilt hat, ist noch nicht ganz sicher bekannt. Wahrscheinlich ist die Masse ein wenig kleiner als die des Protons.

Der Umwandlungsvorgang beim Beschießen von Beryllium mit  $\alpha$ -Strahlen erfolgt demnach unter Ausschleuderung von Neutronen. Es entsteht dabei wahrscheinlich aus dem Beryllium Kohlenstoff nach folgender Gleichung:



In ähnlicher Weise wird Lithium unter Aussendung von Neutronen wahrscheinlich in das leichtere Bor-Isotop ( $\text{B}^{10}$ ) und das schwere Isotop des Bors ( $\text{B}^{11}$ ) in Stickstoff umgewandelt.

### 3. Kernumwandlungen durch Neutronen

Die schnellen Neutronengeschosse erzielen selbst bisweilen Kerntreffer, bei denen eine Atomumwandlung unter Aussendung eines  $\alpha$ -Teilchens erfolgt. Abb. 13 zeigt die Umwandlung eines Stickstoff-



Abb. 13. Umwandlung eines Stickstoffkerns durch ein Neutron  
(Nach Feather)

kerns durch ein Neutron. Die längere Spur gehört dem herausfliegenden  $\alpha$ -Teilchen, die kürzere einem neuentstandenen Borkern an. Die Neutronenspur ist wieder unsichtbar. Es konnte aber wahrscheinlich gemacht werden, daß das Neutron im Kern stecken bleibt, so daß der Vorgang nach folgender Gleichung erfolgt:



Liest man die Gleichung von rechts nach links, so stellt sie die schon erwähnte Umwandlung von Bor in Stickstoff durch  $\alpha$ -Strahlen unter Aussendung eines Neutrons dar. Ähnliche Umwandlungen durch Neutronenstoß wurden bei einer ganzen Reihe von Elementen gefunden. Es ist verständlich, daß das Neutron ein gutes Geschloß sein muß, da es wegen der fehlenden Ladung im elektrischen Kraftfeld der Atomkerne nicht gebremst wird und deshalb leicht eindringen kann.

### 4. Kernumwandlungen durch Protonen

Eine sehr wichtige Entdeckung machten im Jahre 1932 *Cockroft* und *Walton*. Es gelang ihnen mit Wasserstoffkanalstrahlen, also in



Entladungsröhren beschleunigten Protonen verhältnismäßig geringer Geschwindigkeit die Atome der Elemente Lithium und Bor zu zertrümmern. Es entstanden dabei sehr schnelle  $\alpha$ -Teilchen, die helle Szintillationen auf einem Zinksulfidschirm hervorriefen. Ihre Energie ist so groß im Verhältnis zur Energie der Kanalstrahlen, daß sie fast ausschließlich aus dem Kern stammen muß.

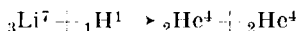
Besonders anschaulich wird die Lithiumzertrümmerung durch eine Nebelkammeraufnahme von *Kirchner* dargestellt, Abb. 14. Man sieht, wie von der Stelle der Kernexplosion, die noch außerhalb der



Abb. 14. Nebelkammeraufnahme des Elementarprozesses der Umwandlung von  $\text{Li}^7$  in zwei He-Kerne. (Das Proton trifft von oben auf eine dünne Li-Schicht, die sich in der Mitte der Kapsel befindet

(Nach *Kirchner*)

Kammer, von dieser durch dünne Glimmerfenster getrennt liegt, zwei  $\alpha$ -Teilchen nach fast genau entgegengesetzten Seiten mit gleicher Wucht auseinanderfliegen, wie bei einer explodierenden Granate. Die zur dritten Spur gehörende Gegenspür ist verdeckt. Die sehr geringe Neigung der Bahnen nach unten rührt von der Stoßübertragung durch das Proton her. Der Vorgang wird durch folgende Gleichung beschrieben:



Das Proton dringt in den Lithiumkern der Masse 7 ein und der Kern bricht in zwei  $\alpha$ -Teilchen auf. An diesem besonders einfachen Beispiel wollen wir den Energieumsatz erklären.

Wir schreiben hierzu die obige Gleichung unter Benutzung der genauen Massenzahlen der beteiligten Atome (Zahlentafel 2) auf:

$$7,0146 + 1,00778 \rightarrow 4,00216 + 4,00216$$



Abb. 15. Zertrümmerung von Bor ( ${}_{5}\text{B}^{11}$ ) durch Protonen (Nach Kirchner)

Die Summe links gibt 8.02 238, die Summe rechts nur 8.00 432. Es ist also rechterhand noch die Differenz dieser Zahlen 0,018 hinzuzufügen, damit die Gleichung aufgeht. Was bedeutet das? Die beiden  $\alpha$ -Teilchen haben eine große Bewegungsenergie erhalten, die aus dem Energievorrat des Kerns stammt. Der durch das Proton gelieferte Anteil ist so gering, daß wir ihn in erster Annäherung vernachlässigen können. Nach dem Satz von der Gleichwertigkeit von Masse und Energie muß daher die Masse der beiden  $\alpha$ -Teilchen kleiner sein als die des Lithiumkerns und Protons zusammen. Der Massenunterschied tritt als Bewegungsenergie der  $\alpha$ -Teilchen zum Vorschein. Der Energiebetrag der Masse von 0,018 Atomgewichtseinheiten ist (nach S. 14)  $2,7 \cdot 10^{-5}$  Erg. Andererseits hat jedes der beiden  $\alpha$ -Teilchen, wie aus der Beobachtung folgt, eine Reichweite von 8,5 cm. Die kinetische Energie eines  $\alpha$ -Teilchens dieser Reichweite beträgt  $1,35 \cdot 10^{-5}$  Erg, also die zweier  $\alpha$ -Teilchen  $2,7 \cdot 10^{-5}$  Erg.

Man sieht, daß dies gerade gleich dem Energiewert des Massenverlustes ist. Dies ist der S. 14 angekündigte experimentelle Beweis für die Umwandlung von Masse in Energie.

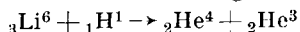
Vereinzelt werden beim Lithium auch  $\alpha$ -Strahlen kürzerer Reichweite beobachtet. Man hat beweisen können, daß sie von Zertrümmierungen des leichteren Lithiumisotops mit der Masse 6 herrühren. Es



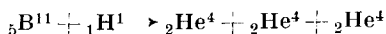
Abb. 16. Neuzeitliche Anordnung für künstliche Kernumwandlungen mit Hilfe von Kanalstrahlen

(Nach Cockcroft und Walton)

entsteht hierbei ein bis dahin nicht bekannter Kern, ein Heliumisotop oder  $\alpha$ -Teilchen mit der Masse 3 nach folgendem Vorgang:



Die Zertrümmerung des Borkerns erfolgt in den meisten Fällen auf ähnliche Weise wie die des Lithiums; der Borkern bricht in drei  $\alpha$ -Teilchen auf:



In Abb. 15 ist eine ganze Garbe von  $\alpha$ -Strahlen zu sehen, die bei der Explosion zahlreicher Boratome entstehen. Da die Kanalstrahlen einen sehr großen Geschosshagel liefern, lassen sich so starke Wirkungen erzielen, vor allem wenn sehr schnelle Kanalstrahlen mit mehreren Millionen V verwendet werden. Der Aufwand zur Erzeugung so schneller Kanalstrahlen ist allerdings schon recht groß. Abb. 16 soll ohne weitere Erklärung nur eine Anschauung von einer neuzeitlichen Anordnung für Atomzertrümmerungen mit Kanalstrahlen vermitteln.

##### 5. Kernumwandlungen durch Deutonen

Endlich wollen wir noch erwähnen, daß Kanalstrahlen des schweren Wasserstoffs mit der Masse 2, die sogenannten Deutonen, die leichteren Isotopen des Lithiums und Bors ( $\text{Li}^6$  und  $\text{B}^{10}$ ) in ganz entsprechender Weise zertrümmern wie die Protonen die schweren Iso-

topen dieser Elemente ( $\text{Li}^7$  und  $\text{B}^{11}$ ). Bei der Lithiumzertrümmerung durch Deutonen entstehen die schnellsten  $\alpha$ -Strahlen, die bisher beobachtet worden sind. Mit Deutonen konnten außerdem noch eine ganze Reihe anderer Elemente unter Ausschleuderung von Protonen,  $\alpha$ -Teilchen oder Neutronen umgewandelt werden. Ein besonders merkwürdiger Vorgang tritt ein, wenn Deutonen in Kerne des schweren Wasserstoffatoms, also in Deutonen eindringen. Bei dieser Kernumwandlung treten nur die drei verschiedenen Wasserstoffisotopen auf:

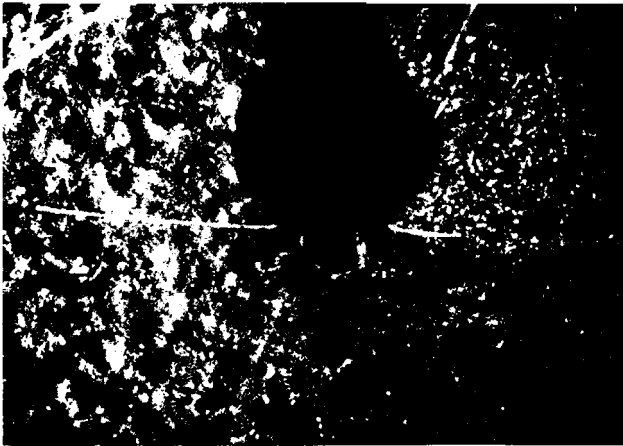
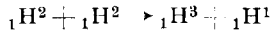


Abb. 17. Nebelkammeraufnahme des Elementarprozesses der Umwandlung von  $\text{H}^2 + \text{H}^2$  in  $\text{H}^3 + \text{H}^1$  (Nach Dee)

Abb. 17 zeigt auch diesen Vorgang im Nebelbild. Diese Explosion erfolgt wie die einer Granate, welche in zwei Stücke zerplatzt, von denen das eine dreimal so schwer ist wie das andere. Nach den gewöhnlichen Gesetzen der Mechanik erhält dabei die kleinere Masse eine dreimal so große Bewegungsenergie wie die größere. Man sieht dementsprechend im Bilde die lange Spur des Protons und die kurze des Wasserstoff-Isotops mit der dreifachen Masse.

In der Tat eine Fülle neuer und grundlegender Ergebnisse, die jedoch durch weitere Entdeckungen, die wir nun zu schildern haben, noch bedeutend übertroffen werden.

## V. Künstliche Bildung neuer unbeständiger Atomarten

Alle bisher betrachteten künstlichen Kernumwandlungen sind durch einen augenblicklichen Ablauf bis zu einem beständigen Endzustand gekennzeichnet.

### 1. Das Positron

Im Jahre 1934 machte das Ehepaar *Joliot* die grundlegende Entdeckung, daß Aluminium bisweilen durch  $\alpha$ -Strahlen noch in anderer Weise umgewandelt wird als wir es schon kennengelernt haben. Statt Protonen wurden hierbei Neutronen und noch eine weitere neue Art von Elementarteilchen, die sogenannten „Positronen“ ausgeschleudert. Solche schnell bewegte Positronen waren schon im Jahre 1932 von dem amerikanischen Physiker *Anderson* bei Nebelspuren aufgefunden

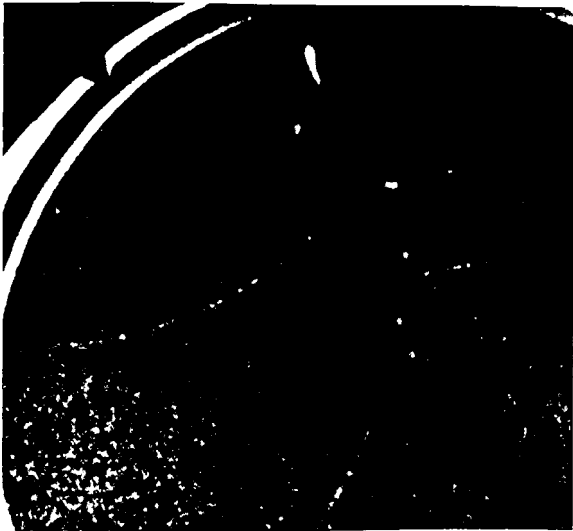


Abb. 18. Positronen aus Aluminium nach Bestrahlung mit  $\alpha$ -Strahlen. Nebelkammer im Magnetfeld  
(Nach *L. Meitner*)

worden, die von der durchdringenden Höhenstrahlung aus dem Welt-  
raum in einer Nebelkammer erzeugt wurden. Die Eigenschaften der  
Positronen sind heute schon recht genau untersucht. Es kann kaum  
zweifelhaft sein, daß sie die gleiche sehr kleine Masse und auch die  
gleiche Ladung besitzen wie die altbekannten Elektronen; nur ist die  
Ladung p o s i t i v wie die des Protons. Das läßt sich eindeutig durch  
die Größe und Richtung der Ablenkung durch magnetische Felder  
beweisen. Die ionisierende Wirkung ist ähnlich wie die des Elektrons  
und viel kleiner als die des Protons, so daß die von Positronen er-  
zeugten Nebelspuren nur dünn mit Tröpfchen besetzt sind.



wird mit Ätznatron zusammen erhitzt, wobei sich gasförmiges Ammoniak  $\text{NH}_3$  bildet. Wenn bei der Bestrahlung aus dem Bor Radiostickstoff gebildet worden ist, so muß auch dieser radioaktive Stickstoff als Ammoniak entweichen. Die Untersuchung der Aktivität mit dem Spitzenzähler zeigte in der Tat, daß das aufgefangene Ammoniak jetzt die ganze Aktivität besaß, während das zurückgebliebene Bor inaktiv war. Auf ähnliche Weise lassen sich in vielen Fällen geeignete chemische Reaktionen ausfindig machen, die mittels der Radioaktivität als Indikator die Art des neu entstandenen Elementes eindeutig festzulegen gestatten. Die Deutung dieser Umwandlungsvorgänge erhält dadurch eine besonders große Sicherheit.

### 3. Die Erzeugung künstlicher radioaktiver Atomarten durch Protonen und Deutonen

Auch durch andere Geschosse als durch  $\alpha$ -Strahlen gelang es bald, neue unbeständige Atomarten zu erzeugen. Wenn man Kohlenstoff mit Protonen beschießt, erhält man ebenfalls Radiostickstoff. Das Proton bleibt hierbei, ohne daß Trümmer herausfliegen, im Kohlenstoffkern stecken:

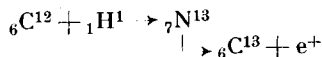


Abb. 19 zeigt die Aussendung zahlreicher Positronen einer vorher mit Wasserstoffkanalstrahlen beschossenen Graphitplatte.

Eine ganze Anzahl radioaktiver Atome werden aus verschiedenen Elementen erzeugt, wenn man Kanalstrahlen des schweren Wasserstoffs, die sehr wirksame Geschosse sind, verwendet. So konnte aus Stickstoff ein aktiver Sauerstoff  ${}_8\text{O}^{15}$ , aus Bor ein radioaktiver Kohlenstoff  ${}_6\text{C}^{11}$  und aus Natrium ein radioaktives Isotop des Natriums  ${}_{11}\text{Na}^{24}$  gewonnen werden. Das Radionatrium liefert eine harte  $\gamma$ -Strahlung und schnelle Elektronen. Die Halbwertszeit beträgt mehr als 15 Stunden. Man hat schon so starke Präparate des Radionatriums hergestellt, daß sie fast die Stärke von Radiumpräparaten erreichten, wie sie in der Medizin für Bestrahlungszwecke Verwendung finden. Hier eröffnet sich, wie man sieht, bereits ein wichtiges Anwendungsgebiet der neuen Kernphysik.

### 4. Die Erzeugung künstlicher radioaktiver Atomarten durch Neutronen

Dem italienischen Physiker *Fermi* und seinen Mitarbeitern ist es gelungen, durch starke Neutronenbestrahlung aus den meisten Elementen, sogar aus den schwersten, dem Uran und Thorium, neue radioaktive Atomarten herzustellen, die fast stets unter Aussendung negativer Elektronen zerfallen. Vielfach zeigte sich hierbei, daß aus

der Ausgangssubstanz mehrere verschiedene unbeständige Atome, die sich durch die Zerfallsgeschwindigkeit oder Halbwertszeit unterscheiden lassen, entstehen. Es gibt mehrere Ursachen, die dies bedingen. Erstens können die verschiedenen Isotopen des Ausgangselementes von den Neutronen getroffen werden, zweitens kann die Umwandlung derselben Atomart auf verschiedene Weise, d. h. unter Aussendung verschiedener Kerntrümmer erfolgen und drittens end-



Abb. 19. Positronen aus Graphit nach Bestrahlung mit Wasserstoff-Kanalstrahlen. Nebelkammer im Magnetfeld (Nach Anderson)

lich kann aus dem neuentstandenen radioaktiven Element durch radioaktiven Zerfall unter Umständen wieder ein radioaktives Element entstehen, das sich seinerseits mit einer bestimmten Halbwertszeit umwandelt.

Die beobachteten Halbwertszeiten der zahlreichen neuen Atomarten liegen zwischen einigen Sekunden und mehreren Tagen. Obwohl in vielen Fällen das chemische Nachweisverfahren die Atomarten sicher zu erkennen gestattet, bleibt doch noch im einzelnen vielerlei zu klären.

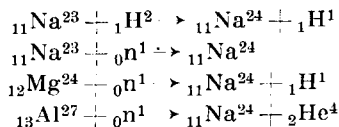
Besonderes Aufsehen hat die Umwandlung des Urankerns mit Neutronen erregt, weil die Ergebnisse von *Fermi*, *Rosetti* und *Agostino*



zeigten, daß die dabei entstehenden radioaktiven Atomarten chemische Eigenschaften haben, die von denen aller bisher bekannten schweren Elemente verschieden sind. Es ist deshalb sehr wahrscheinlich, daß aus dem Uran ganz neue Elemente (Transurane) sich bilden, welche höhere Ordnungszahlen haben als das Uran. Neuere sorgfältige Untersuchungen von *Hahn* und *Meitner* bestätigen den Befund der italienischen Forscher.

*Szilard* und *Chalners* in London haben gefunden, daß Beryllium auch bei Bestrahlung mit harten  $\gamma$ -Strahlen zu einer Neutronenquelle wird. Nun sind im Hochspannungslaboratorium der AEG seit längerer Zeit Versuche im Gange, bei denen sehr durchdringende und starke Röntgenstrahlen, also gewissermaßen künstliche starke  $\gamma$ -Strahlen mit einer Röhrenspannung von 2 Millionen V erzeugt werden. Bei Bestrahlung von Beryllium mit dieser Röntgenstrahlung erhielt man eine sehr starke Neutronenquelle, die ihrerseits dazu benutzt wurde, um Jod und Brom in radioaktive Isotope dieser Elemente umzuwandeln. Auf diese Weise wurden sehr kräftige künstliche radioaktive Präparate erhalten.

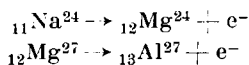
Bei der großen Mannigfaltigkeit von künstlichen Kernreaktionen hat man viele Fälle gefunden, bei denen die gleiche Atomart aus verschiedenen Ausgangselementen auf verschiedene Weise gewonnen wird. Z. B. bekommt man das gleiche radioaktive Natrium  ${}_{11}\text{Na}^{24}$  auf folgenden vier verschiedenen Wegen, entweder durch Beschießen mit Deutonen oder mit Neutronen:



Andererseits können auch verschiedene Atomarten aus dem gleichen Ausgangselement gewonnen werden. Z. B. entsteht aus Aluminium beim Beschießen mit Neutronen außer radioaktivem Natrium nach der vierten der obigen Gleichungen auch ein radioaktives Magnesium nach folgender Gleichung:



Das radioaktive Natrium geht von selbst in beständiges Magnesium über, das radioaktive Magnesium in Aluminium, beides unter Aussendung von Elektronen:



Die Abgabe eines negativen Elektrons bedingt ja lediglich eine Erhöhung der positiven Kernladung um eine Einheit. Die Massenzahl bleibt ungeändert.

Die neuen radioaktiven Atomarten können nur künstlich im Laboratorium geschaffen werden. Daß sie sich auf der Erde nicht vorfinden, liegt daran, daß sie keine langlebigen radioaktiven Muttersubstanzen besitzen, aus denen sie ständig neu gebildet werden, wie die altbekannten schweren radioaktiven Elemente aus dem Uran oder Thorium. Immerhin mögen auch diese künstlichen Eintagsfliegen des periodischen Systems hier und da auf der Erde oder irgendwo im Weltraum, vielleicht auf anderen Sternen unter dem Einfluß radioaktiver Strahlen oder der durchdringenden Höhenstrahlung entstehen und wieder vergehen.



Abb. 20. Positronen und Elektronen aus Bleiplatten ausgelöst durch Höhenstrahlung. Nebelkammer im Magnetfeld

(Nach Anderson)

Abb. 20 zeigt einen Vorgang, der wie ein Brillantfeuerwerk anmutet. Er wurde in einer Nebelkammer im Magnetfeld allein durch die Wirkung der Höhenstrahlung erzielt. In der Kammer befinden sich mehrere Bleiplatten, aus denen ganze Garben schneller und langsamer Positronen und Elektronen austreten. Man wird begreifen, daß es nicht einfach ist, diese Runenschrift zu deuten.

## 6. Schlußbetrachtungen

Trotz der überreichen Ergebnisse, welche uns die Forschungsarbeit der letzten Jahre auf dem Gebiet der Kernphysik gebracht hat, sind unsere Kenntnisse über die Gesetzmäßigkeiten in diesen geheimen Bereichen des Atoms noch recht dürftig. Auch in der Chemie der Atomhüllen konnte man sich erst genauere Vorstellungen über die Natur der Bindungskräfte und den Aufbau der Moleküle bilden, als ein sehr großer Vorrat an experimentellen Erfahrungen vorlag.

Man nimmt heute an, daß Protonen und Neutronen die Bausteine der Kerne sind. Ein  $\alpha$ -Teilchen z. B. würde hiernach aus zwei Protonen und zwei Neutronen bestehen und nicht, wie man früher sagte aus vier Protonen und zwei Kernelektronen. Ähnlich ist der Aufbau aller Atomkerne zu denken. Die Protonen und Neutronen sind dabei im Kern offenbar teilweise zu größeren Gebilden,  $\alpha$ -Teilchen und vielleicht auch Deutonen zusammengeschlossen. Diese Annahme über den Aufbau der Kerne beseitigt gewisse theoretische Schwierigkeiten, die sich der Vorstellung freier Elektronen im Kern entgegenstellten. Da indessen Elektronen und Positronen bei Kernprozessen frei werden, muß man weiter annehmen, daß diese Teilchen durch Umwandlung eines Protons in ein Neutron, beziehungsweise eines Neutrons in ein Proton unter gewissen Umständen im Kern erst gebildet und alsbald explosionsartig ausgeschleudert werden. Da wir noch nicht einmal sicher wissen, ob wir schon alle Bausteine der Materie kennen, sind solche Vorstellungen indessen nur als tastende Versuche zu werten, die noch dunklen Vorgänge in den Kernen zu deuten. Diese Atomzentren sind, wie wir gesehen haben, Speicher großer Energiemengen, und im Kern des Uranatoms z. B. müssen nicht weniger als 92 Protonen und 146 Neutronen auf engstem Raum zusammengepfercht sein. Ist es da ein Wunder, daß hier noch fast alles zu entdecken bleibt?

Die Frage nach dem praktischen Nutzen der Kernphysik, die so oft gestellt wird, wollen wir zum Schluß noch kurz streifen. Wird es einmal gelingen, beliebige Elemente in größeren Mengen aus anderen künstlich herzustellen, also das eigentliche Ziel der Alchimisten zu erreichen, und wird es möglich sein, die in den Kernen gebundene Energie zu befreien und sie in den Dienst der Technik zu stellen? Der Physiker soll sich hüten, Voraussagen zu machen; daß wir aber solchen Möglichkeiten allmählich nähergekommen sind, kann nicht geleugnet werden. Vorläufig freilich liegt das Ziel noch in weiter Ferne.

Die Atome der gewöhnlichen radioaktiven Elemente, die in größerer Menge auf der Erde vorhanden sind, wie die des Urans oder Thoriums, sind sehr langlebig. Der Zerfall geht so langsam vor sich, daß sich diese Elemente wie ein Brennstoff verhalten, der zwar sehr energiereich ist, aber nur äußerst langsam verbrennt. Die kurzlebigen radioaktiven Elemente dagegen sind stets nur in so kleiner Menge vorhanden, daß trotz des raschen Zerfalls die gesamte freiwerdende Energie nur ganz klein bleibt. Daß dies so ist, ist kein Zufall. Es ist eine einfache Folge der Tatsache, daß die radioaktiven Elemente aus einander entstehen. Man macht sich dies leicht an folgendem Bilde klar: Wenn ein großer Wasserbehälter durch ein enges Abflußrohr

einen zweiten Behälter mit weitem Abflußrohr mit Wasser versorgt, so fließt aus dem erster Behälter wenig Wasser ab, weil das Abflußrohr eng ist; trotz des weiten Abflußrohres liefert auch der zweite Behälter wenig Wasser, weil der Zufluß so gering ist.

Bei der künstlichen Atomumwandlung dagegen hängt die Menge der sich umwandelnden Atome von der Zahl der Geschosse und der Trefferzahl ab. Wie weit die Zahl der Geschosse gesteigert werden kann, ist eine Frage der experimentellen Technik. Die Zahl der Treffer ist aber bisher stets sehr gering, die Munitionsvergeudung meist eine ungeheure. Die bei künstlichen Atomumwandlungen in der Zeiteinheit freiwerdende Kernenergie ist deshalb vorläufig in allen Fällen verschwindend klein gegen die elektrische Leistung, die wir z. B. in die Kanalstrahlenröhre, welche die Geschosse liefert, hineinstecken müssen. Von einem Energiegewinn kann deshalb im Ganzen keine Rede sein.

Bei der chemischen Vereinigung von zwei Wasserstoffatomen mit einem Sauerstoffatom zu einem Wassermolekül bewirkt die dabei freiwerdende Energie, daß weitere Vereinigungen dieser Art von selbst stattfinden, und so in einer Knallgasexplosion die ganze Knallgasmenge in sehr kurzer Zeit reagiert. Diese Selbstentzündung ist bei Kernprozessen bisher nicht bekannt. Die Entzündungstemperatur wird voraussichtlich viele Milliarden Grad betragen. Es spricht aber manches dafür, daß die Erhaltung der Temperatur der Sonne, obwohl sie die ungeheure Energie von  $10^{23}$  kcal in jeder Sekunde in den Welt-raum ausstrahlt, was einer Leistung von rd. einer halben Quadrillion Pferdestärken entspricht, auf einer Energienachlieferung durch Kernprozesse, vielleicht durch völlige „Zerstrahlung“ von Atomkernen im Innern der Sonne beruht. Die Physiker haben schon eine derartige Zerstrahlung von Materie bei der Vereinigung eines Positrons und eines Elektrons im Laboratorium mit ziemlicher Sicherheit beobachtet, und man hat vielfach vermutet, daß die durchdringende Höhenstrahlung Zerstrahlungsvorgängen ihren Ursprung verdankt. Wenn es gelänge, die Selbstbeschleunigung von Kernreaktionen zu erzwingen, wäre die mächtige Energiequelle der Atomkerne erschlossen. Von der gewaltigen Wirkung dürfte es schwer sein, sich eine Vorstellung zu machen. Man kann nicht wissen, ob es überhaupt im Bereich des Möglichen liegt, solche Energien zu bändigen. Und wenn auch dies gelingt, wird die sittliche Kraft im Menschen dieser neuen Steigerung seiner Macht gewachsen sein? —

# Der metallische Werkstoff.

## Seine Vervollkommnung durch Technik und Wissenschaft\*)

Von *Werner Köster*, Stuttgart\*\*)

Der metallische Werkstoff ist ein uraltes Kulturgut der Menschheit. Die ersten Anzeichen seiner Verwendung gehen auf das fünfte Jahrtausend vor Christi Geburt zurück. Ausgedehnte Zeiträume der Folgezeit werden nach den vorherrschend vorgefundenen Metallen oder Legierungen benannt, so die Kupferzeit, die Bronze- und die Eisenzeit. In dieser Art der Bezeichnung äußert sich offensichtlich eine den Metallen zugemessene ausgezeichnete Bedeutung in der Entwicklung der Menschheit. In der Tat, in dem Metall hat der Mensch den formbarsten und in seinen Eigenschaften vielseitigsten Werkstoff gefunden, den die Natur ihm zu geben vermochte.

Allerdings hat es lange, sogar sehr lange gedauert, bis die in den Metallen schlummernden unzähligen Nutzungsmöglichkeiten erkannt und ausgewertet wurden. Gleichwohl lehrt allein die Anschauung bei dem Vergleich von Metall als Werkzeug gegenüber dem bis dahin allein gebräuchlichen Holz und Stein, daß die Erzeugung von Metall eine der einschneidendsten und umstürzendsten Erfindungen der Menschheit gewesen ist. Durch sie ist dem Menschen erst recht eigentlich die Herrschaft auf dem Boden und über den Boden ermöglicht worden. Einen Gesichtspunkt wollen wir besonders hervorheben, der die Überlegenheit der Metalle gegenüber allen anderen Werkstoffen ganz wesentlich bedingt. Holz und Stein können nur durch Abspaltung von Stoffteilen bearbeitet und geformt werden. Der endgültig erstrebte Gegenstand muß also notwendig vorher im Rohkörper erhalten sein. Metall kann dagegen verformt werden, ohne daß es seinen Zusammenhang verliert. Es kann gestreckt oder gestaucht,

---

\*) Vortrag auf der ordentlichen Hauptversammlung der Kaiser-Wilhelm-Gesellschaft zur Förderung der Wissenschaften in Stuttgart am 25. Juni 1935.

\*\*) Der Verfasser ist seit 1934 Direktor am Kaiser-Wilhelm-Institut für Metallforschung in Stuttgart und o. Professor für angewandte Metallkunde an der Technischen Hochschule daselbst. Er war zwölf Jahre in der Eisen- und Metallindustrie als technisch-wissenschaftlicher Forscher tätig. Seine metallkundlichen Arbeiten sind im wesentlichen im „Archiv für das Eisenhüttenwesen“ und der „Zeitschrift für Metallkunde“ erschienen.

gebreitet und getrieben, gebogen und verdreht, gelocht und auch durch Schweißen wieder zusammengefügt werden. Kurz, es ist innerhalb der selbstverständlichen Grenzen unabhängig von der Ausgangsform jeder beliebigen Formgebung zugänglich. Bedenkt man dazu, daß es während oder nach der Erzeugung verflüssigt und damit durch Gießen in Hohlkörper geformt werden kann, so sehen wir, welch ungeheure schöpferische Gestaltungsmöglichkeiten dem Menschen durch die Metallgewinnung eröffnet worden sind.

Dem Metall sind vom Beginn seiner Auffindung an vier Aufgaben zugewiesen worden. Zuvorderst wurde es der Werkstoff für die Waffe, alsdann der für Werkzeuge und Geräte aller Art. Daneben wurden Gegenstände des Schmucks und der Kunst aus ihm gefertigt, und schließlich diente es als Tauschmittel und Wertmesser. So ist es bis heute geblieben. Doch hat seine Bedeutung in ungeahntem Maße zugenommen; es ist zum tragenden Gerüst unserer technischen Kultur geworden. Ohne Metall ist unsere Zeit ja überhaupt undenkbar. Die gesamte Energieerzeugung und -versorgung, das Verkehrswesen mit Eisenbahn, Kraftwagen, Dampfer und Flugzeug, das Nachrichtenwesen mit Fernsprecher, Fernschreiber und Rundfunk baut auf der Verwendung von Metallen auf. Der Siegeszug der elektrischen Glühlampe ist an die Herstellung des Wolfram-Metallfadens geknüpft. Dazu sind die verschiedensten Industrien — denken wir nur an die chemische Großindustrie — auf die Belieferung mit Metall als Werkstoff ihrer Anlagen angewiesen. Ehe indessen das Metall zu dieser Bedeutung aufstieg, brauchte es einen langen Weg, dessen Hauptverlauf wir uns jetzt in großen Zügen zuwenden wollen.

Die Metallerzeugung ist eine Zufallsentdeckung gewesen, die dann durch fortgesetzte Naturbeobachtung ausgebaut und zum unverlierbaren Erfahrungsschatz geworden ist. Im Anschluß an die Entdeckung des neuen Werkstoffes ist die Technik der Formgebungsverfahren alsbald in ihren Grundzügen festgelegt worden. Einmal verstand man das Metall durch Gießen zu formen, zum anderen gelangte man zur Verarbeitung im festen Zustand, die zuerst durch Hämmern in der Kälte, hernach auch durch Schmieden in der Wärme erfolgte. Beide Verfahren wurden in sinnvollster Weise der Eigenart der einzelnen Metalle angepaßt.

• Das erste Metall, das der Mensch anscheinend kennenlernte, war das gediegen vorkommende Edelmetall Gold. Gediegen waren ihm daneben noch Silber, Kupfer, dazu das Meteoreisen zugänglich. Hernach sind es außerdem die leicht aus ihren Erzen zu befreienden Metalle Eisen, Kupfer, Blei und Zinn gewesen, die ihm zur Verfügung standen. Das Zinn wurde bald in dem der Verarbeitung zuträglichen Höchstmaß von rund 10% dem Kupfer zulegiert; es entstand die

Abb. 2  
 Petrus, deutscher Eisenguß aus dem 15. Jahr-  
 hundert. Sebaldus-Grabmal des Peter Vischer



Abb. 1. Hermes, grie-  
 chischer Bronzeuß aus  
 dem 4. Jahrh. v. Chr.

Bronze. Und durch Zusatz eines zinkhaltigen Erzes zum Kupfer wurde das Messing erschmolzen. Daneben kannte das Altertum noch ein hochbedeutsames Wärmebehandlungsverfahren, das Härten des Stahles, also das Ablöschen kohlenstoffhaltigen Eisens von der Schmiedetemperatur in Wasser.

Dieser Stand der Metalltechnik hat sich Jahrtausende hindurch erhalten. Er ist, abgesehen von den vorgeschichtlichen Zeiten, maßgebend für die Kulturen des geschichtlichen Altertums der Völker aller Erdteile und reicht bis in die Neuzeit hinein. Er ist, obwohl die

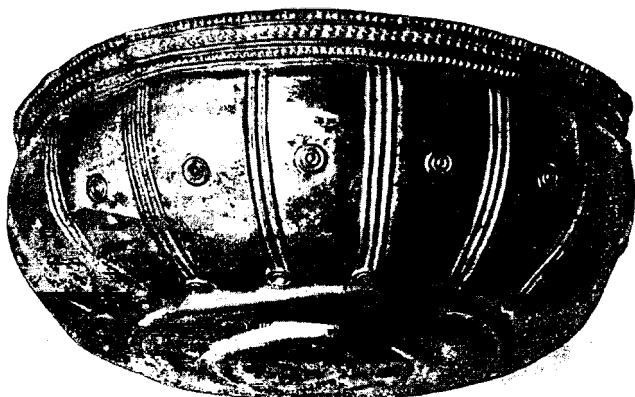


Abb. 3. Goldene Schale aus einem Fürstengrab bei Cannstatt, 6. Jahrh. v. Chr.

technischen Verfahren noch einfach waren, keineswegs unzulänglich gewesen. Mit diesen Mitteln haben Jahrhunderte vor Christi Geburt die großen griechischen Künstler, hat 15 Jahrhunderte nach Christi Geburt der Deutsche *Peter Vischer* seine unvergänglichen Werke gestaltet. Eine Hermesdarstellung aus dem 4. Jahrhundert vor Christi Geburt, die Figur des Petrus von dem Sebaldus-Grabmal des *Peter Vischer*, Abb. 1 und 2, sind nur zwei Beispiele einer ungewöhnlich künstlerischen Beherrschung des metallischen Werkstoffes. Mit diesen Mitteln sind Schmuckstücke feinsten Zeichnung und köstlicher Schönheit ausgeführt, Abb. 3, sowie mannigfache Geräte des täglichen Lebens hergestellt worden. Aber ob es sich dabei um eine kunstvolle Ritterrüstung oder um das einfachste, Tageszwecken dienende Gitter handelt,



Abb. 4 und 5, stets verband sich zu jenen Zeiten mit der zweckmäßigen Gestaltung der Gegenstände der Sinn für schöne Formen. Diese Einheit und die sich in ihr ausprägende Freude am Schaffen und Gestalten wurde erst durch den mit der aufkommenden Industrie verbundenen Gesinnungswechsel der Menschen zerstört. Heute hat man den in der Barockzeit erstmalig sich ankündigenden Fehler erkannt. Einsicht und Umkehr sind am Werk.



Abb. 4. Rüstung Kaiser Maximilians,  
16. Jahrh.

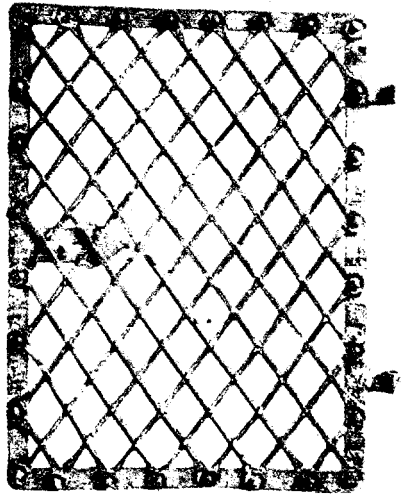


Abb. 5. Schmiedeeisernes Türgitter

Ein weiteres wesentliches Kennzeichen der vorwissenschaftlichen Stufe der Metalltechnik ist die mündliche Vererbung der Erfahrungen von Geschlecht zu Geschlecht. Nur Eingeweihte kannten die Kunstgriffe des Handwerks, die, wie so oft in vormaliger Zeit, von den Priestern gehütet und unter ihrer Aufsicht ausgeübt wurden. Damit war die Gefahr verbunden, daß wertvolle Erfahrungen vergessen wurden, verloren gingen und wieder neu entdeckt werden mußten, so wie es denn auch tatsächlich geschehen ist. Einzelne Erzeugnisse legen noch Rechenschaft ab über den gelegentlich ungewöhnlich hohen Stand früheren Könnens, der für uns Heutige technische Rätsel in

sich birgt. Aus diesen Umständen leitet sich die Wertschätzung ab, die denjenigen Menschen entgegengebracht wurde, die die Metalle zu behandeln verstanden. In vielen Sagen spielt die Gestalt des Schmiedes eine hervorragende Rolle, so die des Hephästos in der griechischen, die Wieland des Schmiedes in der deutschen Sage. In späterer mittelalterlicher Zeit lag die Weitergabe der Erfahrungen in der Hand der Zunftmeister, die mit ihrem Erbzeichen für die Güte der von ihnen hergestellten Ware einstanden. Einzelne dieser Zeichen haben sich bis auf den heutigen Tag erhalten. Die großen Werke unserer Zeit haben die alte Sitte übernommen. Sie hürgen mit ihren neuen Zeichen, die wie etwa die bekannte Zwillingssmarke von Henckels, Solingen, zum Teil schon wieder auf eine mehr als hundertjährige Geschichte zurückblicken, für den inneren Wert ihrer Werkstoffe.

Die geschichtliche Entwicklung des metallischen Werkstoffes ist eng, bis zum Ausgang des 18. Jahrhunderts sogar ausschließlich an die Vervollkommnung der Hüttentechnik gebunden. Diese lehnt sich ihrerseits an die allgemeinen Entwicklungsbahnen der technischen Fähigkeiten des Menschen an. Die einzelnen Stufen werden ausschlaggebend durch die Erschließung neuer Energiequellen gekennzeichnet. Maschinen treten an die Stelle der Muskelkraft. Wind und Wasser werden zur Arbeitsleistung herangezogen, Dampf und Elektrizität als neue Energiequellen gewonnen. Daraus ergab sich eine Steigerung der mechanischen Leistung aller hüttenmännischen Vorrichtungen, die wir uns in Bildern vergegenwärtigen wollen.

Wir folgen dem Gang der Dinge und beginnen mit der Metallherzeugung. Ursprünglich wurden die Metalle in Gruben oder niedrigen Schachtöfen aus Lehm und Stein erschmolzen. Abb. 6 zeigt einen kürzlich freigelegten Rennfeuerofen aus dem Siegerland. Das obere Loch ist die Gicht, durch die das Erz mit dem Brennstoff vermischt eingeführt wurde; dem unteren Loch wurde die teigige Eisenluppe entnommen. Wegen der Bedeutung eines kräftigen Luftzuges für die Erzielung hoher Temperatur baute man die Öfen gern an Hängen, um den Hangwind auszunutzen. So steht auch der erwähnte Siegerländerofen am Hang. Als man dann Blasebälge zur Hilfe nahm und diese wiederum mit Wasserkraft betrieb, verlegte man ihren Standort an die Flußläufe ins Tal. Und als weiterhin die Kohle zum Antrieb von Gebläsemaschinen und dazu auch noch zur Verhüttung der Erze ausgebeutet wurde, siedelten die Hütten sich in den kohlenreichen Gegenden an. Jede dieser Maßnahmen führte zu einer Vergrößerung und Leistungssteigerung der Öfen. Und so entstanden aus dem eben gezeigten niedrigen Ofen die heutigen Hochöfen, Abb. 7, mit einer Höhe bis zu 35 m.

Jeder dieser Schritte brachte aber auch eine Erhöhung der Verbrennungstemperatur mit sich. Diese Wirkung war allerdings vorwiegend nur für das höchstschmelzende der bekannten Metalle, das Eisen, von Belang, für dieses jedoch von ganz außergewöhnlicher Bedeutung. So konnte es denn geschehen, daß der Schmelzpunkt des Eisens erreicht wurde und daß eines Tages aus dem Ofen flüssiges Eisen floß. Weil dieses Eisen — Roheisen nennen wir es heute — im Gegensatz zu dem bisher nur im teigigen Zustand angefallenen und schmiedbaren Eisen sehr spröde war, belegte man es mit dem liebenswürdigen Namen „pig iron“, auf gut deutsch „Saueisen“. Bis zur Gewinnung auch des



Abb. 6. Rennfeuerofen, Siegerland

schmiedbaren Eisens aus dem Schmelzfluß dauerte es von da ab noch eine gute Weile. Bekanntlich ist die Erzeugung von Flußeisen erst in der Mitte des vorigen Jahrhunderts gelungen. Das Roheisen lernte man indessen bald schätzen. Einmal vergoß man es in Formen; zum anderen wurde das durch Verunreinigungen verdorbene Eisen wieder frisch und gut gemacht, indem es durch Umschmelzen unter geeigneten Bedingungen in schmiedbares Eisen verwandelt wurde.

Damit wenden wir uns einer zweiten Entwicklungslinie im Ofenbau zu, die darauf abzielt, den wärmeerzeugenden Vorgang von dem chemisch-metallurgischen zu trennen. Im Schachtofen, Abb. 8, wird der Brennstoff mit dem Erz gemischt aufgegeben. Er dient gleichzeitig zur Erzeugung der erforderlichen hohen Temperaturen und zur Ent-

bindung des Metalles aus dem Erz. Die Güte des Metalles hängt also in hohem Maße von der Beschaffenheit des Brennstoffes ab. Günstiger liegen die Verhältnisse schon bei dem Flammofen, Abb. 9, bei dem der Einsatz durch die über ihn hinweggeführten, andernorts erzeugten Verbrennungsgase erhitzt und geschmolzen wird. Noch günstiger ist das

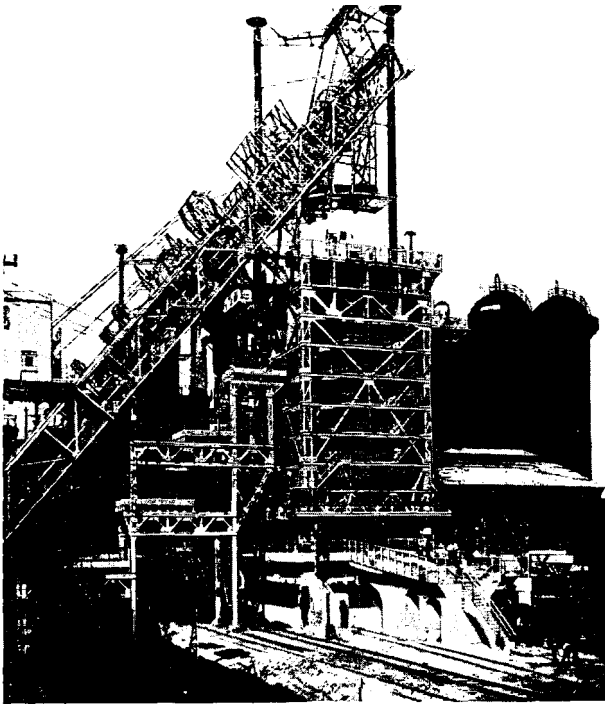


Abb. 7. Hochofen

Schmelzen in einem von außen beheizten Tiegel, Abb. 10, denn nun kommen auch nicht einmal die Flammengase in Berührung mit dem flüssigen Metall. Indessen ist diese Art der Beheizung unwirtschaftlich, weil die Wärme von außen her durch den trennenden Tiegel hindurch dem Metall zugeführt werden muß. Außerdem wird der Tiegel stark erhitzt und damit ungemein reaktionsfähig. Hier bedeutet nun die Einführung der elektrischen Beheizung einen erheblichen Fortschritt. Die Heizung kann durch einen Lichtbogen besorgt werden, der

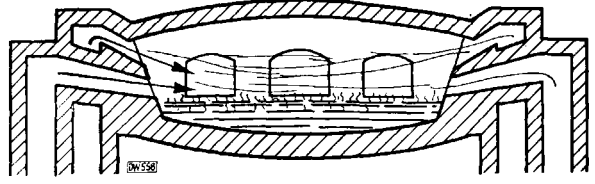
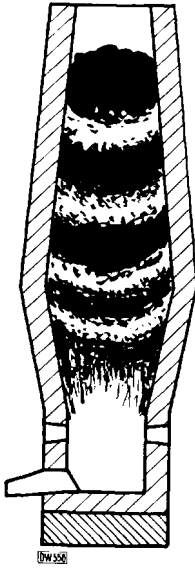


Abb. 8. Schachtofen

Abb. 9. Flammofen

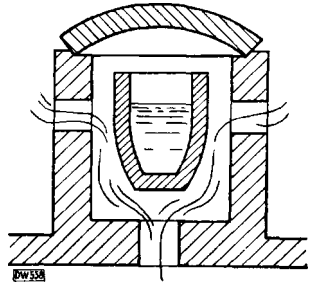


Abb. 10. Tiegelofen

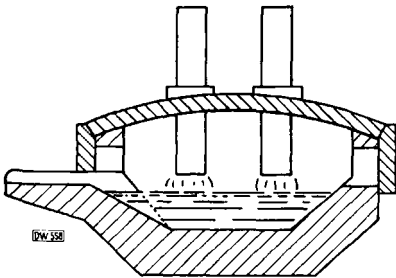


Abb. 11. Lichtbogenofen

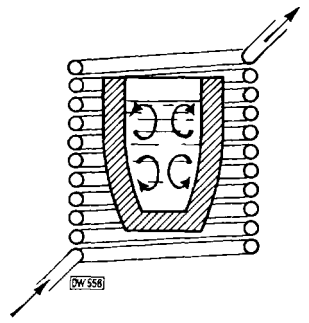


Abb. 12. Hochfrequenzofen

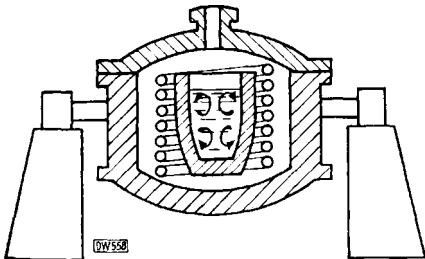


Abb. 13. Hochfrequenz-Vakuumofen

zwischen dem Metall oder der Schlacke und Kohlelektroden erzeugt wird, Abb. 11. Am wirkungsvollsten wird das erstrebte Ziel aber durch den heutigen Hochfrequenzofen erreicht, Abb. 12. Es ist dies ein tiegelartiges Schmelzgefäß, das von einer wassergekühlten Kupferspirale umgeben ist, die als Primärspule mit Wechselstrom hoher Frequenz gespeist wird. Die Erhitzung kommt durch induktiv erzeugte Wirbelströme im Metall selbst zustande. Die Beheizung erfolgt nunmehr durch unmittelbare Zufuhr von Energie unter Ausschaltung jeglicher chemischer Umsetzungen. Die unvermeidliche Einwirkung des Tiegelwerkstoffes auf das Metallbad ist der Eigenart des Ofens entsprechend



Abb. 14. Kupferhammer bei Eberswalde, um 1660

auf das Mindestmaß beschränkt, und der Einwirkung der Gasatmosphäre kann man die Schmelze zudem auch entziehen, indem man den ganzen Ofen in einen luftleeren Raum einbaut, Abb. 13.

Die eben geschilderte Entwicklungsbahn hat ganz entscheidende Auswirkungen auf die stoffliche Vervollkommnung der Metalle und Legierungen gehabt. Ehe wir aber hiervon eingehender sprechen, wollen wir den Ausbau der Hüttentechnik im Hinblick auf die Metallverarbeitung betrachten.

Das ursprünglichste Werkzeug der Metallverarbeitung ist der Hammer, das Gerät der schaffenden Schmiede, heute noch das Wahrzeichen der Hüttenleute. Den Hammer, von einem Wasserrad getrieben, zeigt Abb. 14; er stammt aus dem Jahre 1660 und ist ein Kupferhammer bei Eberswalde. Die letzte Stufe der Entwicklung gibt

Abb. 15 wieder, eine 15 000 t-Schmiedepresse, die gewaltige Stahlblöcke zu schmieden gestattet.

Bis in das späte Mittelalter hinein wurde in Europa Draht entweder geschmiedet oder als Streifen aus gehämmerten Blechen geschnitten. Die Einführung des Ziehens von Draht durch ein sich verjüngendes Loch eines harten Körpers fällt erst in diese Zeit. Die Er-

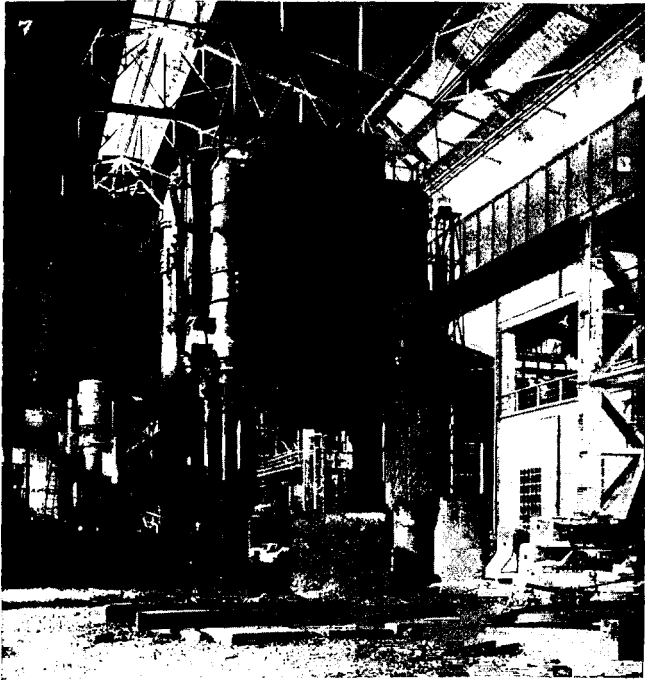


Abb. 15. 15 000 t-Schmiedepresse (1934)

findung des Verfahrens als solche mag jedoch älteren Ursprungs sein. Sehr einfache Ziehvorrichtungen kennen wir von afrikanischen Negern, Abb. 16. Man hat durch Beobachtung ihrer Tätigkeit festgestellt, daß ein Draht unter diesen Arbeitsbedingungen 250 mal durch das Loch gezogen und ausgeglüht werden muß, um seinen Durchmesser von 5 auf 1,2 mm zu verringern. Einen Drahtzieher aus der Zeit des Mittelalters zeigt Abb. 17. Er sitzt auf einer Schaukel, auf der er hin- und herschwingt und unter Ausnützung der Schwingkraft des Körpers stärkere Drähte zu ziehen vermag als von Hand allein. In letzter Zeit

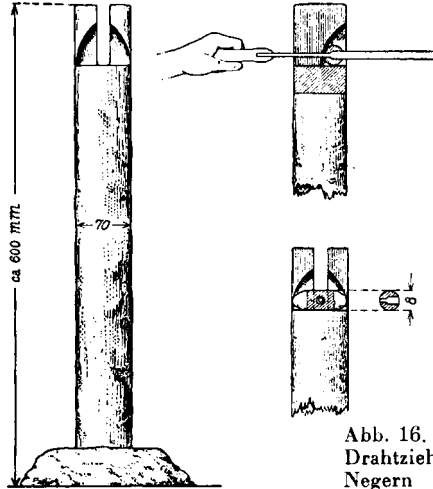


Abb. 16. Vorrichtung zum Drahtziehen bei afrikanischen Negern

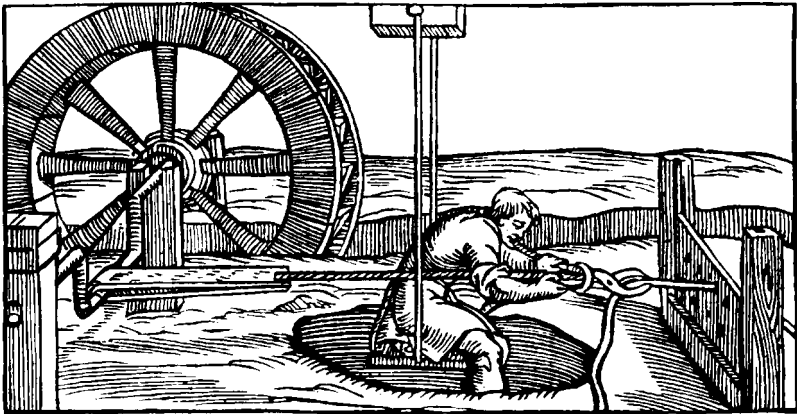


Abb. 17. Drahtzieher auf der Schaukelbank

ist man dazu übergangen, den Draht hintereinander in einem Arbeitsgang ohne Zwischenglühung durch mehrere Düsen zu ziehen. Am vorderen Ende eines solchen Mehrfachdrahtzuges, Abb. 18, sitzt der zu verarbeitende Drahring, am hinteren Ende die Aufspulvorrichtung. Dazwischen sitzen 12 Einzelmotoren mit Ziehscheiben und vorgelegten Ziehsteinen. Auf einer derartigen Maschine kann ein Kupferdraht von 2,4 auf 0,6 mm Dmr. gezogen werden bei einer Endgeschwindigkeit von 700 m je Minute.



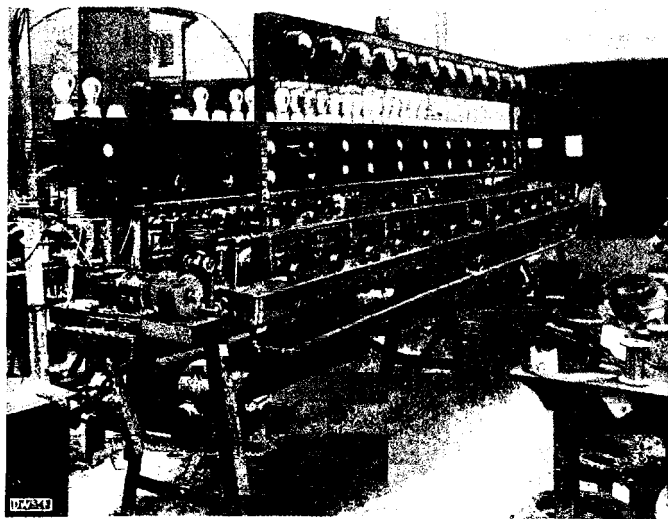


Abb. 18. Mehrfachdrahtzug

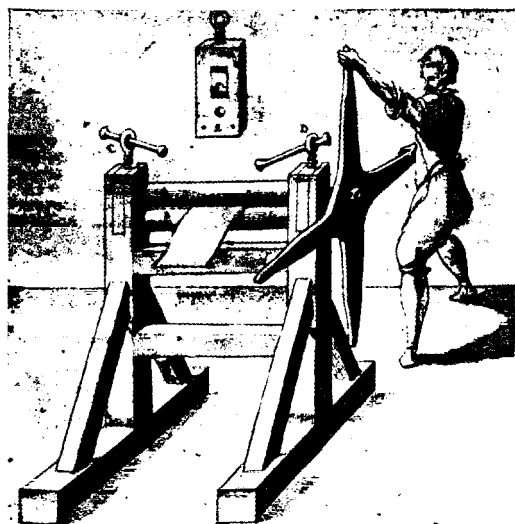


Abb. 19. Walzwerk für Blei

Auch das Walzverfahren stammt erst aus jüngerer Zeit. Eine frühe Ausführung eines Walzwerkes für Blei und Zinn zeigt Abb. 19, indes aus Abb. 20, die eine heutige Blockwalze zeigt, zu entnehmen

ist, welcher gewaltige Fortschritt zwischen damals und heute liegt. Auch hier ist die neueste Entwicklung einen ähnlichen Weg wie beim Drahtziehen gegangen. Abb. 21 zeigt eine Knüppelstraße, die aus 41 hintereinander aufgebauten Walzen besteht und die Verformung des

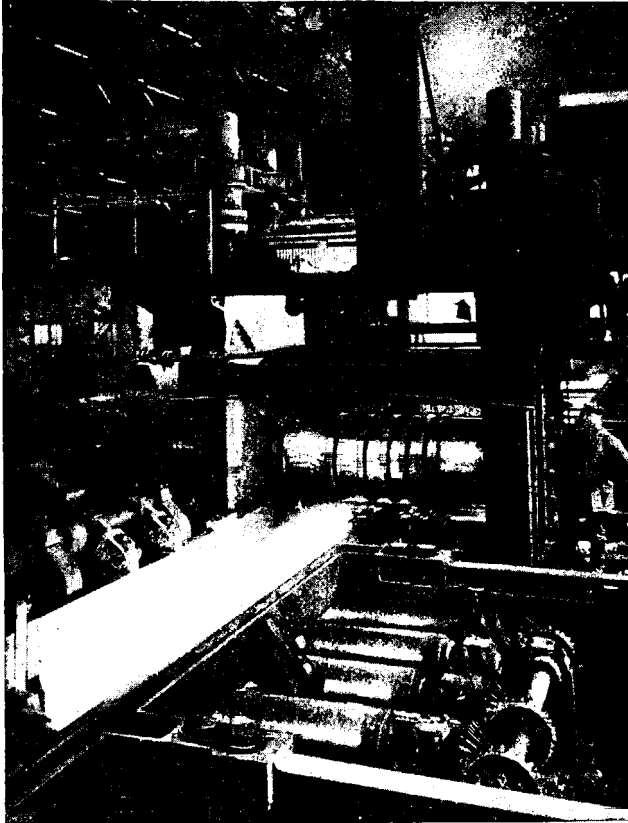


Abb. 20. Walze für Stahlblöcke

Walzgutes in einer Hitze gestattet. Der eintretende Knüppel streckt sich und wird von immer mehr Walzen erfaßt, so daß er am Ende in 20 Gerüsten gleichzeitig steckt. Bei dieser Arbeitsweise ist eine sehr gleichmäßige Verarbeitung gewährleistet. Zudem wird viel Zeit erspart. Während bisher ein Knüppel von 60 auf 12 mm Dmr. in 6 bis

8 Stunden ausgewalzt wurde, durchheilt er die abgebildete Walzenstraße bei gleicher Querschnittsabnahme in etwa 2 Minuten.

Auf die Wiedergabe anderer Verformungsmaschinen möchte ich verzichten. Indessen würde eine allzugroße Lücke entstehen, wenn nicht auf zwei neuzeitliche Verfahren noch kurz verwiesen würde. Das eine ist das Walzen nahtloser Rohre. Es ist eine ruhmvolle Erfindung deutscher Ingenieure. Das andere ist das Strangpressen, bei dem ein Metallblock in der Hitze durch die willkürlich geformte Öffnung einer Stahlscheibe herausgepreßt wird, so daß Stangen oder Drähte mit den vielseitigsten Querschnitten entstehen.



Abb. 21. 41 gerüstiges Walzwerk

Die geschilderte Förderung der Metallerzeugung und -Verarbeitung durch die Erschließung neuer Kraftquellen sowie durch die erfindेरische Neugestaltung von Verfahren und Maschinen bewirkte eine ständige Leistungssteigerung, die den Hüttenbetrieben die Entfaltung zu einer Industrie von größtem Umfang und höchster volkswirtschaftlicher Bedeutung ermöglichte. Dieser Aufschwung konnte in Anlehnung an die Vervollkommnung der Hüttentechnik erfolgen, weil in den Hüttenbetrieben neben der Stofferzeugung die Stoffverarbeitung von ausschlaggebender Bedeutung ist. In anderen Industrien ist die Erzeugung des Stoffes Endzweck, wie etwa in der chemischen Industrie die Herstellung von Schwefelsäure, Farbstoffen, Kunstdünger oder

Benzin. Die Metalle liegen dagegen unmittelbar nach ihrer Erzeugung nicht in einer nutzungsfähigen Form vor. Diese muß ihnen vielmehr erst durch mechanische Formgebung vermittelt werden.

Die stoffliche Fortbildung des metallischen Werkstoffes hatte demgegenüber auch nicht im geringsten Schritt gehalten. Dies zeigt am besten eine Bestandsaufnahme der Werkstoffe zu Anfang des vergangenen Jahrhunderts. Zu den von alters her bekannten sieben Metallen: Gold, Silber, Kupfer, Eisen, Zinn, Blei und Quecksilber sind in

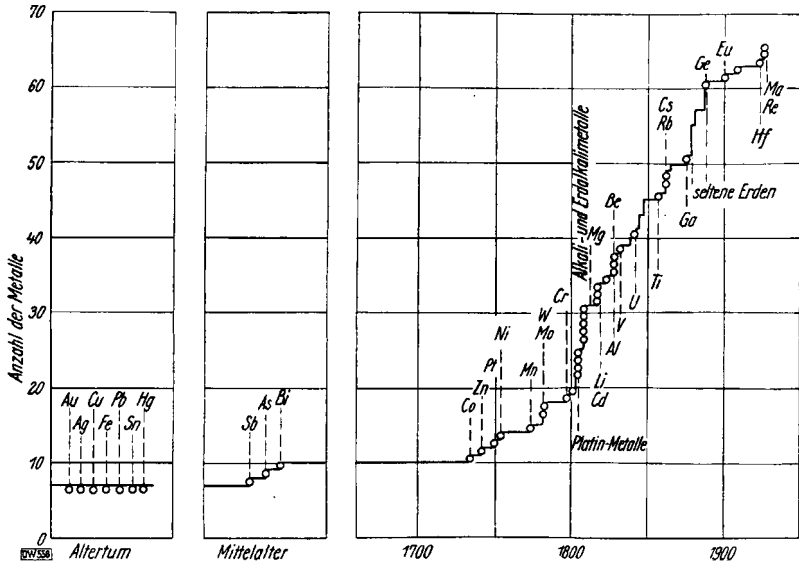


Abb. 22. Reindarstellung der Metalle in zeitlicher Reihenfolge

technischem Maße verwertbar nur ganz wenige hinzugetreten, nämlich Zink und Nickel. Und ebenso gering ist der Zuwachs an Legierungen, also den Mischungen der Metalle untereinander.

Hier hat nun die Wissenschaft eingegriffen und als ersten Beitrag eine ungeheure Bereicherung an metallischen Grundstoffen geboten. In Abb. 22 ist in zeitlicher Reihenfolge aufgetragen, wann die Metalle erstmalig als solche dargestellt worden sind. Bis um das Jahr 1750 hatten sich zu den Urmetallen im 13. bis 15. Jahrhundert nur die technisch wenig bedeutsamen Elemente Arsen, Wismut und Antimon gesellt. Um die Mitte des 18. Jahrhunderts wurden Kobalt, Nickel und Zink entdeckt. Mit der nun aufblühenden chemischen Wissenschaft wurden dann in rascher Folge die übrigen metallischen Elemente aus

ihren Verbindungen befreit. Bis zur Aufnahme einer technischen Erzeugung und zur breiteren Verwendung eines Elementes als Grund- oder Zusatzmetall verstrich aber jeweils noch eine geraume Zeit. Die in Abb. 22 vorgeführte Zusammenstellung enthält ja nur die Angaben, wann die Metalle erstmalig rein dargestellt worden sind. Oftmals sind aber zuerst nur winzige Mengen und diese noch dazu unter großen versuchsmäßigen Schwierigkeiten erhalten worden. An eine Darstellung in größerem Ausmaß und eine Verwendung für legierungstechnische Zwecke war meist noch lange nicht zu denken. Diesen Entwicklungsgang möchte ich an Hand desjenigen des Aluminiums näher erläutern. 1827 erhielt *Wöhler* in Göttingen einige Flitter des Metalles bei der Umsetzung von Aluminiumchlorid mit Kalium. 1854 war das

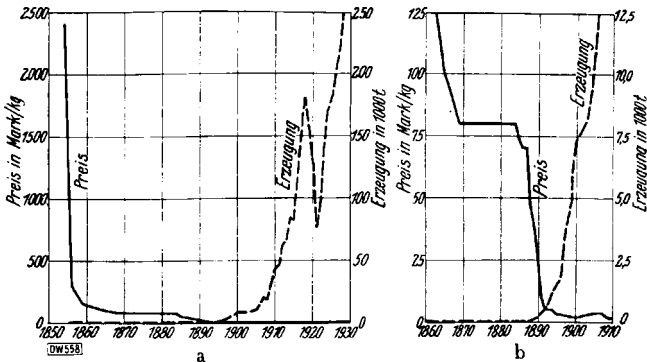


Abb. 23. Entwicklung der Erzeugung und des Preises von Aluminium

heute allgemein durchgeführte Verfahren der elektrolytischen Gewinnung in der Hand von *Bunsen* nur ein beachtenswertes chemisches Experiment. 1886 erst waren die Bedingungen für eine technische Erzeugung im großen gegeben. Diese Entwicklung spiegelt die Erzeugungs- und Preiskurve des Aluminiums wieder, Abb. 23 a u. 23 b. Abb. 23 b ist ein Ausschnitt aus Abb. 23 a in vergrößertem Maßstab, der die Jahre von 1860 bis 1910 umfaßt. 1854 hatte das Aluminium noch Seltenheitswert, 1 kg kostete 2400 RM. Die Erzeugung stieg dann erstmalig um 1890 an, der Preis sank auf 4 bis 5 RM. Die Entwicklung zu einem Werkstoff von Hauptbedeutung fällt schließlich erst in das 20. Jahrhundert.

Der erste Aufschwung um 1890 fällt zusammen mit der Entstehung eines Wissensgebietes, das sich gegen Ende des vorigen Jahrhunderts zwischen die Chemie und Physik einschob, die physikalische Chemie. Die physikalische Chemie hat allein durch die Ermittlung neuer und

die Ausgestaltung alter Verfahren zur Metallerzeugung ganz entscheidenden Anteil an der Vervollkommnung des metallischen Werkstoffes genommen. Darüber hinaus ist sie aber noch der Ausgangspunkt einer wissenschaftlichen Metallkunde geworden. Die physikalische

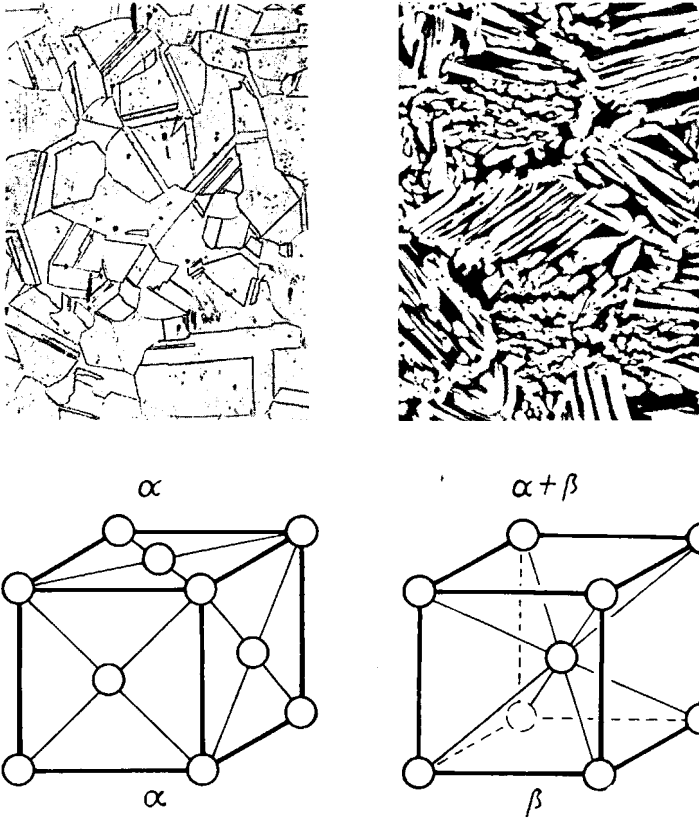


Abb. 24. Gefüge und Raumgitter zweier Kupfer-Zink-Legierungen

Chemie ist ihrer Natur als Grenzwissenschaft gemäß hierzu ausersahen gewesen, weil auch zur Metallkunde verschiedene Wissenschaftsrichtungen ihren Anteil beisteuern.

Vier Hilfsmittel haben im wesentlichen den Grund gelegt für die Metallkunde. Das erste, von der Chemie geboten, ist die chemische Analyse, die die Zusammensetzung einer Legierung festzustellen ge-

stattet. Die chemische Analyse ist heute zu einer unentbehrlichen Selbstverständlichkeit geworden. Zwei weitere Hilfsmittel sind physikalischer Art. Sie gestatten uns, in den Aufbau der Metalle tiefer hineinzusehen. Das eine ist das Mikroskop, das das Wahrnehmungsvermögen des Auges verstärkt. Mit seiner Hilfe wurde erkannt, daß die Metalle aus zahllosen kleinen Kristallkörnern zusammengesetzt sind und daß es zwei Legierungsmöglichkeiten gibt. Ein zugesetzter Stoff kann entweder von dem Grundmetall gelöst werden oder erscheint als gesonderte Kristallart. So zeigt Abb. 24 auf der linken Hälfte das Gefüge einer Messingsorte mit 30 % Zink, das genau so einheitliche Kristallkörner aufweist, wie das reine Kupfer. Setzt man aber etwas mehr Zink, etwa 40 % zu, so tritt neben der vorher beobachteten hellen eine zweite, schwarz geätzte Kristallart hervor. Da die Art, die Größe und die Verteilung der Gefügebestandteile sich mit der Temperatur ändert und von der Wärmebehandlung sowie auch von der stattgefundenen Formgebung abhängt, so können aus dem Gefügebild weitgehende Schlüsse auf den Zustand und die Vorgeschichte einer Legierung gezogen werden.

Das andere physikalische Hilfsmittel sind die Röntgenstrahlen, die Kunde von dem atomistischen Aufbau der Metalle geben. Jeder ihrem mikroskopischen Gefüge nach bekannten Kristallart kann jetzt ein aus Atomen bestimmter Anordnung gebildetes Raumgitter zugeordnet werden. In Abb. 24 sind die zu den Gefügebestandteilen gehörigen Kristallgitter angegeben. Die Atome der hellen Kristallart sitzen an den Ecken und in den Mitten der Seitenflächen eines Würfels, die der schwarzen Kristallart in den Ecken und in der Raummittle eines Würfels. Da die Eigenschaften der Metalle in den verschiedenen Kristallrichtungen nicht gleichwertig sind und insbesondere ihr Verhalten bei der Verformung wesentlich von ihrem Kristallaufbau abhängt, ist die Kenntnis der Atomanordnung der Kristallarten von grundlegender Bedeutung.

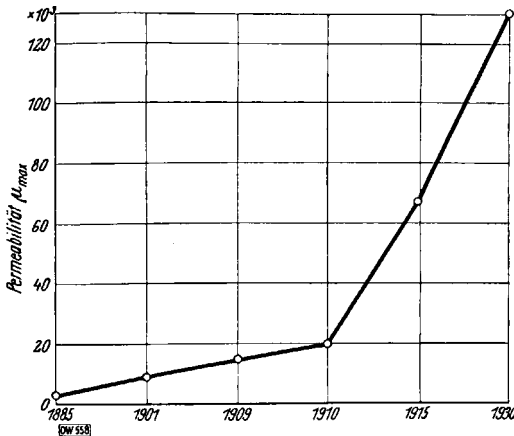
Das vierte Mittel der Metallkunde ist die Lehre von den heterogenen Gleichgewichten, das eigenste Werkzeug der physikalischen Chemie. Es ist das ordnende Prinzip, das das Verhalten der Metalle zueinander und in Abhängigkeit von Temperatur und Druck in Zustandsschaubilder zusammenfaßt. Abb. 25 zeigt als Beispiel das Zustandsschaubild der Eisen-Kohlenstofflegierungen. Die Linien ordnen bestimmte Temperaturen und Zusammensetzungen einander zu. So gibt die Linie *A B C* die Temperaturen der beginnenden Erstarrung der bei höheren Temperaturen flüssigen Legierungen an, während die unter 1100° gelegenen Linien Umsetzungen im festen Zustand andeuten. Durch die Ausarbeitung dieser Bilder wurde die zunftgemäße Weitergabe der Erfahrungen durch allgemein zugängliche aufgezeichnete,





läßt die Entdeckung dem Zufall, diese ist bestrebt, sie bewußt zu erzwingen und zu lenken. Auch die Naturwissenschaft baut auf Erfahrungen auf, die durch Beobachtung und Experiment gewonnen und ständig überprüft werden. Sie ist also kein haltlos schwebendes Gebilde, obwohl sie mit Vorstellungen arbeitet, die sich der sinnlichen Wahrnehmung zumeist entziehen. Jener bedarf sie jedoch, um die Erfahrung in eine möglichst knappe und scharfgeprägte Form zu bringen. Diese wiederum verwendet sie als Leitgedanken und Grundlage weiterer Forschung und verwirklicht so, indem sie die vorhergesehenen Wirkungen gestattet oder verbietet, gewollte, geistig vorausgeschaut Zustände.

Abb. 26  
Zeitliche Entwicklung der Permeabilität des Eisens



Ich werde nunmehr einige Belege für die Vervollkommnung des metallischen Werkstoffes durch die Wissenschaft geben. Ich knüpfe dabei zunächst an meine voraufgegangenen Ausführungen über die Entwicklung der Schmelzöfen an. Ich schloß hier mit dem Hinweis, daß das metallurgische Erzeugungsverfahren die stoffliche Güte der Metalle und Legierungen ganz wesentlich beeinflusst. Eine Verbesserung beruht nun vorwiegend auf der zunehmenden Reinheit der Werkstoffe, verursacht durch die Ausschaltung der Aufnahme geringer Gehalte an ungewollten Beimengungen aus dem Einsatz, dem Ofenfutter, der Schlacke und der Gasatmosphäre. Nachweislich üben aber gerade die ersten geringen Zusätze fremder Stoffe die stärksten Wirkungen auf die Eigenschaften aus. Unter diesem Gesichtspunkt zeigt Abb. 26 die Wirkung der zunehmenden Entfernung der natürlichen Begleitstoffe des Eisens auf seine magnetische Durchlässigkeit. Diese Eigenschaft steht in enger Beziehung zu dem Energieverlust in Stromwand-

lern. Dieser Verlust betrug 7 W je kg Eisen, ehe die Wissenschaft sich mit diesem Gegenstand abgab. Er konnte in Verbindung mit zweckvoller Legierung des Eisens durch ständige Verbesserung der Reinheit des Werkstoffes auf 1 W herabgesetzt werden. Und das bedeutete, volkswirtschaftlich gesehen, schon im Jahre 1924 eine jährliche Energieersparnis von 50 Mill. RM.

Ein anderes Hauptziel der Metallkunde wird stets die Entwicklung neuer Werkstoffe sein. Da nun die Vorstellungen über den Aufbau der Metalle bis über die Mitte des vergangenen Jahrhunderts hinaus höchst verschwommen waren, war die Erfüllung dieser Aufgabe zu jener Zeit völlig dem Zufall überlassen. Inzwischen ist aber in der von der Wissenschaft dargebotenen Aufbaukunde ein zuverlässiger Wegweiser zu einer bewußten Legierungsentwicklung erstanden. Ein

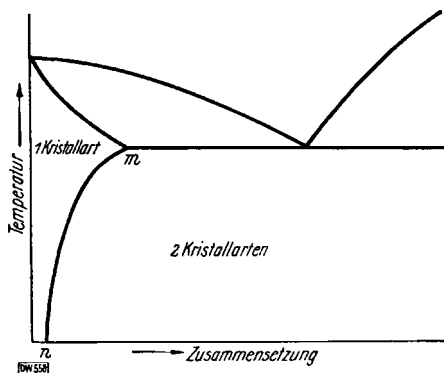


Abb. 27  
Zustandsbedingung  
für Aushärtung

Schulbeispiel dafür, wie durch fortschreitende Auswahl unter Legierungen gleicher Zustandsvorbedingung ein technisch hochwertiges Erzeugnis geschaffen werden kann, liefert die Entwicklung von Dauermagneten auf der Grundlage der Aushärtung. Unter Aushärtung versteht man einen begrenzten Ausschnitt aus den Eigenschaftsänderungen bei der Wärmebehandlung von Legierungen, bei denen eine zweite Kristallart im Grundmetall bei tieferen Temperaturen weniger löslich ist als bei höheren. Das wesentliche Merkmal aushärtbarer Legierungen im Zustandsschaubild, die temperaturabhängige Löslichkeitskurve  $m-n$ , zeigt Abb. 27.

Vor acht Jahren wurde nun an einem aushärtbaren, für Dauermagnete ganz ungeeigneten Werkstoff, dem technischen Eisen, die zunächst rein wissenschaftliche Entdeckung gemacht, daß im Verlaufe des Ausscheidungsvorganges die Koerzitivkraft, die ein Maß für die Güte von Dauermagneten ist, erhöht wird. Indem im Anschluß an diese zunächst unscheinbare Beobachtung nacheinander Legierungen

untersucht wurden, die die eben genannte Zustandsbedingung erfüllen, wurde die Aushärtungswirkung dauernd gesteigert. Abb. 28 ist zu entnehmen, wie die Koerzitivkraft bei dem Übergang von einem

Abb. 28  
Entwicklung der  
Koerzitivkraftaus-  
härterer Eisen-  
legierungen

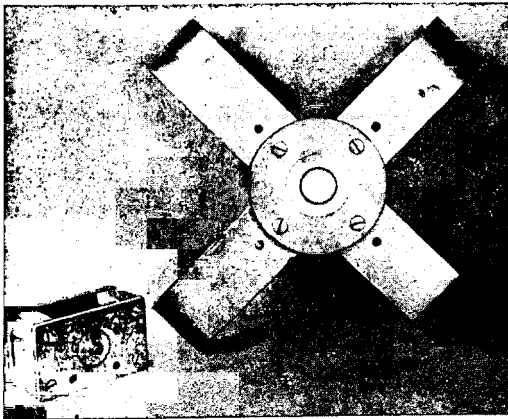
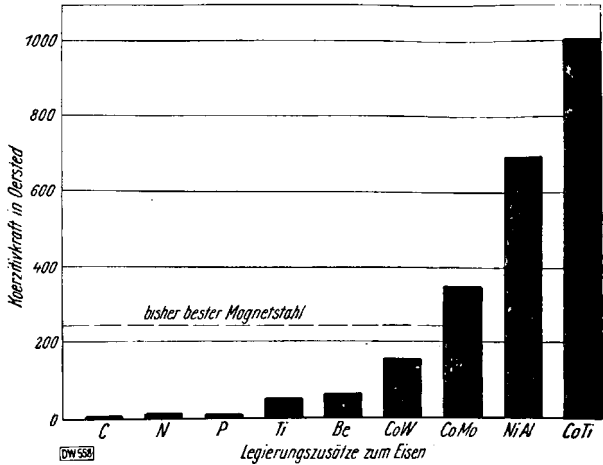


Abb. 29  
Leistungs-  
gleiche  
Magnet-  
systeme für  
Lautsprecher

System zum anderen ständig erhöht wird und schließlich den bis dahin besten Wert eines Magnetstahles, der durch die waagerechte Linie angegeben wird, um das Vierfache übersteigt. Die technische Auswirkung führt Abb. 29 vor, zwei leistungsgleiche Magnetsysteme für Lautsprecher. Der große vierteilige Magnet aus Wolframstahl,

*a* Graphit grobblättrig*b* Graphit feinblättrig

Abb. 30. Gefüge von Gußeisen

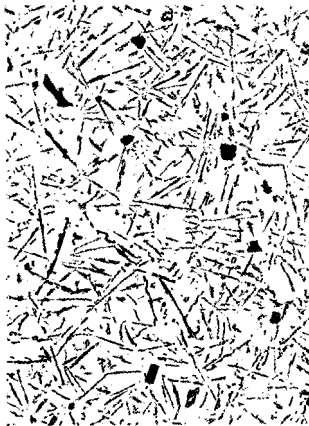
*a* unveredelt*b* veredelt

Abb. 31. Gefüge von Silumin

Baujahr 1927, hat das achtfache Gewicht des kleinen 1933 entstandenen Magneten aus einer kohlenstofffreien ausgehärteten Legierung.

Eine weitere wichtige Aufgabe, die an die Wissenschaft jeweils herantritt, ist die Verbesserung an sich bekannter Legierungen. Für die Wirksamkeit derartiger Arbeit sprechen die Erfahrungen an zwei ihrem

Aufbau nach ähnlich gestalteten Gußlegierungen. Ihr Gefüge besteht aus einem Gemenge der beiden am Aufbau beteiligten Elemente. Je feiner nun die Verteilung der beiden Kristallarten ist, so hat sich herausgestellt, desto wertvoller sind meist die Eigenschaften der Legierung. In Abb. 30 ist das Gefüge eines unbehandelten dem eines veredelten Gußeisens gegenübergestellt. Die neben dem Eisen vorhandene Kristallart ist der Kohlenstoff in Form von Graphit. Bei der groblätterigen Ausbildung des Graphits, die dem Gußeisen seit seiner Einführung als Werkstoff jahrhundertlang zu eigen war, hat es eine Festigkeit von etwa  $12 \text{ kg/mm}^2$ , bei feinblättriger Ausbildung dagegen eine von 25 bis  $35 \text{ kg/mm}^2$ . Diese Verbesserung ist der eingehenden

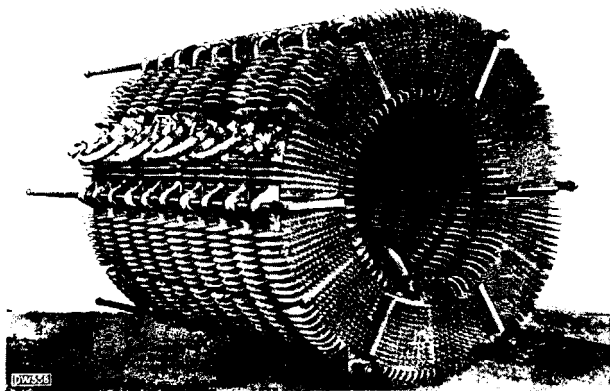


Abb.32. Gußstück  
aus Silumin

wissenschaftlichen Erforschung des Kristallisationsverlaufes der Gußeisenschmelze in der Zeit nach Beendigung des Krieges zu verdanken. Sie hat das Gußeisen als Werkstoff gerettet, das bei dem Andrang überlegener neuer Legierungen wertlos zu werden drohte.

Ähnliches gilt von der Silumin genannten Legierung des Aluminiums mit  $13\% \text{ Si}$ . Sind die Siliziumkristalle, wie auf der linken Hälfte der Abb. 31 zu sehen, nadelig und plattenförmig im Aluminium eingelagert, so ist die Legierung von geringem Wert. Sind sie aber durch geeignete Behandlung der Schmelze, wie auf der rechten Hälfte dargestellt, abgerundet und äußerst fein verteilt, so ist das Silumin eine der wertvollsten Aluminium-Gußlegierungen. In der Abb. 32 ist ein Gußstück aus Silumin wiedergegeben, das seiner verwickelten Form wegen von hohem handwerklichen Können zeugt. Besaßen vergangene Jahrhunderte schon die unübertreffliche Fertigkeit, auserlesene Gegenstände der Kunst aus Metall zu gießen, so verfügt

unsere Zeit sicherlich über eine bisher unerreichte meisterliche Behandlung des metallischen Werkstoffes für technische Verwendungszwecke.

Doch genug der Belege! Vergleichen wir abschließend noch den spärlichen Bestand an Legierungen um die Mitte des vergangenen Jahrhunderts mit der Fülle wertvollster Werkstoffe in unserer Zeit, so kommen wir unweigerlich zu dem Ergebnis, daß das Metall in der Hand der wissenschaftlichen Metallkunde erst zu dem wandlungs- und anpassungsfähigen Werkstoff geworden ist, als den ich ihn eingangs bezeichnet habe. Unabsehbar, verschiedenartig und gegensätzlich sind die Ansprüche, denen das Metall gerecht zu werden vermag. Es gibt säurefeste Legierungen, die widerstandsfähig gegen alle Arten von Säuren sind, hitzebeständige Legierungen für Aufgaben, die früher nur keramische Massen erfüllten; Legierungen für Einschmelzdrähte, deren Ausdehnungskoeffizient dem besonderer Glasarten angepaßt werden kann, ja selbst Legierungen ohne merkliche Verlängerung bei Temperaturwechsel. Es gibt Legierungen hoher magnetischer Sättigung mit verschwindender Ummagnetisierungsarbeit, deren Schleifenform in weiten Bereichen willkürlich den Bedürfnissen der Technik angepaßt werden kann. Daneben gibt es Dauermagnetlegierungen mit erstaunlich hohem Energieinhalt. Jeder Grad an Festigkeit bis zur Diamanthärte, jeder Grad an Zähigkeit bis zum Ausfließen unter eigener Last kann irgendwie erreicht werden. Leichtmetallen ist die Festigkeit geglühten Stahles, kohlenstofffreien Legierungen die gehärteten Stahles gegeben worden. Überlegt man, wieviel Werkstoffe allein zum Bau eines Kraftwagens oder eines Flugzeuges benötigt werden, damit alle die Anforderungen an Tragfähigkeit, Schwingungsfestigkeit, Abnutzungssicherheit, Temperatur- und Korrosionsbeständigkeit erfüllt werden, so kann man nur bewundernd vor dieser Mannigfaltigkeit, vor diesem Reichtum stehen.

Dieser Reichtum wiederum ist eben der Anlaß für die zunehmende Bedeutung der Metalle gewesen, auf die ich ebenfalls eingangs hingewiesen habe. Es ist nicht zuviel gesagt, daß die Bedeutung, Geltung und Entwicklung eines Landes heutzutage nicht nur in Kriegs-, sondern auch in Friedenszeiten in hohem Maße von seinem Metallreichtum abhängt. Es ist deshalb ein Gebot der Selbsterhaltung für ein Land wie Deutschland, das nicht über die ausreichende Rohstoffmenge verfügt, durch eine sinnvolle Metallbewirtschaftung und eine mit allen neuzeitlichen Mitteln betriebene Erschließung neuer Metallquellen und Veredelung des vorhandenen Metallvorrates für Notzeiten vorzusorgen.

Die Vervollkommnung der Erzeugung, Verarbeitung und Eigenschaftsgüte des metallischen Werkstoffes ist, wie vorstehend aufgezeigt wurde, zwei Entwicklungsströmen zuzuschreiben, die ihre Quellen in

der Technik und in der Wissenschaft haben. Nunmehr vorausschauend ist es unsere Aufgabe, das Bett für den weiteren Lauf dieser beiden Ströme zu bereiten und vor allem über das Quellgebiet zu wachen, damit der Pegelstand nicht sinkt oder die Ströme gar versiegen. Ich habe bei meinen Ausführungen bewußt auf die Angabe von Einzelheiten verzichtet, die bei dem heutigen Stande der Erkenntnis erst so recht die Aufmerksamkeit der Fachleute wachrufen würden. Ich habe vielmehr die Auswirkungen der Technik und Wissenschaft auf das Metall als Werkstoff des menschlichen Gestaltungstriebes in den Vordergrund gestellt. Selbstverständlich steht im Hintergrund sämtlicher Dinge ein Fachwissen, ein vielfach wenig anschauliches Rüstzeug, das derjenige beherrschen muß, der seiner Aufgabe mit Erfolg gerecht werden will.

So aber ist es überall. Der Ernte geht ein hartes mühevolleres Tagewerk voran. Der Tondichter muß Kontrapunkt und Harmonielehre beherrschen und der Baumeister Werkstoffkunde und Statik als unerläßliche Grundlage seiner Werke. Und nicht anders ist es in der Technik und der Wissenschaft. Ein Hochfrequenzofen ist nicht zu bauen ohne die eingehende Kenntnis der Gesetze der elektrischen Schwingungen, ein Zustandsschaubild nicht auszuarbeiten ohne die Lehre von den heterogenen Gleichgewichten und ein Röntgenbild nicht auszuwerten ohne mathematische Rechnung. Mögen derartige von der reinen Wissenschaft dargebotene Lehren auch zunächst tagesfern und schwer zugänglich erscheinen, Tatsache ist, daß sie uns einen Einblick in die Zustände der Stoffe und die Herrschaft über die Naturkräfte vermitteln. Wir müssen es deshalb besonders begrüßen, wenn heute die reine Physik sich an der Erforschung des metallischen Zustandes regen beteiligt. Denn es ist zu erhoffen, daß die Kenntnis der inneren Gesetzmäßigkeiten, die aufzudecken sie im besten Zuge ist, zu neuen technischen Nutzenwendungen führen wird.

Wir dürfen uns um so mehr über die bei der reinen Wissenschaft zu beobachtende Anteilnahme freuen, als meine Ausführungen erkennen ließen, daß die mechanisch-technische Beherrschung der Metallerzeugung und -verarbeitung weiter fortgeschritten ist als ihre chemisch-physikalische. Dies gilt in besonderem Maße von der Metallerzeugung, die zum großen Teil noch erfahrungsgemäß betrieben wird. Ihr schwäbischer Landsmann *Fritz Wüst* hat dem bei der Grundsteinlegung des Kaiser-Wilhelm-Instituts für Eisenforschung im vorigen Jahre knapp und treffend Ausdruck gegeben, indem er seine Hammerschläge mit den Worten begleitete: „Ohne guten Arbeiter gibts keinen guten Stahl“. Aber auch die Kenntnisse über die stofflichen Eigenschaften der Metalle und Legierungen sind noch keineswegs abgeschlossen. Wie wäre auch trotz der staunenswerten Erfolge in den

40 bis 50 Jahren seit der Begründung einer Metallwissenschaft eine Erschöpfung der Legierungsmöglichkeiten zu erwarten? Wer wollte glauben, daß durch eine Wärmebehandlung oder ein Sonderverfahren, welcher Art auch immer, keine überraschende Wirkung mehr erzielt oder daß die Güte der Stoffe durch Beeinflussung ihres Erzeugungsweges nicht mehr gesteigert werden könne?

Im Gegenteil, eine umfassende Vermehrung unserer Kenntnisse, verbunden mit der ständigen Verbesserung unserer Untersuchungsverfahren, wird unsere erfinderische Arbeit erleichtern und begünstigen. Für uns gilt also nach wie vor das Wort von *Galilei*: „Alles messen, was meßbar ist, und versuchen meßbar zu machen, was es noch nicht ist.“ Nur so erhalten wir Auskunft über die Wirkungszusammenhänge der uns entgegentretenden Erscheinungen. Nur so fördern wir durch vertieften Einblick in die Bedingnisse seiner Entstehung und seines inneren Wesens die Vervollkommnung des metallischen Werkstoffes. Dieser bedeutsamen Kulturaufgabe zu dienen zum Wohle von Volk und Vaterland ist Ziel und Zweck des Kaiser-Wilhelm-Institutes für Metallforschung, dessen feierliche Einweihung gestern in dem prächtigen Saale des neu aufgebauten Ostflügels des alten Stuttgarter Schlosses stattgefunden hat.

## Bildquellen

- Abb. 1 *M. Sauerland*: Griechische Bildwerke. Königstein und Leipzig 1933. S. 62  
 „ 2 *S. Meller*: Peter Vischer der Ältere und seine Werkstatt. Leipzig 1925. S. 95  
 „ 3 *O. Paret*: Das Fürstengrab der Hallstattzeit von Bad Cannstatt. Stuttgart 1935  
 „ 4 *O. Johannsen*: Geschichte des Eisens. Düsseldorf 1925. S. 45  
 „ 5 *J. Schramm*: Über das Kunstschmiedehandwerk. Berlin 1935. S. 18  
 „ 6 Verein deutscher Eisenhüttenleute, Düsseldorf  
 „ 7 Dortmund-Hörder-Hüttenverein  
 „ 14 Beiträge zur Geschichte der Technik und Industrie. Bd. 17 (1927) S. 146. Berlin. VDI-Verlag  
 „ 15 wie 7  
 „ 16 wie 14 Bd. 14 (1924) S. 194  
 „ 17 wie 4 S. 46  
 „ 18 *W. Rohn*, Heräus-Vakuumschmelze, Hanau  
 „ 19 wie 4 S. 92  
 „ 20 wie 7  
 „ 21 wie 18  
 „ 29 Deutsche Edelstahlwerke, Krefeld  
 „ 32 Metallgesellschaft, Frankfurt a. M.
- Vom Verfasser wurden zur Verfügung gestellt: Abb. 8 bis 13, 22 bis 28, 30, 31.



*Aus dem Deutschen Museum*  
*Neuzugänge der Abteilung „Chemie“*

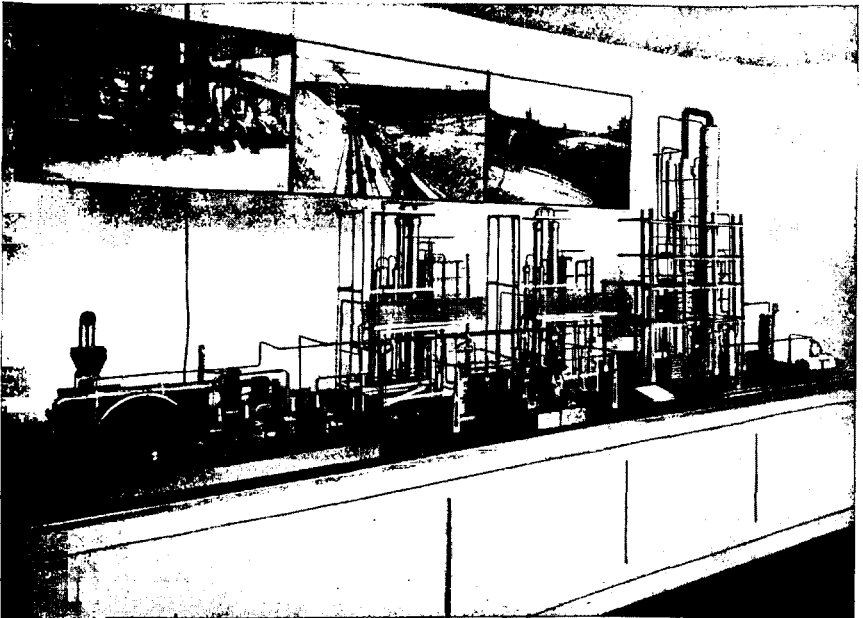


Abb. 1. Nachbildung der Leuna-Benzingewinnung  
 nach dem Braunkohle-Hydrierungsverfahren

*Die Ammoniakwerke Merseburg der I.-G. Farbenindustrie A.-G. bereicherten das Museum durch Stiftung eines großen, teilweise beweglichen Modells der Leuna-Benzingewinnungsanlage, das von der Lehrlingswerkstätte der Ammoniakwerke ausgeführt worden ist.*

*Die Gewinnung von Benzin aus den unerschöpflichen einheimischen Braunkohlenvorräten bedeutet einen Erfolg deutscher Chemiker und Techniker. Internationale Anerkennung fand er in der Verleihung des Nobelpreises an Fritz Bergius, den Begründer des Verfahrens, gemeinsam mit Karl Bosch, der es groß-technisch vollendete.*

Die vier einzelnen Stufen der Benzingerinnung aus Braunkohle lassen sich an der Nachbildung gut verfolgen. Die Braunkohle wird in einem Anreifer mit Öl zu einem Brei angerührt, der durch einen Verdichter mit 200 at Druck zusammen mit Wasserstoffgas in die Reaktionsöfen gepreßt wird. In diesen erfolgt die Bildung von Öl. In einer weiteren Ofengruppe wird das Öl zu Benzin hydriert. Das Benzin gelangt durch eine Destillationsanlage in die Vorrattanks und wird in Kesselwagen abgefüllt.

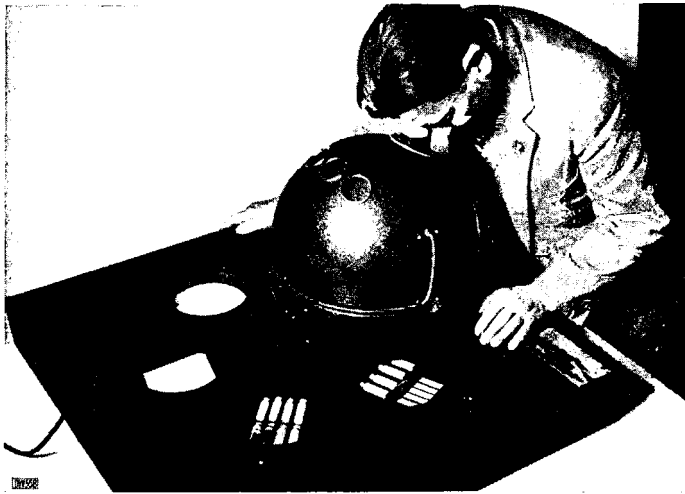


Abb. 2. Museumsgerät für die Luminiszenz-Analyse

Das Modell wurde zunächst in der diesjährigen Sonderschau des Deutschen Museums aufgestellt, welche eine Reihe neuer technischer Werkstoffe zu anschaulicher Darstellung bringt.

Das Deutsche Museum entwickelte zusammen mit der Quarzlampe G. m. b. H., Hanau, ein Gerät für die Luminiszenz-Analyse im ultravioletten Licht. Das Gerät besteht aus einem feststehenden Lampen- und Betrachtungsgebäude und einer drehbaren Scheibe mit sechs Feldern.

Fünf Felder sind mit Objekten gefüllt, welche zur Luminiszenz-analyse geeignet sind, wie Chemikalien, Textilien, Geheimschriften, Falschdrucke. Die Gegenstände können zunächst bei Tageslicht und darauf durch Drehung der Scheibe im Ultraviolettlcht betrachtet werden.

Das sog. Ultraviolettlcht besteht aus einer dunklen Strahlung, in welcher die Farben der Stoffe nicht sichtbar sind, die man bei Tages-

licht beobachtet. Statt dessen bemerkt man bei vielen Stoffen eine neue Erscheinung: sie fluoreszieren und leuchten in verschiedenfarbiger Luminiszenz.

Auf dem Feststellen typischer Luminiszenz beruht diese schnell und bequem auszuführende Form der Analyse. So unterscheidet man echten Bernstein und eine täuschende Imitation bei Tageslicht nicht. Die Fälschung verrät sich aber durch die starke Luminiszenz des echten Steins, welche der Resit-Imitation fehlt.

Das sechste Feld ist freigelassen und für den Museumsbesucher zugänglich gehalten, damit dieser mitgebrachte Stücke wie Briefmarken, Schriftstücke, Stoff- und Materialproben untersuchen kann. Das Gerät wurde dem Museum durch die Hanauer Gesellschaft stiftungsweise überlassen und fand in der Abteilung „Chemie“ seine Aufstellung.

Dr. Rud. Sachtleben



# Kunstseide und Zellwolle (Stapelfaser)

Von *O. Faust*, Berlin-Friedenau \*)

Das Streben des Menschen, künstliche Fasern zu erzeugen, wie die Natur sie hervorbringt, ist schon alt; insbesondere hat schon lange die Erfindertätigkeit der Wunsch angeregt, einen endlosen Faden herstellen zu können, der ähnlich dem natürlichen Seidenfaden ist, weil die Naturseide wegen ihrer besonders angenehmen Eigenschaften und nicht zuletzt auch wegen ihres immer verhältnismäßig hohen Preises das Ziel der Wünsche vieler Verbraucher war, und es somit auch einträglich erschien, einen der Naturseide ähnlichen Faden künstlich in großen Massen herzustellen.

## Der Spinnvorgang

Das Spinnen von Kunstseide oder Kunstfaser erschien noch vor wenigen Jahren den Fernerstehenden häufig als eine gewisse schwarze Kunst, da sie die vielfach gelesenen Mitteilungen nicht recht verstehen konnten, nach welchen aus Holz Kunstseide gesponnen wird.

Die Ursache hierfür liegt in der allzu kurzen Sprechweise, die vieles verschweigt, was gesagt werden muß, um den Vorgang der Herstellung von Kunstseide auch dem Fernerstehenden verständlich zu machen.

Zunächst sei gesagt, daß der Ausdruck „Spinnen“ von dem Laien fast immer als „mechanisches Spinnen“ verstanden wird, daß er also an die Verspinnung von Kurzfasern wie Flachs, Wolle oder Baumwolle u. dgl. m. zu Fäden denkt. Durch diese Einstellung wird ihm von vornherein das Verständnis des Kunstseide-Spinnens unmöglich gemacht. Wir müssen also hier umdenken und an den eigentlichen Spinnvorgang denken, von dem der Ausdruck seinen Namen hat, nämlich an die Tätigkeit der Spinne, die in ihrem Körper eine Flüssigkeit erzeugt, die sie durch enge Öffnungen auspreßt und die beim Auspressen zu einem Faden erstarrt.

---

\*) Nach mehrjähriger Tätigkeit in physikalischer Chemie als Hochschulassistent und Mitarbeiter am Kaiser-Wilhelm-Institut für Chemie hat der Verfasser nach Kriegsende an der Umstellung der Vereinigten Köln-Rottweiler Pulverfabriken auf Kunstseide und Zellwolle mitgearbeitet. Er war dann mehrere Jahre in leitenden Stellungen in deutschen und schweizerischen Kunstseide- und Zellstoffabriken und ist jetzt Patentanwalt in Berlin. U. a. hat er auch über Kunstseide und Zellstoffforschung zahlreiche Aufsätze und mehrere Werke veröffentlicht.

Das ist der eigentliche Spinnvorgang, der beim Spinnen von Kunstseide auch im Auge behalten werden muß und der in der Natur von einer ganzen Reihe von Lebewesen ausgeführt wird. In erster Linie ist hier an die Seidenraupen zu denken, die ebenfalls große Drüsen in ihrem Körper besitzen, in denen sich die Seidenflüssigkeit bildet und sammelt und die ebenfalls beim Auspressen aus dünnen Öffnungen zu einem festen fadenförmigen Gebilde erstarrt. Viele andere Schmetterlingsraupen tun ein Gleiches und die Benennung der Schmetterlinge als sogenannte „Spinner“ rührt von dieser Tätigkeit her.

Auch der Kunstseidenspinner stellt sich eine mehr oder weniger zähe Flüssigkeit her, die er aus engen Öffnungen mit mehr oder weniger hohem Druck herauspreßt und so zu einem langen fadenförmigen Gebilde formt, das nun entweder beim Herauspressen direkt (beispielsweise durch Verdunstung eines Lösungsmittels) zu einem fadenförmigen Gebilde erstarrt oder hinsichtlich seiner Form dadurch fixiert wird, daß es in eine Flüssigkeit ausgespritzt wird, die auf die Spinnflüssigkeit eine chemische oder kolloid-chemische Wirkung ausübt, dergestalt, daß als Endergebnis ein fester Körper entsteht. Wird bei dieser Arbeitsweise der so geformte Faden mit annähernd gleicher Geschwindigkeit wie er in das Fällbad oder in die Luft ausgespritzt wird, auch abgezogen und auf Spulen aufgewickelt, so haben wir den Vorgang des Kunstseide-Spinnens vor Augen, wie er von Anfang an ausgeführt wurde und wie er auch heute noch im wesentlichen ausgeführt wird. Oben wurde davon gesprochen, daß die Spinnlösung in eine Flüssigkeit ausgespritzt werden kann, die eine kolloid-chemische Wirkung ausübt, mit der Folge, daß eine Erhärtung der Flüssigkeit zu einem festen Körper stattfindet.

Dieser Vorgang wird jedermann ohne weiteres klar, wenn er sich beispielsweise als Spinnflüssigkeit ein frisches Hühnereiweiß denkt, das ja bekanntlich ebenfalls flüssig ist und ohne weiteres durch feine Öffnungen unter Druck ausgepreßt werden kann. Wenn man ein solches Hühnereiweiß in ein Bad von kochendem Wasser einspritzt, so findet sofort eine Erhärtung (Koagulation) des Hühnereiweiß statt, wobei es möglich ist, fadenförmige Gebilde zu erzielen, insbesondere dann, wenn man die Spinndüse direkt in das kochende Wasser eintauchen läßt und mit Hilfe mechanischer Vorrichtungen den ausgespritzten, durch das erhitzte Wasser erstarrenden Faden abzieht. Ein solcher Faden hat nun natürlich keine Festigkeit, jedoch liegt das hauptsächlich an dem für diese besonderen Zwecke nicht geeigneten Ausgangsmaterial. Der Vorgang als solcher läßt sich aber an diesem Beispiel anschaulich erläutern.

Es wäre dies der Vorgang einer kolloid-chemischen Ausfällung, und es wird nun leicht klar, daß mit diesem Vorgang auch noch weitere chemische Umsetzungen verbunden sein können, dergestalt, daß, abgesehen von der eben beschriebenen Ausfällung, auch noch eine chemische Veränderung des geformten Gebildes vor sich geht.

Es ist selbstverständlich, daß eine Menge von Einzelkenntnissen und Einzelerfahrungen erforderlich waren und im Laufe der Jahre und Jahrzehnte gesammelt worden sind, um den vorstehend kurz geschilderten Vorgang so zu gestalten, daß er ohne Störung und mit dem genügenden technischen Erfolg vor sich geht.

### Geschichtliches

Schon *Robert Hooke* (geb. 18. Juli 1635 zu Freshwater (Insel Wight), gest. 3. März 1703 zu London) gab im Jahre 1665 im Auftrag der Royal Society of London ein Werk über seine Naturbeobachtungen heraus, in welchem er auch über feinstes Seidengespinnst und über Gewebe aus künstlich geformten Stoffen, aus Horn u. dgl., berichtet, das durchsichtig und leimartig, aber im Wasser erweichend war. Er macht hierbei Ausführungen darüber, daß er oft Versuche angestellt hat, eine künstliche leimartige Masse herzustellen, aus der sich ein Kunstfaden bilden läßt.

Wie jeder Erfinder, so sah auch *Hooke* weniger die Schwierigkeiten als das Ziel und glaubte, verhältnismäßig leicht zu diesem Ziel gelangen zu können. Seit *Hooke* ist es in der Erfindervelt hinsichtlich der Herstellung von künstlicher Seide nicht mehr ruhig geblieben, und auch der bekannte französische Forscher *Réaumur* hat sich mit diesem Problem im Jahre 1734 befaßt. *Réaumur* dachte an Gummilösungen oder ähnliches, aber alle diese Forschungen bis zur Mitte des 19. Jahrhunderts haben einen praktischen Erfolg nicht zeitigen können.

Zunächst sind auch die Ausgangsstoffe, die zuerst für die Versuche verwendet wurden, und die meist aus tierischem Eiweiß bestanden, wohl nicht die geeigneten gewesen, und erst nachdem *Schönbein* die von ihm als Nitrozellulose bezeichnete Verbindung erfunden hatte, die beim Behandeln von Zellulose (Baumwolle) mit einer Mischung von konzentrierter Schwefel- und Salpetersäure entsteht, war der Bann ein wenig gebrochen.

Diese Nitrozellulose, oder richtiger Nitratzellulose, vielfach kurz als Schießwolle oder als Kollodiumwolle bezeichnet, die wegen ihrer Explosionsfähigkeit die Grundlage aller rauchlosen Pulver ist, löst sich in einer ganzen Reihe von Flüssigkeiten unter Bildung einer zähen, klebrigen, fadenziehenden Masse auf, die in ihrer Dickflüssig-

keit und ihrer Eigenschaft etwa mit natürlichem Honig verglichen werden kann.

Nach dieser Entdeckung war ein weiterer wichtiger Fortschritt erzielt, und der Schweizer *Audemars* konnte im Jahre 1855 das Eidgenössische Patent 283 zur Herstellung von Kunstseide entnehmen, nach welchem eine Lösung von Nitrozellulose in einem Gemisch von Äther und Alkohol als Ausgangsmaterial verwendet werden sollte.

Nachdem im Jahre 1857 *Schweizer* gefunden hatte, daß man natürliche Zellulose auch zu mehr oder weniger zähflüssigen Lösungen in einem Gemisch von Kupferhydroxyd und Ammoniak auflösen kann, war ein zweiter Weg und eine zweite Möglichkeit zur Herstellung von Flüssigkeiten gefunden, die als Ausgangstoff für die Herstellung von Kunstseide dienen konnten.

Diese beiden Erfindungen wurden nun zunächst bahnweisend für die Weiterarbeit der Techniker, insbesondere insofern, daß als Werkstoff für die Herstellung von Kunstseide die natürliche Zellulose als Rohstoff bis auf den heutigen Tag ausschließlich verwendet wird. Die praktische Ausführung ließ jedoch noch lange auf sich warten, und es war der zähen Energie und rastlosen Arbeit des Grafen *Hilaire de Chardonnet de Grange* vorbehalten, nach einem im Jahre 1884 entnommenen Patent zur Herstellung von Kunstseide aus Nitrozellulose die Überführung der Kunstseidherstellung in einen wirklichen Fabrikbetrieb durchzusetzen. Der Graf *von Chardonnet de Grange* war am 1. Mai 1839 in Besançon geboren und hatte im Jahre 1860 das Pariser Polytechnikum als Ingenieur durchlaufen. Die ersten Versuche zur Herstellung von Kunstseide waren im Jahre 1878 von ihm begonnen und im Jahre 1884 beendet mit einem am 12. Mai 1884 der französischen Akademie übergebenen verschlossenen Brief, in welchem er seine Erfindung beschrieb.

Auf der Weltausstellung zu Paris im Jahre 1889 zeigte *Chardonnet* eine kleine Spinnmaschine zur Herstellung von Nitrozellulose-Kunstseide und erhielt für diese Vorführung, die die Aufmerksamkeit der ganzen Welt auf sich zog, den Grand-Prix zugesprochen. Erst im Jahre 1890 konnte er, nachdem er die wirtschaftlichen Schwierigkeiten überwunden und die notwendigen Kapitalien gesammelt hatte, die erste Kunstseide-Fabrik in Besançon eröffnen.

Es muß hier noch der Erfindung von *J. W. Swan* aus dem Jahre 1883 (Eidgenössisches Patent 5978) Erwähnung getan werden, der ein Verfahren erfand, dem Nitrozellulosefaden durch eine besondere Behandlung mit ammoniakhaltigen Alkalien die gefährlichen Explosiveigenschaften zu nehmen, da nur so die Herstellung eines praktisch brauchbaren Fadens denkbar war.



In den Anfängen der Kunstseidespinnerei war der Erfinder schon hocheifrig, wenn er überhaupt ein nur einigermaßen zusammenhaltendes Fadengebilde erzeugen konnte, und er ließ sich in seinem Eifer keineswegs dadurch stören, daß dieser Faden bei dem Spinnvorgang sehr oft abriß und auch vielfach eine nicht sehr hohe Festigkeit aufwies.

## Die verschiedenen Kunstseidenverfahren

### I. Trockenspinnverfahren

#### a) Nitratzelluloseseide

Die Herstellung der Nitrozellulosekunstseide, oder wie sie heute richtiger genannt wird, Nitratzellulose-Kunstseide, wurde nun in der Hauptsache nach dem sogenannten Trockenspinnverfahren durchgeführt, d. h. die hergestellte dickflüssige Lösung von Nitrozellulose, die unter Verwendung von leichtflüchtigen Lösungsmitteln, wie Äther und Alkohol, gewonnen wurde, gab beim Auspressen aus feinen Düsenöffnungen an die umgebende Luft, die unter Umständen auch noch angewärmt und besonders geführt werden konnte, die in ihr enthaltenen leichtflüchtigen Lösungsmittel so schnell ab, daß während des Austretens aus der Düse das zu einem langen Faden geformte Gebilde soweit erstarrt, daß es abgezogen und auf einer Spule aufspult werden konnte.

#### b) Azetylzelluloseseide

Die Herstellung von Nitrozelluloseseide ist heute aus Gründen der Unwirtschaftlichkeit fast vollständig verlassen worden, weil die Herstellungskosten für Nitrozellulose zu hoch sind; indessen hat das Trockenspinnverfahren auch heute noch eine gewisse, sogar wachsende Bedeutung behalten und wird bei der Herstellung der sogenannten Azetatseide fast ausschließlich verwendet. Die „Azetat“-Seide besteht aus Azetylzellulose, einer Verbindung von Zellulose mit Essigsäure, in deren billiger und guter Herstellung in den letzten acht Jahren erhebliche Fortschritte zu verzeichnen waren, wenngleich auch heute noch meist die bei uns nicht wachsende Baumwolle als Ausgangsstoff dienen muß. (Der Anteil der Azetatseide an der Weltkunstseiden-erzeugung betrug im Jahre 1931: 7,5 % und im Jahre 1934: 8,6 %.)

Während man jedoch früher bei der Herstellung von Nitrozelluloseseide im allgemeinen die Lösungsmittel einfach in den Raum verdunsten ließ, wodurch sie verlorengingen, mußte aus Gründen der Wirtschaftlichkeit und Hygiene darauf gesehen werden, daß die Lösungsmittel wiedergewonnen wurden. Hierfür war es notwendig, die Spinnmaschinen so einzukapseln, daß man die Dämpfe absaugen

und einer Wiedergewinnung zuführen konnte. Die Einkapselung war aber auch notwendig, um die Erzeugung als solche zu verbessern und die Verdunstung des Lösungsmittels gleichmäßig zu gestalten.

Die heutigen Azetatseide-Spinnmaschinen bestehen dementsprechend aus einer ganzen Anzahl von nebeneinanderliegenden Schächten und in jedem dieser Schächte ist am oberen Ende eine Spinndüse angebracht, aus welcher die Spinnlösung ausgepreßt wird, so daß der Faden in dem Schacht nach unten fällt.

Die Luftführung in diesen einzelnen Schächten ist sorgfältig geregelt, außerdem sind diese Schächte in verschiedenen Zonen verschiedenartig beheizt, so daß eine allmähliche Austrocknung des Fadens von der Düse bis zu seinem Austritt aus dem Schacht durchgeführt werden kann. Wenn der Faden unten aus dem mit einer engen trichterförmigen Austrittsöffnung versehenen Schacht austritt, so ist das Lösungsmittel vollständig aus demselben entfernt, so daß weitere Verluste an Lösungsmittel nicht mehr eintreten können. Die im Schacht befindliche, das Lösemittel aufnehmende Luft wird in langsamem gleichmäßigem Strom entgegen der Richtung des laufenden Fadens abgesaugt und einer Wiedergewinnung zugeführt.

Diese besondere Arbeitsweise ist in zäher erfinderischer Tätigkeit ausgearbeitet worden, und eine große Anzahl von Patenten hat nur darauf Bezug, wie die Luft in den Spinnschächten geführt werden soll und wie die Beheizung des Spinnschachtes vorzunehmen ist.

## II. Naßspinnverfahren

### a) Viskoseverfahren

Demgegenüber ist die sogenannte *Schweizersche* Lösung, die Lösung von Zellulose (ebenfalls Baumwolle) in ammoniakalischer Kupferlösung, ein Ausgangstoff, der in der Hauptsache durch eine chemische Zersetzung mit Fäll-Flüssigkeiten in der einmal gegebenen Fadenform erhalten wurde. Als weiteres Verfahren trat schon im Jahre 1892 das sogenannte Viskoseverfahren hinzu, das von den Engländern *Cross*, *Bevan* und *Beadel* gefunden wurde.

Seit seiner Entdeckung bis heute wird es in der Praxis durchweg als *Naßspinnverfahren* (im Gegensatz zu dem ersterwähnten Trockenspinnverfahren) ausgeführt und umfaßt heute weit über 80 % der gesamten Weltproduktion von Kunstseide und Kunstfaser.

1931	1932	1933	1934
89,0 %	88,3 %	88,4 %	86,6 %

Infolge der erheblichen Steigerung der Spinnfaserproduktion dürfte dieses billige Verfahren im Jahre 1935 wieder eine Steigerung erfahren, da die Spinnfaser ein billiges Herstellungsverfahren benötigt.

## Rohstoff

Auch bei dem Viskoseverfahren wird, wie bei den anderen Verfahren Zellulose als Ausgangstoff verwendet, und zwar hatte die Viskoseherstellung den Vorteil, daß man hier nicht von der nur in tropischen Ländern wachsenden Baumwolle ausgehen konnte, sondern auch vom Zellstoff, der auch in der gemäßigten Zone in fast unbeschränkter Menge als Rohstoff im Holz der Wälder billig zur Verfügung steht.

Dieses Holz wird in den Zellstoffabriken verarbeitet, d. h. aufgeschlossen und von den fremden, Nichtzellulose-Bestandteilen, die etwas über 50% des Holzes betragen, getrennt. Die so gewonnene Zellulose wird eingehend gereinigt, gebleicht und sodann mit einem Gehalt von 88 bis 90% an Reinzellulose in Form von Pappe dem Kunstseidenerzeuger zur Verfügung gestellt, der aus ihr die Lösung herstellt, die später zum Faden geformt als Kunstseide ihren Weg zum Verbraucher antritt.

Die Viskose hat ihren Namen von der Zähflüssigkeit erhalten, die die Lösungen der von *Cross* und *Bevan* gefundenen löslichen Zelluloseverbindungen besitzen.

## Alkalizellulose

Die Herstellung der Viskose geschieht in folgenden einzelnen Arbeitsgängen:

Die zu gleichmäßiger Trockenheit gebrachten Zellstoffblätter werden mit einer etwa 17 bis 18prozentigen Natronlauge getränkt. Diese Arbeitsweise nennt man Alkalisieren oder Merzerisieren, da sie dem aus der Leinen- und Baumwollindustrie schon seit fast 100 Jahren bekannten Vorgang der Merzerisierung ähnlich ist. Bei dieser Tränkung quellen die Zellulosefäserchen ziemlich erheblich und nehmen eine größere Menge von Natronlauge auf. Es bildet sich eine chemische Verbindung zwischen Zellulose und Ätznatron, die in der Praxis kurz mit Alkalizellulose bezeichnet wird. Die merzerisierte Zellulose wird zumeist in sogenannten Tauchpressen auf das dreifache Gewicht des ursprünglichen trockenen Zellstoffgewichtes abgepreßt.

Bei der Merzerisierung werden noch eine ganze Reihe von Verunreinigungen, die im Zellstoff vorhanden sind, entfernt, so daß die überstehende, abgelassene und auch die abgepreßte Lauge mehr oder weniger gelb gefärbt ist, weshalb sie vielfach den Namen Gelblauge führt.

Die so hergestellte Alkalizellulose zeigt nun gegenüber verschiedenen Chemikalien eine erheblich höhere Reaktionsfähigkeit als die Ursprungszellulose. Zur Weiterverarbeitung wird die abgepreßte

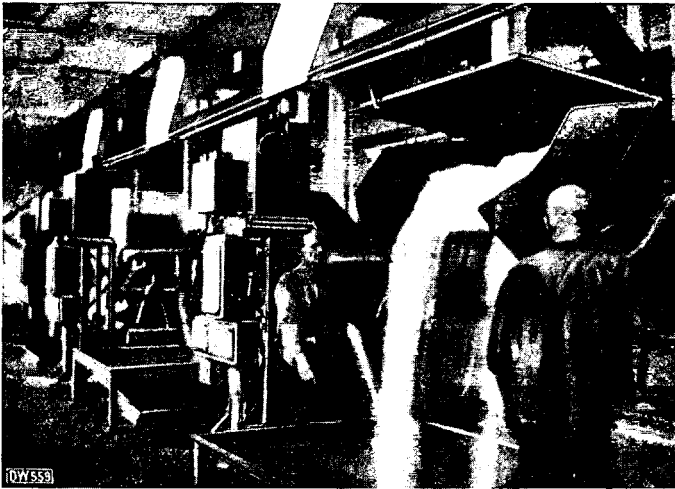


Abb. 1. Zerfaserer für merzerisierten Zellstoff in einem Viskosebetrieb der I.-G. Farbenindustrie A.-G.

Alkalizellulose in sogenannte räumlich zweckmäßig darunterliegend angeordnete Zerfaserer gebracht, in denen in etwa zweistündiger Arbeit die Preßblöcke äußerst fein zu einer leichten flaumartigen Masse zerkleinert werden, so daß eine große Oberfläche für die nunmehr vorzunehmende Reaktion vorhanden ist.

#### Xanthogenat

Die zerfaserte Alkalizellulose wird entweder gleich oder auch nach einer Reifezeit in geschlossenen drehbaren Sulfidier-Trommeln mit Schwefelkohlenstoff zusammengebracht, wobei sich zwischen Schwefelkohlenstoff und Alkalizellulose eine chemische Verbindung bildet, die wegen ihres gelben Aussehens von den Entdeckern dieser Reaktion mit Xanthogenat bezeichnet wurde (xanthos = gelb).

#### Viskose

Dieses Xanthogenat hat nun die Eigentümlichkeit, in Wasser und in verdünnten alkalischen Flüssigkeiten, besonders in verdünnter Natronlauge, löslich zu sein, und somit ist das notwendige Ziel erreicht, nämlich die Herstellung einer Lösung, die für die Spinnzwecke verwendet werden kann.

In vielen Fabriken läßt man diese Lösung, die sich mit der Zeit chemisch und auch kolloid-chemisch verändert, noch mehrere Tage

bei bestimmten Temperaturen in sogenannten Reiferäumen stehen; in einigen wenigen anderen aber wird diese Lösung „ungereift“ unmittelbar der Verspinnung zugeführt, nachdem sie sorgfältig gefiltert worden ist, um zu vermeiden, daß die feinen Öffnungen der Spinndüsen, die im allgemeinen einen Lochdurchmesser von nicht über 0,08 mm haben, sich verstopfen.

### Fällvorgang

Die alkalische Lösung des Xanthogenats, die man, wie schon erwähnt, mit dem Namen Viskose belegt hat, kann nun auf verschiedene Weise zum Erstarren gebracht werden. Zunächst wählen die Entdecker der Viskose hierzu warme Ammonsalzlösungen, unter deren Einwirkung das Xanthogenat als gallertiger gelber Faden ausgefällt wird, der nun noch zu Zellulose regeneriert werden muß, d. h. die Xanthogenatverbindung, die Verbindung zwischen Alkalizellulose und Schwefelkohlenstoff, muß wieder zerstört werden, die ursprünglich eingeleitete Reaktion also wieder rückgängig gemacht werden, damit wieder reine unlösliche Zellulose im Enderzeugnis vorliegt.

Diese Zersetzung kann entweder durch Einwirkung höherer Temperaturen, aber auch mit verdünnten Säuren, sowohl mit Mineralsäure, hauptsächlich Schwefelsäure, als auch mit organischen Säuren, ausgeführt werden.

Es hat sich nun aber im Laufe der Jahre gezeigt, daß dieser etwas verwickelte Weg nicht erforderlich ist, sondern man kann die Viskose sofort in ein saures Fällbad, wozu ausschließlich Schwefelsäure Verwendung findet, einspritzen. Alsdann tritt sofort eine Zersetzung der Viskose unter Rückbildung von Zellulose unter Abscheidung von Schwefelkohlenstoff und Schwefelwasserstoff ein; der Zellulosefaden wird mit erheblicher Geschwindigkeit durch das Fällbad hindurchgezogen und von einer sich schnell drehenden Spinnspule aufgenommen. Die Spinngeschwindigkeit betrug ursprünglich nicht viel mehr als 30 m/min. Sie ist aber im Laufe der Jahre und Jahrzehnte erhöht worden, und heute sind Spinngeschwindigkeiten von 80 bis 100 m/min und darüber hinaus keine Seltenheit mehr.

Bei dem früher erwähnten Trockenspinnverfahren sind die Spinngeschwindigkeiten sogar noch erheblich höher, und in modernen Azetatseidenfabriken wird der Faden mit einer Geschwindigkeit von etwa 300 m/min abgezogen.

### Nachbehandlung

Der aus dem Spinnbad austretende und von der Spinnspule aufgenommene Faden enthält nun noch alle Verunreinigungen des Fällbades und auch Verunreinigungen, die von der Zersetzung der Viskose herrühren, weshalb er sorgfältig gereinigt werden muß.

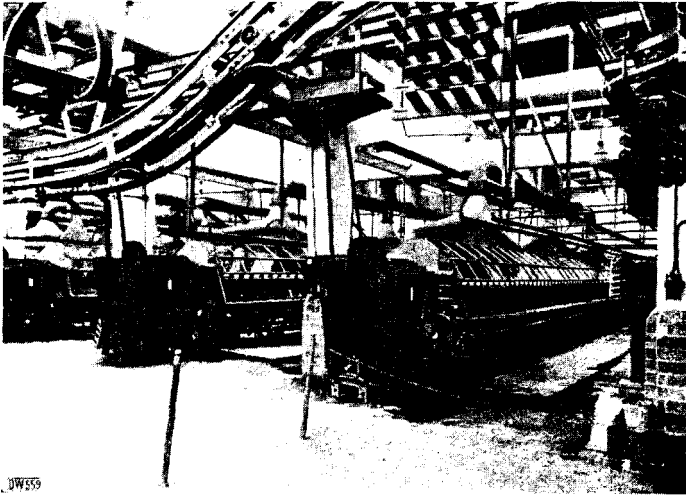


Abb. 2. Spinnsaal in einem Viskosekunstseidenbetrieb der I.-G. Farbenindustrie A.-G.

Über den Maschinen auftretenden gesundheitsschädlichen Gase angebracht. Auf der Hängebahn werden die Spinnspulen befördert.

Dieses Auswaschen nahm in früheren Jahren erhebliche Zeit in Anspruch, und der Faden, der so lange Zeit bei Temperaturen von 20 bis 30° feucht gehalten wurde, litt bei diesem Verfahren nicht unerheblich. Es bildeten sich auch vielfach Pilze auf den Spinnspulen, und diese Erscheinung hatte eine starke Zerstörung des Fadens zur Folge; seine Festigkeit litt außerordentlich.

In den letzten 10 Jahren ist man deshalb dazu übergegangen, andere Waschverfahren ausfindig zu machen, insbesondere hat man gefunden, daß bei Verwendung durchlochter Metallspinnspulen die Auswaschzeit auf wenige Stunden verkürzt werden kann, wenn man durch die Fadenlage das Waschwasser mit Hilfe eines Vakuums oder auch unter Anwendung von Druck hindurchtreibt. Aber auch andere Arbeitsweisen haben eine erhebliche Verbesserung gebracht, so das systematische Beträufeln der Spulen mit Waschwasser unter Verwendung von gelochten Rinnen, die genau in der Mitte über den Spulen gelagert sind, wobei eine Spulenreihe über der anderen liegt und das aus der oberen Spule austretende Waschwasser noch dazu verwendet wird, die darunter in gleicher Weise gelagerten Spulen weiter auszuwaschen. Auf diese Weise wird der Wasserverbrauch gering

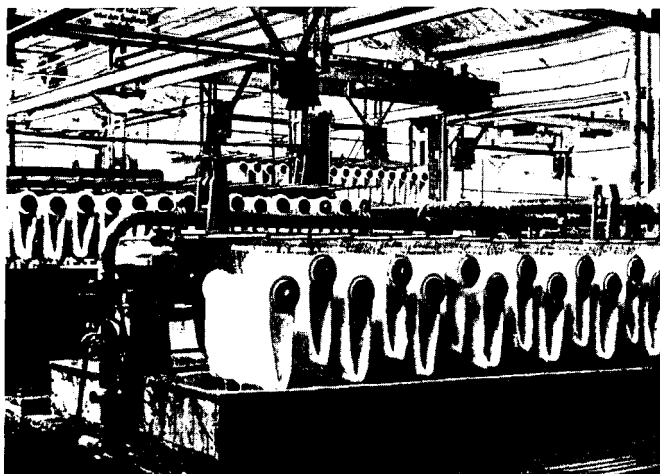


Abb. 3. Gerbersche Strangwasch- und Nachbehandlungsmaschinen in einem Betrieb der I. P. Bemberg A.-G.

Auf jedem sich hin- und herdrehenden Holm hängen eine größere Anzahl Stränge, die von oben seitlich berieselt werden.

gehalten und die Auswaschung in ihrer Wirkung doch sehr gründlich gestaltet, ohne daß durch heftige Behandlungsweisen eine Schädigung des Fadens eintreten könnte.

Solche Schädigungen sind außerordentlich leicht möglich, da die nasse Kunstseideneinzelfaser, deren Durchmesser nur nach hundertstel mm zählt, im feuchten Zustand außerordentlich empfindlich ist.

Nach der Auswaschung wird die Kunstseide auf der Spinnspule getrocknet. Der nunmehr trockene Kunstseidenfaden enthält nun noch eine ganze Reihe von Verunreinigungen, die entfernt werden müssen, insbesondere sind es Schwefelverbindungen, die aus Zersetzungsprodukten herrühren, die in der Viskose von dem ursprünglich verwendeten Schwefelkohlenstoff her noch vorhanden sind. Zu diesem Zweck wird eine Entschweflung eingeschaltet, die ebenfalls auf der Spule vorgenommen werden kann und die zumeist mit heißen Alkalisulfiden durchgeführt wird. Der Kunstseidenfaden ist nach einer hierauf folgenden Auswaschung nunmehr im rohen Zustand fertig und muß gegebenenfalls auch noch einer Bleiche unterzogen werden, wenn, wie das meist der Fall ist, eine ganz rein-weiße Ware verlangt wird.

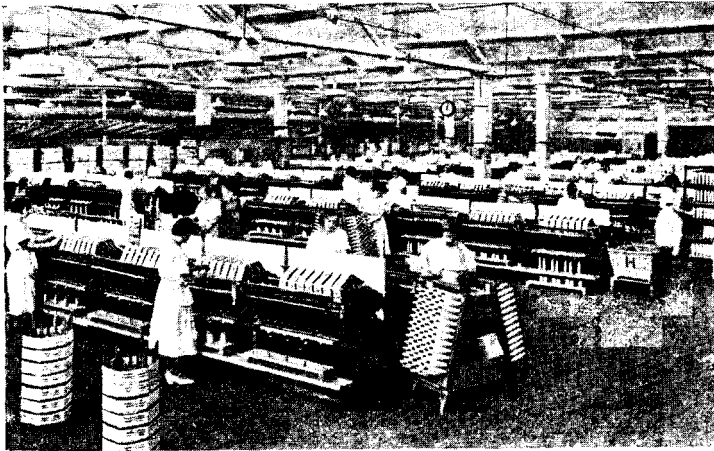


Abb. 4. Ringzwirnmachines in einem Kunstseidenbetrieb der I.-G. Farbenindustrie A.-G.

In Fällen, in denen die Kunstseide in Strangform verwendet wird, wird meistens der Kunstseidenfaden nach dem ersten Trocknen gezwirnt und dann in der Haspelei in Strangform übergeführt, und diese Stränge werden dann auf besonderen Waschmaschinen entschwefelt, ausgewaschen, gebleicht und nochmals ausgewaschen, um sodann in Kanaltrockenschränken endgültig getrocknet zu werden.

### Z w i r n e n

Wenn die Kunstseide aus der ersten Trocknung kommt, besteht sie aus zahlreichen, der Lochzahl in den benutzten Spinndüsen entsprechenden, endlosen Einzelfasern, die nebeneinander liegen und gemeinsam abgewickelt werden können. Diese Einzelfäden oder besser gesagt Einzelfasern müssen nun verzwirnt werden, damit der Kunstseidenfaden entsteht. Zu diesem Zweck werden die Spinnspulen auf Zwirnmachines aufgebracht und gezwirnt. Die Höhe des Dralles richtet sich nach der späteren Verwendung, je nachdem, ob der Faden als Schuß verwendet wird, wozu ein Drall von etwa 100 bis 120 U/min erteilt wird, oder wenn der Faden als Kette verwendet werden soll, wird vielfach ein höherer Drall bis zu 200 U/min gegeben. Allerdings kann man heute einen Teil dieser Drehungen dadurch sparen, daß der Kettfaden geschlichtet, d. h. mit einer wasserlöslichen, klebrigen Substanz behandelt wird, die den Faden fest zusammenleimt, so daß keine Einzelfasern aus demselben herausstehen.



Es ist das unbedingt erforderlich, da die Kette beim Verweben erheblichen Reibungen durch die Schußfäden und durch das Ried ausgesetzt ist. Wesentlich höhere Drehzahlen sind erforderlich (2000 und mehr je Minute), wenn sogenannte Kreppgarne hergestellt werden, die heute in der Textilindustrie eine vielseitige Verwendung finden.

Während man in den ersten Jahren der Kunstseidenindustrie die auf der Maschine gezwirnte Seide nunmehr in die Haspelei gab, um sie zu Strängen zu formen, ist man in den letzten acht Jahren mehr und mehr dazu übergegangen, die Strangform zu umgehen und den Faden direkt auf die Spulen zu bringen, die von der Textilindustrie für die Weiterverarbeitung benötigt werden.

### Zentrifugenspinnverfahren

Dieses Verfahren hat außerordentlich viele Vorteile; ganz abgesehen davon, daß es erheblich verkürzt wird, wird die Kunstseide auch ganz außerordentlich geschont. Besonders geeignet hierfür ist das sogenannte Zentrifugenspinnverfahren, bei dem der fertige fixierte Seidenfaden in eine äußerst schnell umlaufende (bis 1600 U/min) kleine Schleuder fällt, wobei sofort eine Zwirnung des so aufgenommenen Fadens stattfindet, der sich infolge der Fliehkraft in schönen Windungen an der inneren Wandung der Schleuder unter dem Einfluß einer auf- und abgehenden trichterförmigen Fadenführung ablegt.

Obgleich dieses Zentrifugenspinnverfahren schon im Jahre 1900 von *Topham* in die Kunstseidenindustrie eingeführt wurde, hat es doch mehr als zwei Jahrzehnte gedauert, bis man seine Vorteile für die oben erwähnten Zwecke benutzen konnte, weil sowohl das Spinn- als auch die Nachbehandlungsverfahren noch nicht soweit ausgebildet waren, daß ein einwandfreier sogenannter Spinnkuchen hergestellt und soweit nachbehandelt und getrocknet werden konnte, daß ein weiteres Abwinden auf Spulen und Kopse u. dgl. möglich wurde.

Auch die Spinnzentrifuge selber hat eine lange Ausbildung erfahren, die sich auf die Motoren, auf die Kupplung der Motoren mit den Zentrifugenfüßen und auf die Zentrifuge selber bezog, wobei auch infolge der chemischen Wirkung der beim Spinnen verwendeten Chemikalien der Werkstoff als solcher eine wichtige Rolle spielte. Die Kunstseide in Strangform, besonders im Naß-Zustand bei der Nachbehandlung, ist ungeheuer empfindlich, und die meisten Beschädigungen und daher der schlechte Ausfall der endgültigen Ware werden künstlich erst bei dieser Nachbehandlung in die Kunstseide hineingebracht.

Diesen Fehler hat man erst allmählich kennengelernt, da in den Anfängen der Kunstseidenherstellung der Spinnvorgang als solcher

noch erhebliche Schwierigkeiten bereitete und häufig Fadenbrüche an Einzelfasern auftraten. Zunächst war man der Ansicht, daß der schlechte Spinnvorgang die Ursache für das Anfallen einer schlechten Qualität war. Erst nachdem das Spinnen soweit verbessert war, daß eine Güteminderung ihre Ursache in der Spinnerei nicht mehr haben konnte, fand man nach und nach die Mängel in der Nachbehandlung.

Heute ist der Spinnvorgang soweit verbessert, daß eine Spindüse nicht nur tagelang, sondern wochenlang unentwegt spinnst, ohne daß eine einzige Einzelfaser reißt, so daß tatsächlich im ersten Spinnvorgang lauter 1. Qualität hergestellt wird. Dadurch, daß man gelernt



Abb. 5. Glühlampenfabrik Oberbruch (Bezirk Aachen) um 1902, die Wiege des deutschen Kunstseidenherstellung, historische Arbeitsstätte der Erfinder Fremery und Urban.

hat, den Faden unter Vermeidung der Strangform direkt auf die für die Verarbeitung benötigten Spulen aufzubringen, ist eine wesentliche Verbesserung in der Güte der Kunstseide eingetreten.

Ich habe zunächst das Viskose-Naßspinnverfahren in großen Zügen beschrieben, weil dieses Verfahren heute einen Anteil von über 80 % an der gesamten Kunstseidenerzeugung hat.

#### b) Kupferoxydammoniak-Verfahren

Zeitlich jedoch etwas früher wurde das Kupferseide-Spinnverfahren ausgebildet, das unter Verwendung der früher erwähnten Lösung von Kupferoxydammoniakzellulose durchgeführt wird. Dieses Spinnverfahren, das zuerst in der Glühlampenfabrik in Oberbruch (Bezirk Aachen) seine technische Auswertung durch die bahnbrechenden Arbeiten von *Urban* und *Fremery* erfuhr, wurde wesentlich verbessert durch die Erfindung des sogenannten Streckspinnverfahrens von *Thiele*.

Ursprünglich wurde der Kupferfaden genau so gesponnen wie bei der Viskose, d. h. die Lösung wurde aus Spinnöffnungen direkt in ein zersetzendes Fällbad, zumeist ein Säure-Fällbad, ausgepreßt. Thiele fand nun, daß die Kupferoxydammoniakzelluloselösung bereits unter der Wirkung von Wasser eine gewisse Erstarrung erfährt, wobei aber der so entstehende Faden noch bei vorsichtiger Behandlung weitergestreckt werden kann.

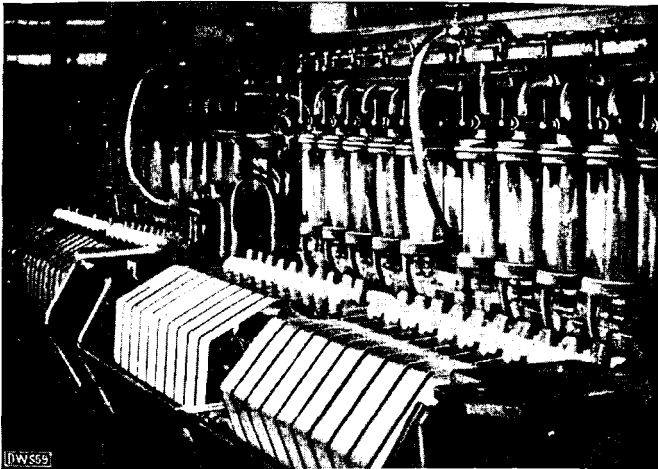


Abb. 6. „Streckspinn“-Maschinen nach Thiele für „Kupfer“-Seide in einem Betrieb der I. P. Bemberg A.-G.

### Streckspinnverfahren

Thiele ließ die Spinnlösung von oben in ein Fällbad aus Wasser eintreten und umgab Fällbad und ausgefällten Faden mit einem trichterförmig sich nach unten verjüngenden Zylinder. Er ließ das Fällwasser oben in der Nähe der Spinndüse in den Trichter eintreten und an dem verjüngten Ende wieder austreten. Das so strömende Fällbad nahm das aus den Düsenlöchern austretende fadenförmige Gebilde mit, und da naturgemäß in dem verjüngten Ende die Strömung des Fällbades schneller war als in dem oberen weiten Ende, kam auf diese Weise eine Streckung des Kunstseidenfadens zustande bis zu Feinheiten, die lange Zeit mit Hilfe anderer Spinnverfahren nicht erreicht werden konnten.

Der so ausgestreckte, feine, aus einer Kupferzelluloseverbindung bestehende Faden wurde nunmehr mit Hilfe von Mineralsäuren zer-

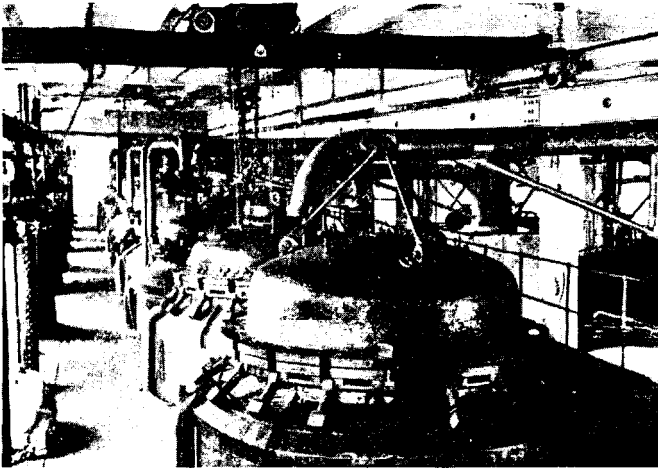


Abb. 7. „Bäuch“-Betrieb der I. P. Bemberg A.-G.  
Die Rohbaumwolle wird durch Kochen in dünner  
Natronlauge unter geringem Überdruck gereinigt.

setzt, und es entstand so ebenfalls ein Zellulosefaden, der sich in chemischer Hinsicht von dem aus der Viskose hergestellten Faden nicht oder kaum unterscheidet. Dieses Verfahren wurde in langen Jahren von der Firma I. P. Bemberg in Wuppertal-Barmen zu großer Vollkommenheit entwickelt und in erheblichem Maßstabe angewendet.

#### Rohstoff

Für die heute im Handel befindliche, jedem Verbraucher wohl-bekanntere „Bemberg-Kunstseide“ muß heute noch als Rohstoff fast ausschließlich Baumwolle (bzw. sogenannte Baumwollinters) verwendet werden. Die Rohbaumwolle muß vor dem Verarbeiten auf die Spinnlösung einer eingehenden mechanischen und chemischen Reinigung unterzogen werden.

Die Bäuchung geschieht in großen Druckkesselanlagen, die mit verdünnter Natronlauge beschickt werden und in denen eine Kochung unter etwa 2 at Überdruck vorgenommen wird, besonders um wachsartige Verunreinigungen zu entfernen. Nach der Bäuchung muß die Rohbaumwolle noch gebleicht werden, damit die nachträglich herzustellende Seide einen schönen weißen Ton erhält. Diese Bleiche erfolgt in großen Bleich-Holländern.

Die dann nochmals ausgewaschene gebleichte Baumwolle kann nun zur Spinnlösung weiterverarbeitet werden.

Es steht zu hoffen, daß in absehbarer Zeit auch in dieser Fabrikation der Zellstoff seinen Siegeszug hält, da es heute schon gelingt, auch Zellstoff aus Holz in so reinem und guten Zustand herzustellen, daß er fast schon jetzt den Anforderungen genügt, die von der Kupfer-Kunstseideindustrie an den zu verarbeitenden Rohstoff gestellt werden müssen.

Wie schon erwähnt, hatte die Kunstseidenindustrie viele herstellungstechnische Schwierigkeiten zu überwinden, um zu der heute erreichten Vollkommenheit zu gelangen.

### F ä r b e n

Zu diesen Schwierigkeiten gehört nicht in letzter Linie das Anfärbvermögen. Es hat lange Jahre und Jahrzehnte gedauert, bis man in der Lage war, eine Kunstseide herzustellen, die den Ansprüchen der Verarbeiter in bezug auf Anfärbvermögen genügte, und bei den ersten Kunstseiden war es in der Tat so, daß zwei verschiedene Fabrikationspartien fast in der Regel verschiedenartig anfärbten, so daß es erforderlich war, die einzelnen Posten sorgfältig voneinander getrennt zu halten, aber selbst dann kamen noch Färbefehler vor, die allerdings von den Kunstseideherstellern aus Unwissenheit vielfach den Färbern in die Schuhe geschoben wurden. Zahlreiche Beschwerden waren die Folge, und der Schaden wurde vielfach von Hersteller und Verbraucher zu gleichen Teilen getragen.

Seit etwa 10 Jahren kennt man jedoch die Gründe dieser Färbeschwierigkeiten, und es gelingt heute, Kunstseide herzustellen, die den höchsten färberischen Anforderungen genügt.

Natürlich war es zu diesem Zweck erforderlich, daß die Kunstseidefabriken sich eigene Versuchsfärbereien einrichteten, um jederzeit in der Lage zu sein, das Anfärbevermögen der hergestellten Erzeugnisse oder auch der Versuchsanfertigungen festzustellen.

### V e r a r b e i t u n g

Neben dem Anfärbvermögen war die technische Verarbeitbarkeit des Kunstseidenfadens natürlich ausschlaggebend für seine Brauchbarkeit, und die Anforderungen der Textilindustrie waren ganz verschiedenartig, je nach dem Verwendungszweck.

Zunächst mußte sich der Kunstseidenfaden den Textilmaschinen anpassen, die ja für die Verarbeitung von Naturfasern und Naturfäden eingerichtet waren. Erst allmählich lernten auch die Verarbeiter die andersartigen Eigenschaften der Kunstseide kennen und schätzen und gelangten dazu, die Kunstseide, die auch in ihren mechanischen Eigenschaften immer weiter verbessert wurde, auf ihren Maschinen in hervorragender Weise zu verarbeiten.

In größerem Umfang fand die Kunstseide Eingang in der Wirkerei, heute aber auch in immer wachsendem Maße in der Weberei, bei der insbesondere an die Dehnbarkeit der Kunstseide andere Ansprüche gestellt werden als bei der Wirkerei. Die Dehnbarkeit der Kunstseide und ihre verschiedenartige mechanische Beanspruchung ist auch heute noch hin und wieder Anlaß zu Fehlerzeugnissen und zu Anständen,



Abb. 8. Stückfärberei in einem Betrieb der Vereinigten Glanzstoff-fabriken Elberfeld.

doch steht zu erwarten, daß auch in dieser Hinsicht immer weiter Verbesserungen eingeführt werden.

Ein Mangel, der bis vor wenigen Jahren der Kunstseide immer noch anhaftete — die geringe Naßfestigkeit —, wurde auch dadurch behoben, daß die Trockenfestigkeit durch die beim Spinnen angewendeten Streckverfahren immer mehr verbessert werden konnten, nachdem man mit Hilfe von Röntgen-Untersuchungen Einblick in die Kolloid-Struktur der Zellulose und auch des Kunstfadens gewonnen hatte.

### „Knitterfeste“ Kunstseide

Neben diesen Eigenschaften haftet der Kunstseide noch die durch den angewendeten Rohstoff (Zellulose) verursachte Unannehmlichkeit an, daß sie beim Gebrauch erheblich knittert, während Naturseide und auch Wolle gerade in dieser Hinsicht besonders gute Eigenschaften aufweisen. Beim gemischten Verarbeiten mit Naturseide und Wolle werden diese Eigenschaften des Kunstseidefadens schon weitgehend verdeckt. Es gibt aber auch heute noch weiterhin Möglichkeiten, diese Eigenschaften soweit zu verbessern, daß man auch den Kunstseidefaden allein mit bestem Erfolg zu Zwecken verarbeiten kann, bei denen ein Knittern leicht vorkommt.

### c) Zellwolle (Stapelfaser)

Neben der Herstellung von Kunstseide hat, besonders in Ländern, die selber wegen ihrer klimatischen Verhältnisse einen Baumwollanbau nicht durchführen können, die Herstellung von sogenannter Stapelfaser, die heute mit „Zellwolle“ bezeichnet wird, immer mehr Eingang gefunden.

Die Stapelfaser ist eine der Kunstseide vollständig gleiche Faser, die aber zum Zweck der mechanischen Verspinnung, von der ich am Anfang gesprochen habe, in kleine gleichmäßige Stücke zerschnitten wird. Bei der Baumwolle nennt man die Länge der einzelnen Fasern den „Stapel“ und hiervon rührt der im allgemeinen fremdartig erscheinende Name. Naturgemäß hat man es vollständig in der Hand, diese Stapel kurz oder lang zu machen, je nach den Bedingungen, denen diese Fasern beim mechanischen Verspinnen unterworfen werden sollen.

Die Herstellung der Stapelfaser wurde ursprünglich auf Maschinen vorgenommen, die denen für die Kunstseideherstellung gleich oder doch sehr ähnlich waren. Als Aufnahmeorgane wurden an Stelle der verhältnismäßig kleinen Spulen vielfach größere Haspelvorrichtungen verwendet. Entweder wurden die Stränge von diesen Haspeln durch einfaches Durchschneiden an einer Stelle freigemacht und der Nachbehandlung zugeführt, oder es wurden Haspelvorrichtungen verwendet, bei denen der Umfang verringert und dann die aufgesponnenen Stränge unzerschnitten abgenommen werden konnten.

### Ununterbrochener Arbeitsgang

Schon früher hat es bei der Kunstseideherstellung nicht an Vorschlägen gefehlt, die Kunstseide in einem ununterbrochenen Arbeitsgang herzustellen, ohne daß diese Arbeitsweise jedoch sich jemals eingeführt hätte. Bei der Herstellung von Stapelfaser, deren Preis im

allgemeinen durch den der Baumwolle mehr oder weniger festgelegt ist, war eine billige Massenherstellung erforderlich, wenn diese Fasern wirklich als Rohstoff für die Textilindustrie Eingang finden sollten.

Den auf dieses Ziel gerichteten Bemühungen ist es auch schließlich gelungen, die Herstellung so zu gestalten, daß die Kunstfaser auf einer Spinnmaschine in größerer Menge (beispielsweise 50 bis 100 Spinnstellen mit je 2000 endlosen Einzelfasern) hergestellt und die Einzelfasern zu einem dicken Strang gesammelt und in Strangform ausgewaschen und nachbehandelt werden konnten.

### Schneiden auf „Stapel“

An die Nachbehandlung schließt sich nunmehr gleich die Schneid- und die Trockenvorrichtung an. Die Stapelfaser wird im allgemeinen im feuchten Zustand zerschnitten, da hierbei die Messer wesentlich weniger abgenutzt werden. Vielfach fallen die geschnittenen nassen Fasern in eine Trockenvorrichtung — entweder einen Etagentrockenschrank oder auch eine mit Gebläsen versehene Trockenvorrichtung — und können dann auch noch in eine Art Cardiervorrichtung weiterbefördert werden, in welcher ein rohes Vlies hergestellt wird, das dann mühelos in der Textilindustrie weiter zu Garn verarbeitet werden kann.

### Verarbeitung

Vielfach untermischt man Stapelfaser mit natürlichen Fasern, wie Baumwolle, neuerdings aber auch mit großem Erfolg mit Hanf und Flachs, sowie vor allem auch mit Wolle. Solche Mischgewebe haben hervorragende Eigenschaften und finden immer mehr bei den Verbrauchern Eingang.

Eine Schwierigkeit bei der Verarbeitung der Stapelfaser liegt darin, daß sie von Haus aus keine sogenannten spinntechnischen Eigenschaften besitzt, wie sie der Baumwolle und vor allem auch der Wolle in so hervorragendem Maße zu eigen sind. Die natürliche Baumwolle hat eine Wendelform und der außerdem besonders elastische Wollfaden ist an seiner Oberfläche von kleinen Häkchen und Platten übersät, die das Anhaften zweier Fasern aneinander in hervorragender Weise erleichtern und so das Spinnen möglich machen.

Demgegenüber ist der Kunstseidenfaden, ebenso wie der Naturseidenfaden, glatt und hat wenig haftende Eigenschaften. Man hat schon lange gelernt, der Kunstfaser eine gewisse gelockte Form zu erteilen, die jedoch keine Dauerform ist. Immerhin erleichtert diese Formgebung die mechanische Verspinnung schon erheblich. Neuerdings sind aber immer mehr Bestrebungen bekanntgeworden, der



Kunstfaser eine der Wolle ähnliche ganz feine Kräuselung zu verleihen und diese Kräuselung auch dauerhaft zu machen. Auf diesem Wege wird es gelingen, die Kunstfaser weiter in den Verbrauch einzuführen.

Es ist allgemein bekannt, daß die wärmenden Eigenschaften der Gewebe weniger auf der Eigenschaft einer geringen Wärmeleitfähigkeit des Rohstoffes an sich beruht, aus dem die Faser besteht, als vielmehr auf den im Gewebe vorhandenen Lufträumen, die einen so hervorragenden Wärmeschutz besitzen und darauf, ob die Poren im Gewebe groß oder klein sind, so daß beispielsweise beim Wind die Luft aus den im Gewebe vorhandenen Lufträumen leicht herausgebracht und durch neue ersetzt wird oder nicht. Die auf diesem Gebiet erzielten und noch zu erzielenden Fortschritte dürften jedenfalls für die Zukunft der Stapelfaser von größter Bedeutung sein.

### Wirtschaftliches

Die Stapelfasererzeugung hat besonders in den letzten Jahren ganz erhebliche Fortschritte gemacht, und während die Weltproduktion im Jahre 1932 nur 9737 t betrug, betrug sie im Jahre 1934 schon 25 891 t und hat im Jahre 1935, besonders in Deutschland, einen noch ganz erheblicheren Aufschwung genommen, der sich auch im Jahre 1936 noch fortsetzen wird. Von anderen Ländern haben besonders Italien und auch Japan die Herstellung der Kunstspinnfaser aufgenommen; aber auch die an Baumwolle reichen Länder, wie Frankreich und England, stellen die Kunstspinnfaser in nicht unerheblichen Mengen her, und sogar in den Vereinigten Staaten von Amerika ist eine gewisse Kunstspinnfaserherstellung aufgekommen. Die Ursache für diese Erscheinung ist darin zu suchen, daß die Kunstspinnfaser doch für manche Zwecke gewisse Vorzüge vor Naturfasern hat, die ihr zweifellos die Berechtigung zu einem besonderen Eigenleben erteilen.

Zum Schluß seien noch einige statistische Angaben gebracht, aus denen die Erzeugungshöhe von Kunstseide und von Stapelfaser erkennbar wird.

### Kunstseide

In der Schaulinie 1 ist die Entwicklung der Kunstseidenerzeugung vom Jahre 1895 bis zum Jahre 1935 wiedergegeben, zusammen mit der Entwicklung der Naturseidenerzeugung, welche letztere ursprünglich höher als die Kunstseidenerzeugung war, heute aber weit hinter derselben zurückgeblieben ist. Man sieht, daß die Hauptentwicklung der Kunstseidenindustrie nach dem Krieg eingesetzt hat, insbesondere seit dem Jahre 1924, und daß sie heute eine Höhe erreicht hat, die bereits eine Jahresproduktion von 400 000 t überschreitet, 1935 rd. 440 000 t.

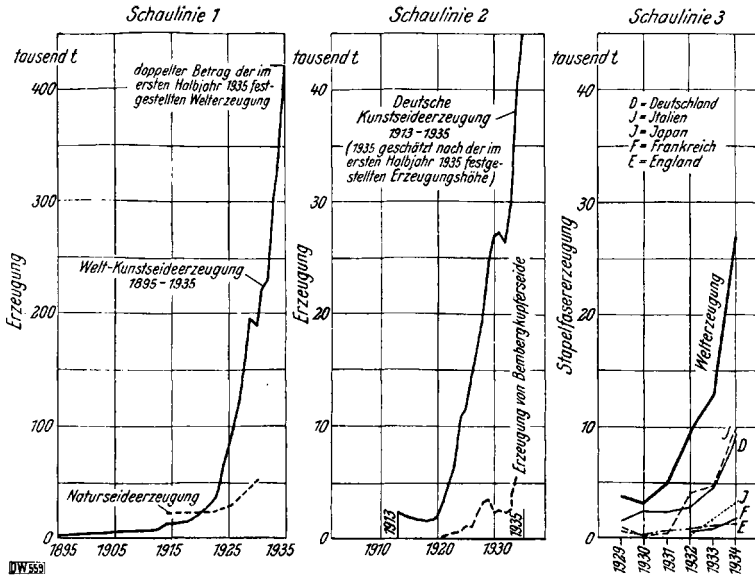


Abb. 9. Schaulinien über die Entwicklung der Kunstseidenerzeugung.

In Schaulinie 2 ist die Entwicklung der deutschen Kunstseidenerzeugung in zehnfach größerem Maßstab wiedergegeben. Man sieht, daß die deutsche Entwicklung mit der Weltkunstseidenentwicklung in der Hauptsache gleich geht und heute etwa  $\frac{1}{9}$  der Welterzeugung beträgt. Im Schaubild 2 ist außerdem die Entwicklung der Erzeugung der Bemberg-Kupferkunstseide wiedergegeben, die für gewisse Zwecke auch heute noch allen anderen Kunstseidenarten vorgezogen wird. Immerhin ist die Herstellung von Kupferkunstseide heute hinter der Herstellung von Azetatkunstseide zurückgeblieben. An Azetatkunstseide wurden im Jahre 1934 30 400 t hergestellt und an Kupferkunstseide genau die Hälfte, nämlich 15 200 t.

### Zellwolle

In Schaulinie 3 ist die Entwicklung der Welterzeugung an Stapelfaser wiedergegeben und außerdem die Erzeugung der wichtigsten Länder: Deutschland, Italien, Japan, Frankreich und England.

Die nachstehenden Zahlentafeln geben die Entwicklung der einzelnen Länder an Kunstseide (Tafel 1) und an Stapelfaser (Tafel 2) wieder, und für letztere muß bemerkt werden, daß für das laufende und auch für das kommende Jahr eine ganz erhebliche Erhöhung, insbesondere der deutschen Erzeugung, erwartet werden muß, 1935 rd. 25 Mill. kg.

Tafel 1. Kunstseidenerzeugung (1000 kg)

Land	1929	1980	1981	1982	1983	1984	1985 (I. Hälfte)
Vereinigte Staaten	58 200	58 200	63 650	56 800	79 800	95 950	52 500
Japan	10 700	15 800	21 100	29 700	41 850	69 300	42 600
Italien	32 250	28 800	34 250	31 850	35 400	47 900	31 250
England	25 100	22 600	24 500	31 500	37 700	41 700	27 600
Deutschland	23 000	20 500	24 950	24 500	33 950	40 850	24 755
Frankreich	22 400	19 500	17 100	19 500	26 300	33 250	16 100
Holland	9 300	7 800	9 000	8 300	10 600	10 650	4 050
Kanada	—	2 400	2 600	3 100	3 400	4 600	2 450
Polen	2 800	2 100	2 450	2 950	3 150	4 550	2 400
Belgien	7 000	5 300	4 500	4 550	4 250	4 150	2 250
Schweiz	5 500	4 700	4 400	4 950	5 750	4 050	2 100
Rußland	—	—	—	—	—	5 300	12 050
Andere Länder	450	5 150	4 150	4 900	5 650	5 550	3 600
Welt	196 700	187 850	212 650	222 600	289 800	374 550	216 950

Tafel 2. Kunstspinnfaser-Erzeugung (1000 kg)

Jahr	Welt	Deutschland	England	Italien	Vereinigte Staaten	Frankreich	Japan	Polen
1929	3 765	1 588	907	771	227	*)	*)	*)
1930	8 288	2 495	317	317	159	*)	*)	*)
1931	4 073	2 495	544	635	399	*)	*)	*)
1932	9 839	2 994	998	4 250	499	749	249	*)
1933	12 977	4 491	1 247	4 990	953	998	*)	*)
1934	34 550	16 900	2 150	10 000	1000	2000	2150	850
1935 (I. Hälfte)	26 700	12 250	2 450	6 900	0750	1950	2100	300

\*) Keine Angaben erhältlich.

## A u s l a n d h a n d e l

Die vorstehenden Ausführungen sollten ein Bild geben von der technischen und von der wirtschaftlichen Entwicklung der Herstellung von Kunstseide und Kunstspinnfaser. Dieses Bild ist noch zu ergänzen durch einige wichtige Angaben: Deutschland führt trotz seiner erheblichen Erzeugung auch heute noch erhebliche Mengen Kunstseide aus dem Ausland ein, wenngleich diese Einfuhr in den letzten beiden Jahren stark abgenommen hat.

Deutschlands Ausfuhr betrug im Jahre

1931 . . . . .	6 000 t
1933 . . . . .	7 300 t
1934 . . . . .	5 700 t
1935 1. Halbjahr . . . . .	2 200 t.

Die Einfuhr betrug hingegen im Jahre

1931 . . . . .	11 450 t
1932 . . . . .	9 600 t
1933 . . . . .	10 000 t
1934 . . . . .	9 600 t
1935 1. Halbjahr . . . . .	5 100 t.

Deutschland steht somit auch heute noch bei weitem an der Spitze der Kunstseide einführenden Länder; als nächstes Land folgt die Schweiz mit 2400 t (bei einer Ausfuhr von 3650 t) und sodann Holland, England und Italien. Jedoch haben diese Länder alle eine wesentlich höhere Ausfuhr, die bei Frankreich 11 600 t, bei Japan 11 100 t, bei Holland 8550 t und bei Italien sogar 20 500 t im Jahre 1934 erreicht hat.

Die Ausfuhrsteigerung ist besonders erheblich bei Japan gewesen, bei welchem sie im Jahre 1931 1300 t betrug, sich also in vier Jahren nahezu verzehnfacht hat<sup>1)</sup>. Japan ist auch heute an die zweite Stelle der Kunstseide herstellenden Länder getreten und hat einen weiten Vorsprung vor dem an dritter Stelle stehenden Italien sowie vor England, Deutschland und Frankreich, die an vierter, fünfter und sechster Stelle stehen.

Wir müssen hoffen, daß die Kunstseideneinfuhr nach Deutschland auch weiterhin abnehmen wird und wir mit den so freiwerdenden Devisen lebenswichtige Rohstoffe einführen können, da es sich hier um ein Erzeugnis handelt, das ohne Mühe vollständig aus deutschem Rohstoff hergestellt werden kann und das für die Bekleidung der gesamten Bevölkerung eine immer wachsende Bedeutung gewinnt.

<sup>1)</sup> Japans Ausfuhr (1935 1. Halbjahr) 5850 t, keine Einfuhr.

# Die Stadtgasindustrie

## Ein Abriss ihrer geschichtlichen Entwicklung

Von *Adolf Thau VDI*, Berlin \*)

Die ältesten Überlieferungen enthalten schon Angaben, daß die Entbindung brennbarer Gase bei der Erwärmung organischer Stoffe beobachtet wurde. Vor wenigen Monaten gedachte man in Deutschland der 300 jährigen Wiederkehr des Tages an dem *Dr. Joh. Joachim Becher* (1635 bis 1682) in Speyer geboren wurde. Er führte den Koks an Stelle von Holzkohle ein und ließ sich im Jahre 1681 die Erzeugung von Teer aus Kohle durch ein englisches Patent schützen. Becher erkannte auch die Bildung brennbaren Gases, wie aus seinen Schriften hervorgeht.

Eine praktische Auswertung dieser Beobachtung begann erst zu Beginn des 18. Jahrhunderts in Frankreich und England unabhängig voneinander, wobei jedoch ein Erfolg nur von England ausging. Die zunächst auf empirischen Grundlagen aufgebaute Gastechnik wurde, seit Anfang des 19. Jahrhunderts auch in Deutschland, durch wissenschaftliche Arbeiten vervollkommen. Die für die erste Entwicklung der Gastechnik maßgebenden Pioniere sollen mit ihren Arbeiten kurz angeführt werden.

### *Philippe Lebon*

Die ersten praktisch verwertbaren Versuche, die allerdings für die Weiterentwicklung bedeutungslos blieben, machte der französische Ingenieur *Philippe Lebon* (1769 bis 1804). Seine ziemlich geheimgehaltene Gaserzeugungseinrichtung, die großes Aufsehen erregte und auf die er im Jahre 1799 Patentschutz erhielt, nannte er „Thermolampe“. Nun darf man das Wort Lampe hier nicht wörtlich übersetzen, sondern diese Thermolampe war ein kleines, für den Hausgebrauch bestimmtes Gaswerk. Es war ein Küchenofen mit einer Rostfeuerung, und über der Feuerung war eine Retorte eingebaut, die von

---

\*) Der Verfasser war früher in leitenden Betriebstellen in der Kokerei, Schwel- und Gasindustrie tätig, davon 13 Jahre in England, und ist jetzt technischer Beirat der Didier-Werke A.-G. Von ihm stammen zahlreiche Veröffentlichungen in den Fachzeitschriften sowie das Werk: „Die Schwelung von Braun- und Steinkohle“, Halle a. S. 1927. •Für seine wissenschaftlichen Leistungen auf dem Gebiet der Kohlenveredlung verlieh ihm die Technische Hochschule Karlsruhe 1925 die Würde eines Dr.-Ing. Ehren halber.

oben mit Holzstückchen beschickt wurde. Da diese Einrichtung gleichzeitig der Raumheizung diente, wurde das in der Retorte aus dem Holz entbundene Gas durch Rohre in einen an anderer Stelle vorgesehenen Behälter geleitet, in dem es das darin befindliche Wasser verdrängte. Von dort wurde es durch Rohre den einzelnen Leuchtbrennern zugeführt. Lebon wollte in jedem Haus ein Gaswerk einrichten, was bei Holzgas ziemlich einfach ist, weil es sich verhältnismäßig leicht reinigen läßt, wofür der gleichzeitig als Gasspeicher dienende Wasserbehälter ausreichte.

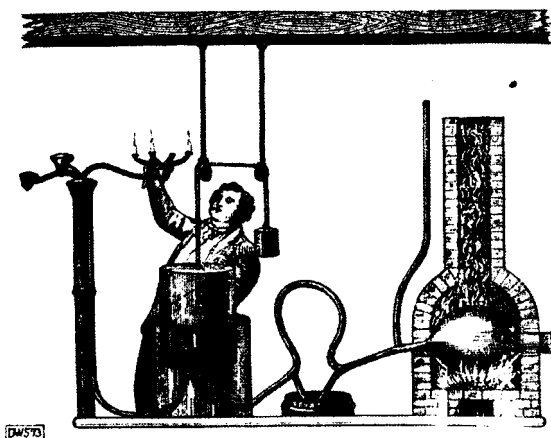


Abb. 1. Gaserzeugungseinrichtung für Einzelhäuser  
(Thermolampe)

Eine der Thermolampe ähnliche Einrichtung, wie sie *Winsor*, von dem noch die Rede sein wird, zu Vorführungszwecken benutzte und die grundsätzlich auch der von Lebon erfundenen Thermolampe entsprechen dürfte, zeigt Abb. 1. In einem Säulenofen liegt über der Rostfeuerung, die mit kleinstückigem Holz beschickte, fast kugelförmige Retorte, deren Mundstück zur Beschickung und Entleerung seitlich herausragt. An der gegenüberliegenden Seite setzt sich die Retorte als Gasabzugsrohr fort mit einem senkrecht abzweigenden Abblasrohr ins Freie. Eine nach oben gebogene Schleife mit zwei in Wasser tauchenden Öffnungen ermöglichte das niedergeschlagene Wasser und den Teer abzuführen. Das Gas trat dann unter eine Behälterglocke und aus dieser in die Leuchtbrenner.

Lebon mietete in Paris eine Wohnung, in der er die Gasbeleuchtung alle zehn Tage gegen ein Eintrittsgeld von 3 Fr. oder eine Stammiete von 9 Fr. den Besuchern vorführte. Die Beleuchtung mit dem so erzeugten Holzgas war sehr kümmerlich, denn die Lichtstärke der Gasflamme übertraf kaum die gewöhnlicher Wachskerzen. Die Pläne von Lebon, seine Thermolampe in größerer Zahl zu bauen und zu vertreiben, schlugen fehl. Er erkannte aber bei seinen Versuchen die Möglichkeit bei der trockenen Destillation des Holzes Essigsäure zu gewinnen, und wandte sich der Holzdestillation zu, bis er im Jahre 1804 ermordet wurde.

### *William Murdock*

Unabhängig von *Lebon* gelang es dem Schotten *William Murdock* (1754 bis 1839), der sich in der Maschinenfabrik von *Boulton & Watt* in *Soho* zum Ingenieur emporgearbeitet hatte, die für eine Entwicklung der Gasindustrie erforderlichen Grundlagen zu ermitteln. *Murdock* machte die ersten Versuche mit Steinkohle im Jahre 1792 zu *Redruth* in *Cornwall*, wo er sein Haus mit Steinkohlengas beleuchtete. 1799 kehrte er nach *Soho* zurück und richtete in den Werkstätten der *Soho-Gießerei* die Gasbeleuchtung ein. Wegen der mangelhaften Reinigung des Gases hatte er große Schwierigkeiten, die er erst nach jahrelanger Anstrengung überwinden konnte.

*Murdock*, dem die Technik eine Reihe anderer wichtiger Erfindungen verdankt, kann das Vorrecht auf die Begründung der Leuchtgasindustrie nicht abgesprochen werden. Aber seine Gestalt in Verbindung mit der Entwicklung der Gasindustrie wird von seinem Lehrling und späteren Mitarbeiter *Samuel Clegg* (1781 bis 1861) überschattet. *Clegg* schaffte Einrichtungen, um das Rohgas so zu reinigen, daß es, ohne Rauch-, Ruß- und Geruchbelästigung und ohne Verstopfungen durch Ausscheidungen und Niederschläge in den Leitungen zu verursachen, mit hinreichender Zuverlässigkeit den Leuchtzwecken nutzbar gemacht werden konnte. Die Leistungen *Cleggs* müssen um so höher eingeschätzt werden, als man heute, nach fast 140 Jahren mit ihrer, sich zeitweise überstürzenden technischen Entwicklung die Grundlagen der von *Clegg* angegebenen Einrichtungen noch auf jedem Gaswerk zu erkennen vermag.

### *Friedrich Albert Winsor*

Die Entwicklungsgeschichte der Gasindustrie verdankt zwar dem deutschen Kaufmann *F. A. Winsor*, der ursprünglich *Wintzler* hieß, keinen technischen Beitrag, aber seine oft recht abenteuerliche Rolle im Anfang der Gasindustrie, wenn auch meist nur als Gesellschaftsgründer, ist doch so wichtig, daß man sie nicht ganz übergehen kann.

Zunächst besuchte er im Jahre 1801 Lebon in Paris, um ihm eine Thermolampe abzukaufen. Er mußte aber unverrichteter Sache zurückkehren, da Lebon das für damalige Zeiten recht hohe Angebot von 100 Louisd'or ausschlug. Trotz der fehlenden technischen Kenntnisse gelang es Winsor, eine Thermolampe nach Abb. 1 nachzubauen, die er bei seinen Vorträgen vorführte.

Während Winsor zunächst an der Thermolampe, oder besser gesagt, an kleinen Hausgaswerken festhielt, wurde er bei seiner bald darauf erfolgenden Übersiedlung nach England mit den Erfindungen von Murdock und Clegg bekannt. Bereits im Jahre 1804 wurde ihm ein Patent erteilt, das erste in England das die Leuchtgaserzeugung betraf, und dessen Erstlingsrecht selbst die Einsprüche von Murdock nicht erschüttern konnten.

Winsor entfaltete nun eine rührige Tätigkeit um eine kapitalkräftige Gesellschaft zusammenzubringen, die nach seinen Vorschlägen ganze Städte mit Rohrnetzen durchziehen und diesen das Gas von einer Erzeugungsanlage zuführen sollte. Seine Pläne wurden allgemein als Hirngespinnste aufgefaßt, trotzdem er günstige Beschreibungen und Wirtschaftlichkeitsberechnungen veröffentlichte und ganze Häuserreihen von außen mit Gas beleuchtete, um so die Aufmerksamkeit auf die neue Erfindung zu lenken.

Eine Zeitlang war er wieder in Paris, um für die Gasbeleuchtung zu werben. Als ein Ergebnis dieser Werbung wurde im Jahre 1817 in einem kleinen, am Rathausplatz in Paris gelegenen Wirtshaus die Gasbeleuchtung eingerichtet und in riesigen Buchstaben außen der Name „Café du gaz hydrogène“ angebracht.

Im Jahre 1812 gelang Winsor die Gründung der noch heute in London bestehenden Chartered Gaslight and Coke Company mit einem Kapital von 200 000 £, die jedoch durch innere Widerstände nicht erfolgreich war, bis Clegg in sie eintrat. Am Silvestertage 1813 wurde die Westminsterbrücke erstmalig mit Gas beleuchtet, und am 1. April 1814 war die Gasbeleuchtung in dem Londoner Stadtteil St. Margareths eingeführt. Trotzdem die ersten Eisenrohre im Jahre 1810 erfolgreich gegossen worden waren, verwandte man zu jener Zeit und fast noch ein weiteres Jahrzehnt überwiegend Holzrohre zur Fortleitung des Gases. Sowohl Clegg wie auch Winsor wurden aus der Gesellschaft verdrängt, und beide starben in Armut, Winsor in Paris, Clegg in Hampstead.

### Anfänge in Deutschland

Der eigentlichen Begründung der Gasindustrie ging der Einbau zahlreicher Einrichtungen, ähnlich Abb. 1 voran, um einzelne Häuser oder auch Fabrikräume mit Gas zu beleuchten. Das erste Gaswerk nach heutigen Begriffen, wenn auch mit wesentlich geringerer Lei-



stung, erbaute *Lampadius* im Jahre 1816 zu Freiberg auf den dortigen Amalgamierwerken, um die während der Nacht benutzten Diensträume zu beleuchten. Die Brauchbarkeit der Gasbeleuchtung hatte er schon vorher in seinem eigenen Hause und in einer Reihe von Nachbarhäusern praktisch bewiesen. Das Gaswerk der Amalgamierwerke wurde im Jahre 1827 auf eine Leistung von 99 Flammen erweitert, und das Gas wurde in zwei getrennt beheizten Retorten erzeugt, von denen jede 45 kg Kohle aufnahm. Der Bau kleiner Gaswerke zur Fabrikbeleuchtung machte stetige Fortschritte, ohne daß es zu einer öffentlichen Allgemeinversorgung gekommen wäre.

Inzwischen hatte sich in London die Imperial Continental Gas Association gebildet mit dem Zweck, in den größeren Städten des europäischen Festlandes Gaswerke zu erbauen und die öffentliche Beleuchtung einzurichten. Hier mag vorausgeschickt werden, daß zuerst Hannover und Berlin mit dieser Gesellschaft Gaslieferungsverträge abschlossen, und am 19. September 1826 wurde in Berlin die Straße Unter den Linden erstmalig bis zur Schloßbrücke mit Gas beleuchtet. Das Rohrnetz wurde bis zum Jahre 1829 für eine Leistung von 1783 Flammen ausgebaut. Die Gasgesellschaft, als deren Nachfolgerin die Gasbetriebsgesellschaft heute einen großen Teil Berlins mit Gas versorgt, erhielt bei 1300 stündiger Brennzeit der Lampen jährlich 31 000 Thaler, wofür sie allerdings auch noch 930 Öllaternen zu unterhalten hatte. Für die Benutzung eines Rundbrenners (der nach dem Erfinder des runden Öllampenbrenners Argand-Brenner genannt wurde), von eintretender Dunkelheit bis 10 Uhr abends, zahlte man jährlich 20 Thaler, später 23 Thaler. Der im Jahre 1815 von Clegg erfundene Gaszähler war noch nicht allgemein eingeführt.

#### *Rudolf Sigismund Blochmann*

Als Begründer der deutschen Gasindustrie muß der im Jahre 1784 geborene Kommissionsrat *R. S. Blochmann* gelten, der seine ersten Versuche mit der Gasbeleuchtung zu Benediktbeuern im Jahre 1816 begann. Nach Dresden zurückgekehrt, beleuchtete er 1819 sein mechanisches Institut mit Gas und zog dadurch die Aufmerksamkeit auf sich, daß er vor dem Hause eine Gaslaterne anbrachte. Als die Gasbeleuchtung von Dresden ernstlich in Erwägung gezogen wurde und die mit der Imperial Continental Gas Association geführten Verhandlungen nicht zu einer Einigung führten, erhielt Blochmann Anfang 1825 die Genehmigung, einen Raum des königlichen Schlosses probeweise mit Gas zu beleuchten. Zu diesem Zweck wurde das im mechanischen Institut erzeugte Gas in kupferne Kessel gepreßt und diese zum Schloß gefahren. Hier wurde ein Zimmer durch 18 Gasflammen mit solchem Erfolg erleuchtet, daß man Blochmann wenige Wochen später die Einrichtung der Gasbeleuchtung der Stadt Dresden übertrug.

Die gegenwärtig zu so großer Bedeutung gelangte Beförderung verdichteten Gases wurde also schon vor 110 Jahren, wenn auch mit viel unvollkommeneren, dem damaligen Stand der Technik entsprechenden Mitteln durchgeführt. Die Gußeisenrohre für das Rohrnetz, die man in anderen Städten aus England bezogen hatte, wurden für Dresden vom Gräflich von Einsiedelschen Eisenwerk Lauchhammer geliefert. Es waren aber große Schwierigkeiten zu überwinden, ehe man eine Eisensorte fand, die ein genügend dichtes Gefüge lieferte, das kein Gas durchließ, und die Rohre mußten unter Wasser mit Druckluft geprüft werden. Da in manchen Straßen sechs hölzerne Wasserleitungen in verschiedenen Tiefenlagen vorhanden waren, machte auch die Verlegung des Gasrohrnetzes große Schwierigkeiten.

### *Wilhelm Kornhardt*

Unter den Mitarbeitern Blochmanns ist sein Sohn *G. M. S. Blochmann* zu nennen, der sich ebenfalls den Bau von Gaswerken zu seiner Lebensaufgabe machte, sowie der Ingenieur *Wilhelm Kornhardt* (1821 bis 1871), der für Blochmann das Gaswerk Stettin erbaute und anschließend die Leitung übernahm. In dieser Stellung baute er nebenher noch im Laufe von fünfzehn Jahren 40 Gaswerke. Die Arbeit von Kornhardt ist deshalb von geschichtlicher Bedeutung, weil er sich nicht damit begnügte, in den Fußtapfen technischer Überlieferung zu wandeln, sondern sofort erkannte, daß die Gaserzeugungsöfen die wirtschaftliche Grundlage der Gaserzeugung bilden. Sein Name ist in die Geschichte als der des bedeutendsten Erbauers von Gaserzeugungsöfen in Deutschland eingegangen. In seiner Stellung an das Gaswerk Stettin gebunden, gründete er im Jahre 1864 zusammen mit dem Ziegeleibesitzer *Ferd. Didier* die Stettiner Chamottefabrik, die sich zu dem bedeutendsten Unternehmen dieser Art, der Didier-Werke A.-G. Berlin, entwickelte. Seine amtliche Stelle hinderte Kornhardt, mit seinem Namen in der Bezeichnung des Unternehmens hervorzutreten. Was die deutsche Gasofenbauentwicklung Kornhardt verdankt, ist bereits im Fachschrifttum gewürdigt worden.

### *Auer von Welsbach*

Nachdem das Leuchtgas eingeführt und die Entwicklung zu einem gewissen Abschluß gekommen war, trat ihr vor rd. 50 Jahren in der elektrischen Kohlenfadenlampe ein gefährlicher Wettbewerber entgegen. Man sprach schon von einem nahen Ende der Gasindustrie, und die Wertpapiere der Gasunternehmungen erfuhren eine nie gekannte Entwertung. Es ist das Verdienst von Dr. *Carl Auer von Welsbach* (1858 bis 1929), diesen drohenden Niedergang verhindert zu haben. Bei seinen Forschungsarbeiten mit seltenen Erden erfand er den Thor-Cer-Glühkörper, der im Bunsenbrenner der Gaslampe nicht nur

eine wesentliche Verbesserung der damals gebräuchlichen Gasleuchtgerätee darstellte, sondern auch die Helligkeit der elektrischen Kohlenfadenlampe weit übertraf.

Die Einführung des Glühstrumpfbrenners wirkte sich in ungeahnter Weise auf die Wirtschaftlichkeit nicht nur des Gasverbrauches, sondern auch der Gaserzeugung selbst aus. Gaben früher 120 bis 150 l Gasverbrauch je Stunde im Schnittbrenner ein 12 bis 16 Normkerzen entsprechendes Licht, so lieferte der Auer-Brenner bei gleichem Gasverbrauch 60 bis 70 Kerzen. War man früher gezwungen, die Kohle in kleinen, auf viele Retorten verteilte Beschickungen zu entgasen, um die die Leuchtkraft beeinflussenden Gasbestandteile vor nachträglichem Zerfall zu bewahren, so hatte jetzt die Leuchtkraft des Gases keine Bedeutung mehr, denn es galt ja nur noch den Glühstrumpf zu erhitzen. So wurde das Gas allgemein ein Wärmespender, nur mittelbar der Beleuchtung dienend. Seine Bewertung erfolgt seitdem nicht mehr auf Grund der Leuchtkraft, sondern nach seinem Wärme- oder Heizwert. Damit konnte man auf den teuren „Teelöffelbetrieb“ in den Gaswerken verzichten und die Kohle in großen Mengen der trockenen Destillation unterwerfen. Das hatte einen die Wirtschaftlichkeit der Gaserzeugung sehr günstig beeinflussenden Entwicklungsumschwung im Bau und Betrieb der Gaserzeugungsöfen zur Folge. Am 7. November 1935 wurde Auer von Welsbach in Wien ein Denkmal gesetzt.

#### *Max von Pettenkofer*

Der große Hygieniker *Max von Pettenkofer* (1818 bis 1901) gehört ebenfalls zu den Pionieren der Gastechnik, denn bereits im Jahre 1848 lehrte er die Erzeugung des Leuchtgases aus Abfallholz und veranlaßte L. A. Riedinger in Augsburg, den Bau von Holzgaswerken aufzunehmen. Als erste wurden 1854 die Gaswerke Bayreuth und Darmstadt gebaut, und bis zum Jahre 1870 folgten weitere 60 Gaswerke, die später sämtlich auf Steinkohlenbetrieb umgestellt wurden. Pettenkofer erkannte schon damals, daß die Gasgüte nicht so sehr vom Brennstoff abhängt, sondern von dem Entgasungsverfahren, so daß auch das nach seinen Angaben entgaste Holz ein Gas mit ausreichender Leuchstärke lieferte.

#### *Hans Bunte*

Unter allen Wissenschaftlern, die sich mit der Leuchtgaserzeugung befaßten, hat keiner diese Industrie in gleichem Maße befruchtet und durch wichtige Erkenntnisse bereichert wie der Geheime Rat Professor Dr. *Hans Bunte* (1848 bis 1925). Sein Wirken für die Gasindustrie fällt mit seiner Lehrtätigkeit an der Technischen Hochschule in Karlsruhe zusammen. Die Arbeiten von Bunte in ihrer Auswirkung auf die Entwicklung bilden eine besondere Geschichte der Gastechnik. Eine ganze

Anzahl heute an leitender Stelle stehender Gasfachleute verdanken Bunte ihre Ausbildung. Das noch heute bestehende, der technischen Hochschule angegliederte Versuchsgaswerk zu Karlsruhe ermöglicht die Durchführung von Versuchen und Ermittlungen auf betriebsmäßiger Grundlage, und die Ergebnisse dieser Forschungsarbeiten waren richtunggebend für die Entwicklung der Gasindustrie in der ganzen Welt. Insbesondere der Bau von eingebauten Gaserzeugern in die Retortenöfen wurde durch die Erkenntnisse und Ermittlungen von Bunte so gefördert, daß dadurch die Wirtschaftlichkeit der Gas-erzeugung eine wesentlich günstigere Grundlage erhielt.

### Bedeutende deutsche Gastechniker

Als Pionier der deutschen Gasindustrie ist auch *Philipp Otto Oechelhaeuser* zu nennen, der im Jahre 1872 mit dem Ingenieur *Emil Blum* die Berlin-Anhaltische Maschinenbau A.-G. (Bamag) gründete, deren maßgeblicher Einfluß auf die Ausrüstung der Gaswerke bekannt ist. Sein Sohn *Wilhelm von Oechelhaeuser* ist als Bahnbrecher auf dem Gebiete des Großgasmaschinenbaues bekannt.

*Julius Pintsch* begründete im Jahre 1843 das noch heute seinen Namen tragende bedeutende Unternehmen, das in allen Zweigen des Gasfaches Hervorragendes leistete, besonders durch die Entwicklung der Ölgasbereitung nebst Einrichtungen zur Eisenbahnwagenbeleuchtung, dem Gaswerkneubau und vielen neuen Einrichtungen.

*N. H. Schilling*, der bedeutende Leiter der Gasbeleuchtungsgesellschaft in München hat ebenfalls zur Entwicklung der Gasindustrie wesentlich beigetragen, und er war es, der Hans Bunte in das Gasfach hinüberzog. Schilling schrieb das erste deutsche, im Jahre 1860 herausgegebene Handbuch der Steinkohlengasbeleuchtung.

*August Klönne* gründete im Jahre 1879 in Dortmund das nach ihm benannte Werk, in welchem der Bau vollständiger Gaswerke besonders gepflegt wurde. Bedeutende Verbesserungen und schöpferische Eigenart kennzeichnen die erfolgreich eingeführten Bauten von Klönne, dessen Einrichtungen weit über die deutschen Grenzen hinaus große Verbreitung gefunden haben.

### Die geschichtliche Entwicklung der Gastechnik

Der Ursprung des Wortes Gas ist umstritten und mit Bestimmtheit wissen wir nur, daß der belgische Arzt, Chemiker und Philosoph *van Helmont* (1577 bis 1644) die Bezeichnung Gas als eine Verstümmelung des altholländischen Wortes *ghoast* (= Geist) in den Wortschatz der Chemie aufnahm. Alle Stoffe, die bei Raumtemperatur weder fest noch flüssig sind, werden als Gase bezeichnet, und dieser Begriff hat sich im Volksmund allgemein als Bezeichnung für brennbares Kohlen-gas eingebürgert, das im Anfang ausschließlich der Beleuchtung diente und auch heute noch vielfach Leuchtgas genannt wird.

In diesem Zusammenhang werden die in der Luft sichtbaren Gase, die sich über dem Gefrierpunkt des Wassers ohne besondere Druckanwendung verflüssigen, als Dämpfe bezeichnet.

Der einfachste Weg, um solch ein Gas zu erzeugen, das mit leuchtender Flamme verbrennt, ist der, den Kopf einer Tonpfeife mit irgendeinem, möglichst trockenem, organischen Stoff zu füllen, wie Kohle, Sägemehl, Torf, Leder, Knochen, Papier, Harz usw. und mit einem Blechdeckel zu schließen. Läßt man nun auf den nach unten gehaltenen Deckel der mit Kohle gefüllten Pfeife die Wärme einer Flamme einwirken, so kann man bald wahrnehmen, daß ein Gemisch von Gasen und Dämpfen dem Mundstück der Pfeife entströmt. Dieses Gemisch läßt sich leicht entzünden und verbrennt mit leuchtender, rauchender und rußender Flamme.

Die mit dem Gas der Tonpfeife entströmenden Dämpfe haben eine braune Farbe. Sie rühren von den versteinerten Harzresten her, die in der Kohle, die ja aus Holz entstanden ist, eingeschlossen sind und die man als bernsteinfarbene, fast durchsichtige Zellen unter dem Mikroskop in Dünnschliffen der Kohle erkennen kann. Die von diesen Harzeinschlüssen unter dem Einfluß der Wärme entbundenen Dämpfe verflüssigen sich beim Abkühlen zu einem Ölgemisch, das man als Teer bezeichnet. Um daher ein teerfreies Gas zu liefern, das bei der Fortleitung die Leitungen nicht verschmutzt und bei der Verbrennung keinen Rauch, Ruß und Geruch hinterläßt, muß das Rohgas gekühlt und gereinigt werden, so daß es den Brennern ganz unsichtbar entströmt. Wenn die Flamme wegen mangelnder Gasabgabe verlöscht, ist die Kohle in dem Pfeifenkopf entgast, und die Kohle ist nun verkockt, und nach Entfernung des Deckels kann man die vorher pulverige Kohle als ein einziges Koksstück dem Pfeifenkopf entnehmen.

Die als Versuch angeführte Tonpfeife erinnert in ihrer Gestalt bereits stark an die alchimistischen und in den früheren chemischen Laboratorien gebräuchlichen Destillierretorten. Die Beeinflussung der organischen Stoffe unter Luftabschluß durch Wärme nennt man trockene Destillation.

Die hierbei auftretenden Erscheinungen waren lange bekannt, ehe man an ihre praktische Auswertung dachte, wie aus den bereits erwähnten, aus dem 17. Jahrhundert stammenden Schriften von *Becher* hervorgeht. Im Anfang des 18. Jahrhunderts berichtete *Hales* über die bei der trockenen Destillation entbundene „brennbare Luft“. Ihm folgten *Clayton* und *Wetson*, die die gleichen Beobachtungen machten, wie auch der Apotheker *Pickel* in Würzburg, der bereits im Jahre 1786 bei der trockenen Destillation von Knochen zur Salmiakherstellung das dabei entstehende Gas entzündete und damit den Arbeitsraum seiner Apotheke beleuchtete.

### Chemische Vorgänge bei der Entgasung

Die der thermischen Kohlenentgasung zugrunde liegenden hauptsächlichsten Vorgänge sind in der Abb. 2 schaubildlich dargestellt. Der schwarze Balken in der Mitte bezeichnet die aus den Elementen Kohlenstoff (C), Wasserstoff (H), Sauerstoff (O), Stickstoff (N) und Schwefel (S) bestehende Kohle, deren eben erwähnte Anteile unter dem Einfluß der Wärme zum Teil verflüchtigt werden und die Retorte als Gas verlassen. Kohlenstoff und Wasserstoff verbinden sich zu

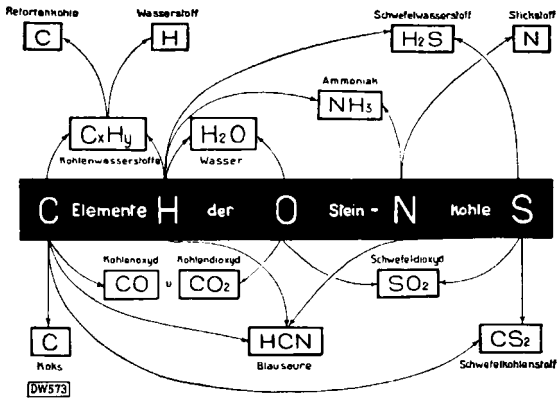


Abb. 2. Chemische Vorgänge bei der Kohlenentgasung

Kohlenwasserstoffen, die teilweise als Gas, zum Teil auch durch Kühlung in flüssiger Form gewonnen werden. Dieses Ölgemisch bezeichnet man kurz als Teer, und sein begehrtester und wertvollster Bestandteil ist das Benzol, das teilweise als Dampf im Gase verbleibt. Ein recht lästiger, ebenfalls zum Teil im Gase verbleibender Teerbestandteil ist das Naphthalin, das bei niedriger Temperatur fest wird, sich an den Wandungen der Rohrleitungen niederschlägt und den Gasdurchgang verengt, wenn nicht gar ganz verstopft. Eine sehr wichtige Verbindung bilden Wasserstoff und Stickstoff, die sich zu Ammoniak vereinigen, für das früher lohnende Preise gezahlt wurden, die aber durch den Bau riesiger Fabriken zur Erzeugung synthetischen Ammoniaks stark gesunken sind. Schwefel verbindet sich hauptsächlich mit Wasserstoff zu Schwefelwasserstoff, in geringem Maße auch mit Kohlenstoff zu Schwefelkohlenstoff. Die ersterwähnte gasförmige Verbindung muß ebenso wie das Ammoniak bei der Reinigung des Gases vollkommen entfernt werden. Diese Reinigung muß sich daher auf die Entfernung folgender Bestandteile erstrecken: Wasserdampf,

der sich als Wasser, und Teer, der sich ebenfalls flüssig in den Leitungen absetzen würde. Teerbestandteile im Gas würden außerdem eine rußige Flamme erzeugen und die Brenner verstopfen. Ammoniak greift Kupfer und damit auch Messing gierig an; es muß daher entfernt werden, damit Hähne, Brenner und sonstige Messinggeräte nicht zerfressen werden. Schwefelwasserstoff bildet bei der Verbrennung schweflige Säure, deren Gegenwart in der Luft sehr schädliche Wirkungen auf die Atmungsorgane ausübt, weshalb das Gas davon vollkommen befreit werden muß. Die hierbei angewandten Verfahren werden noch kurz besprochen.

### Die Entgasungsretorten

*Murdock* verwandte als Destillationsretorten für die Steinkohlenentgasung zunächst gußeiserne Gefäße, Abb. 3, *a* bis *d*, die in ihrer Folge bereits den eingeschlagenen Entwicklungsweg kennzeichnen: *a* zeigt einen zylindrischen Topf mit Deckel und oberem Gasabgang. Der Koksrückstand war daraus sehr schwer zu entfernen. Die Retorte *b* trägt diesem Umstand bereits Rechnung, denn ein seitlich über dem Boden angebrachter Stutzen ermöglicht, den Koks mit Haken herauszuziehen. Um diese Arbeit zu erleichtern, gab man der rohrförmigen Retorte eine Schräglage, Abb. 3 *c*. Die Zeit war für die richtige Beheizung dieser Retortenform noch nicht reif, und erst die Anwendung der Gasfeuerung ließ diese Bauart Ende der 80er Jahre neu erstehen und einen Siegeszug durch die Gaswerke der ganzen Welt antreten. Schließlich wandte *Murdock* ein an einem Ende geschlossenes, waagrecht über einer Feuerung eingebautes Gußeisenrohr als Retorte an, Abb. 3 *d*, und diese Änderung hat sich mit zahlreichen Verbesserungen bis auf den heutigen Tag erhalten, so daß sie als die bleibende Grundlage der Kohlentgasungstechnik zum Zwecke der Gaserzeugung angesprochen werden kann. Alle in der Abb. 3 wiedergegebenen Retor-

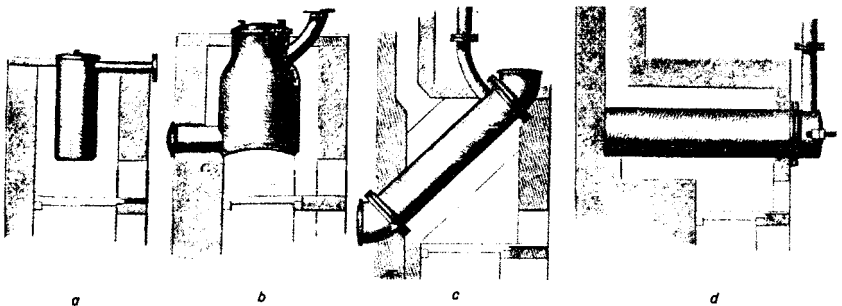


Abb. 3. Erste Gasretorten aus Eisen von *Murdock*

tenbauarten haben für die Beheizung eine einfache Planrostfeuerung, auf der Koks verbrannt wurde, wie man dies auch heute noch in älteren kleinen Gaswerken vereinzelt vorfindet.

Die Weiterentwicklung vollzog sich zunächst in der Weise, daß man mehrere Retorten in einem einzigen Ofen unterbrachte und den Retorten einen ovalen Querschnitt gab, so daß sie, mit der Breitseite aufliegend, der Strahlung des Feuers eine günstige Oberfläche boten, Abb. 4. Schließlich verwandte man auch Retorten mit fast quadratischem Querschnitt, wobei die obere Wand eine Wölbung bildete und vereinigte auch mehrere solcher Retorten zu einem einzigen, einem Backofen ähnlichen großen Entgasungsraum.

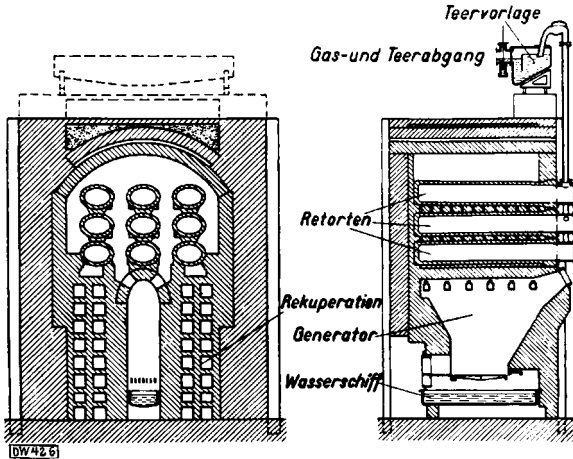


Abb. 4. Gaserzeugungsofen mit 9 Retorten

Ein Nachteil der waagerechten Retorten war die beschwerliche, große Zeit- und Wärmeverluste bedingende Beschick- und Entladearbeit der Retorten. *Clegg* war bemüht, Öfen mit mechanischen Einrichtungen zu entwickeln, bei denen die Kohle stetig eingebracht und der Koks gleichzeitig ausgetragen werden sollte. Er baute einen Ofen mit einer waagerechten Entgasungskammer, auf deren Sohle ein Kratzband ständig hindurchbewegt wurde sowie einen Rundofen, über dessen Scheibensohle die Kohle mit Rührarmen bewegt wurde. Beide Bauarten haben sich nicht zu behaupten vermocht; sie konnten die liegende Retorte nicht verdrängen. Bemerkenswert ist aber, daß man Öfen, die auf dem gleichen Erfindungsgedanken beruhen, erst in den letzten Jahren erneut in die Schwelindustrie eingeführt hat.

Gußeisen als Werkstoff für den Retortenbau hat den Vorzug leichter Wärmedurchlässigkeit. Unangenehm wirkt sich aber seine



Eigenschaft aus, bei einer über Rotglut liegenden Temperatur Kohlenstoff aufzunehmen, wodurch das Eisen durchlässig und morsch wird. Da aber die Gasausbeute um so größer ist, je stärker man die Kohle erhitzt, andererseits die Lebensdauer der teuren Eisenretorten durch Anwendung hoher Temperaturen stark verkürzt wird, so ging man um die Mitte des vorigen Jahrhunderts zu keramischen Retorten über. *Grafton*, ein Schüler von *Clegg*, hatte bereits im Jahre 1817 auf den Zusammenbau von Retorten aus feuerfesten Formsteinen ein Patent erhalten. Bei dem damaligen Stand der Technik vergingen noch viele Jahre, bis es gelang, keramische Retorten aus einem Stück oder aus mehreren zusammensetzbaren Schüssen herzustellen.

Die liegenden keramischen Retorten, die sich bis heute erhalten haben, wurden stetig verbessert, einmal, um ihre Bedienung zu erleichtern, dann aber auch mit Rücksicht auf ihre Wärmewirtschaftlichkeit. Man legt bis zu neun, an beiden Enden offene, sogenannte durchgehende Retorten in einen Ofen und ordnet dahinter eine seitlich und in der Höhe verschiebbare mechanische Einrichtung an, die den Koks ausstößt und anschließend die Retorte mit Kohle beschickt, so daß sich die Handarbeit auf die Bedienung der Verschlüsse beschränkt. Der glühende Koks fällt in eine in den Erdboden eingelassene, mit Wasser gefüllte Rinne, in der ein Förderband den Koks zu einem Siebwerk fortführt.

Die Möglichkeit, eine Vielzahl von Retorten in einem Ofen zu vereinigen, war erst durch die Einführung der Gasbeheizung mit Hilfe von Koksgaserzeugern möglich geworden, denn die strahlende Wärme der Planrostfeuerung läßt eine gleichmäßige Wärmeverteilung auf große Flächen nicht zu. Bereits Anfang der 70er Jahre hatte sich *Liegel* mit der Verwendung von eingebauten Koksgaserzeugern befaßt, die an die Stelle der Planrostfeuerungen traten. Erst den verdienstvollen Arbeiten von *Bunte* und *Schilling* ist ihre allgemeine Einführung als wesentlicher Bestandteil der Gaserzeugungsöfen zu verdanken. Der Koksverbrauch konnte dadurch erheblich herabgesetzt werden, während die auf den Kohlendurchsatz bezogene Gasausbeute beträchtlich anstieg.

### Schrägretorten

Die Vorteile einer schräg gestellten Retorte hatte bereits *Murdock* erkannt, aber bei der unzulänglichen Beheizung durch eine Planrostfeuerung konnte sie sich nicht durchsetzen. Ende der 80er Jahre trat der Gaswerkdirektor *Coze* in Reims erneut mit einer solchen, mit Koksgas beheizten Retorte hervor. Auch dabei waren noch ungeheure Schwierigkeiten zu überwinden, erst 1891 war der Ofen mit einer Retorte betriebsreif. Auch diese Öfen erhielten in der Folge bis zu neun Retorten je Einheit, und führten sich auf fast allen Gaswerken der

Welt in solchem Umfang ein, daß ihre Bauart als ein gewisser Entwicklungsabschluß auf diesem Gebiet gelten konnte. Einen Schnitt durch das so ausgerüstete Ofenhaus des Nürnberger Gaswerkes zeigt Abb. 5.

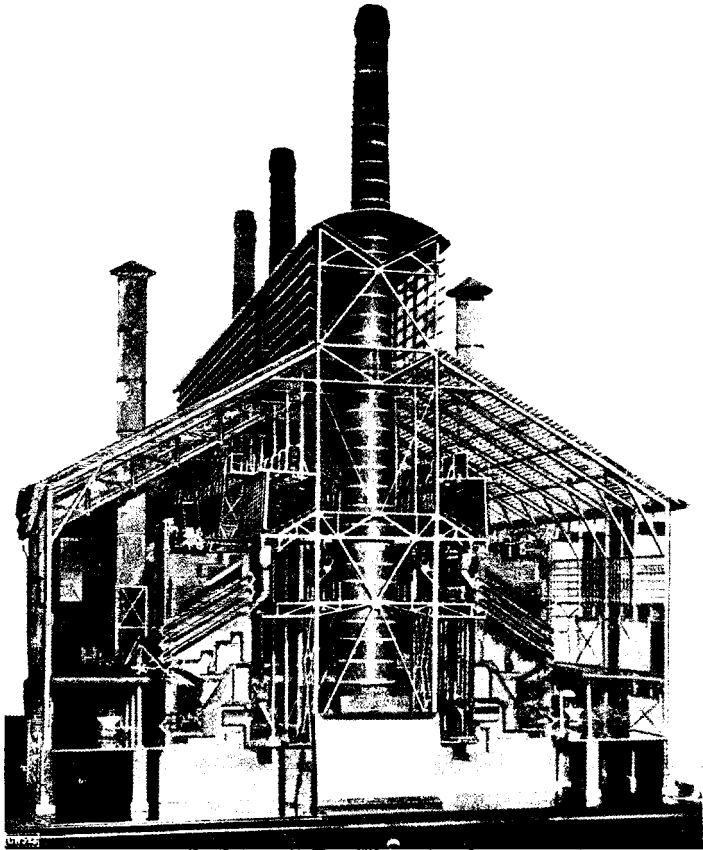


Abb. 5. Ofenhaus mit Schrägetorten im Gaswerk Nürnberg  
(Modell im Deutschen Museum in München)

### Senkrechte Retorten

Um die Jahrhundertwende entwickelte *Julius Buëb* gemeinsam mit der Deutschen Continentalen Gasgesellschaft zu Dessau die senkrechte Retorte, deren Hauptvorteil die Abwesenheit von Hilfsmaschinen

ist neben nur geringer Handarbeit. Diese Bauart wird weiter unten als Kammerofen näher beschrieben, zumal dieser die Retorte fast ganz verdrängt hat.

### Kammeröfen

Es wurde bereits erwähnt, daß durch die Einführung des Glühlichtes die Leuchtkraft des Gases eine nur noch untergeordnete Bedeutung hat. Arbeitet man mit großen Beschickungen, so muß das Gas vom Kern der Beschickung einen langen Weg in der Retorte über heiße Koksflächen nehmen, ehe es zum Abgang der Kammer gelangt, wodurch die die Leuchtkraft des Gases bedingenden Bestandteile zum großen Teil zersetzt werden. Sobald dies nicht mehr als Nachteil galt und es nur noch auf den als Heizwert bezeichneten Wärmeinhalt des Gases ankam, stand der Entgasung in Großraumretorten, den sogenannten Kammern, nichts mehr im Wege.

Aus der bereits erwähnten senkrechten Retorte entstand der senkrechte Kammerofen, Abb. 6, und *Ries*, der Leiter der Münchener Gaswerke entwickelte den Schrägkammerofen, den Abb. 7 im Schnitt zeigt. Beides sind neuzeitliche Bauarten, die große Verbreitung gefunden haben. Der Schrägkammerofen wird außerdem noch als Kleinkammerofen mit zwei übereinanderliegenden Kammerreihen erbaut.

Auch aus der waagerechten Retorte entwickelten sich Kleinkammeröfen in einfacher und doppelreihiger Anordnung.

Mit der Verwendung dieser liegenden Kammern kommt man sehr nahe an die bekannte Bauart des ursprünglich nur zur Erzeugung von Hüttenkoks bestimmten Koksofens heran, der denn auch bereits vor zwei Jahrzehnten Eingang auf Gaswerken gefunden hat. Den Schnitt durch einen neuzeitlichen Koksofen zeigt Abb. 8.

Die Entwicklungsgeschichte der Kokereitechnik, die zeitlich viel weiter zurückgeht als die Leuchtgasindustrie, kann hier nicht berücksichtigt werden. Der grundlegende Unterschied beider Industrien war nur der, daß das erzeugte Gas zur Eigenbeheizung der Kammern verwendet wurde, nachdem man Teer, Ammoniak und Benzol daraus gewonnen hatte. Nachdem aber die Entwicklung noch einen Schritt weiter gegangen war und Wege beschritten wurden, um auch den Koksofen mit Koksgas zu beheizen, wodurch das Kohlendgas für andere Verwendungszwecke frei wurde, stand der Anwendung des Koksofens auf Gaswerken nichts mehr im Wege. Die Kokereien der einzelnen deutschen Kohlengebiete haben sich zusammengeschlossen und liefern ihr Gas in ausgedehnte Ferngasnetze, wobei die jährliche Gasabgabe der Kokereien des Ruhrgebietes allein 1 Milliarde m<sup>3</sup> übersteigt.

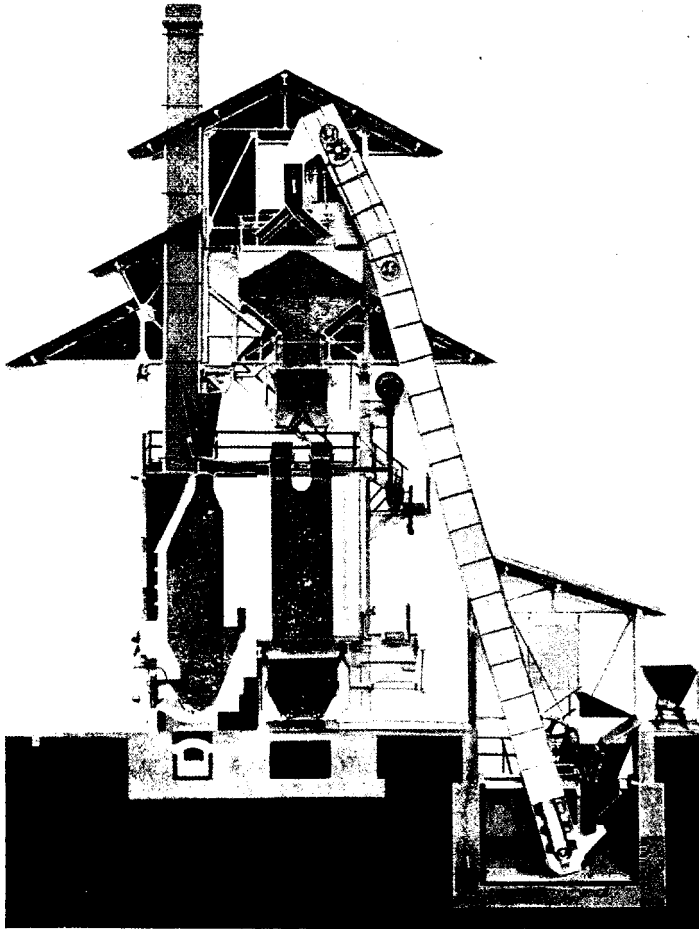


Abb. 6. Gaserzeugungssofen mit senkrechter Entgasungskammer  
und eingebautem Koksgaserzeuger

### Gaserzeugungsöfen für stetigen Betrieb

Das Bestreben des Ingenieurs, beschwerliche Handarbeit durch mechanische Einrichtungen zu ersetzen und Erzeugungsverfahren durch ununterbrochene Betriebsweise auszugestalten, zieht sich deutlich sichtbar durch die ganze Entwicklungsgeschichte der Gas-

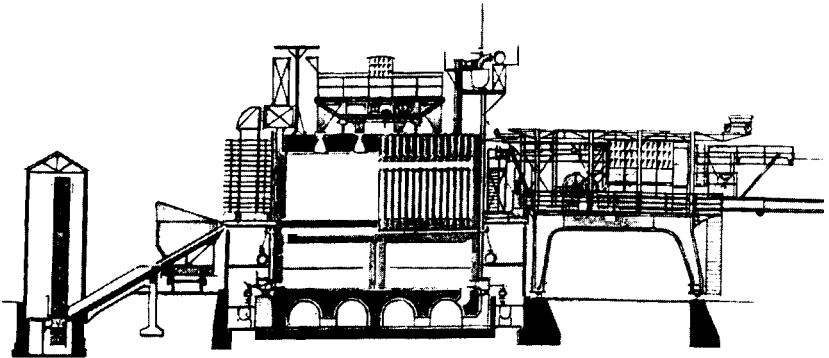
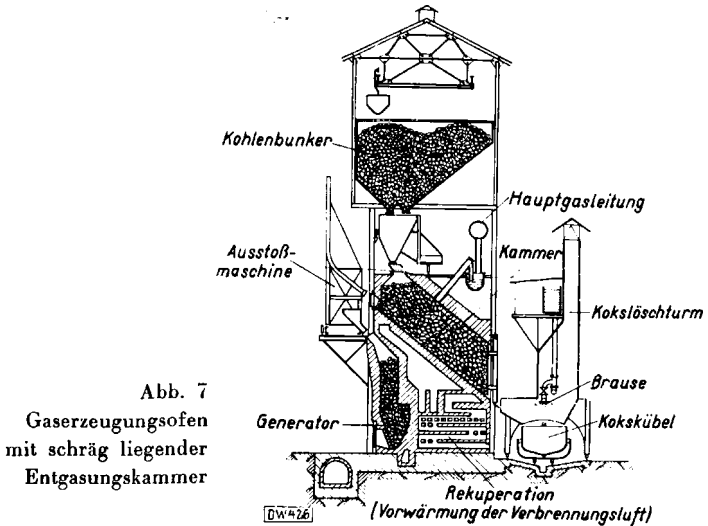
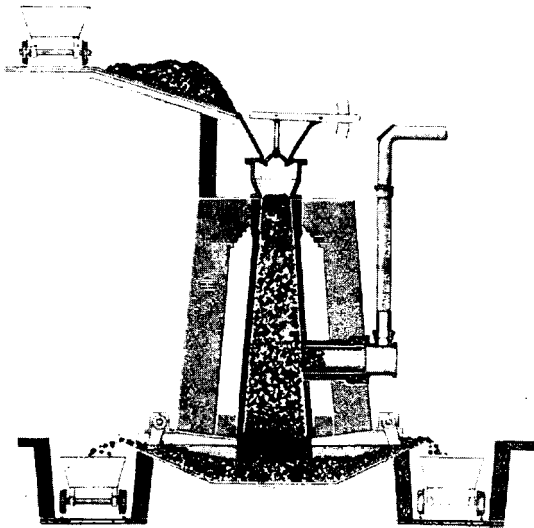


Abb. 8. Neuzzeitlicher Koksofen

industrie hindurch. Die Bemühungen von Clegg auf diesem Gebiete wurden bereits erwähnt, und es soll hier daran erinnert werden, daß *Lürmann* in Osnabrück einen liegenden Koksofen für stetigen Betrieb entwickelte, der jedoch über die Versuche nicht hinauskam.

Für einen stetigen Betrieb eignet sich der senkrechte Retortenofen besonders, weil für das durch die eigene Schwere der Beschickung bewirkte Absinken keine mechanischen Fördereinrichtungen erforderlich sind. So entstand bereits in den Jahren 1872 bis 1874 die stehende Retorte von *Scott*, Abb. 9, die eine Reihe von Jahren auf dem Gaswerk von Musselburgh in Betrieb war.

In den Jahren 1904/05 griffen *Woodall* und *Duckham* diese Aufgabe erneut auf und gaben ebenfalls der stehenden Retorte unten einen



DM573

Abb. 9. Stetig betriebene Entgasretorte, um 1873

Wasserabschluß, durch den der Koks mechanisch ausgetragen werden sollte. Die Weiterentwicklung führte dann zu dem senkrechten Kammerofen, der große Verbreitung gefunden hat und mit baulichen Änderungen in neuerer Zeit auch für die Erzeugung von Stadtgas aus Braunkohle angewendet wird. Die Entwicklungsgeschichte des Gasofenbaues, die hier nur in ihren wesentlichen Zügen berücksichtigt werden konnte, wird damit abgeschlossen.

### Gasreinigung

Die Verunreinigungen des Gases, die daraus entfernt werden müssen, ehe es den Verbrauchsstellen zugeführt wird, sind gleichzeitig

wertvolle Rohstoffe für die chemische Industrie, und ihr Erlös ist für die Preisbildung des Gases von ausschlaggebender Bedeutung. In den Anfängen der Gasindustrie hatte man für diese Erzeugnisse, die man als lästige Abfallstoffe ansehen mußte, keine Verwendung, und die Gasreinigung wurde in sehr einfacher und wahrscheinlich unzulänglicher Form vorgenommen.

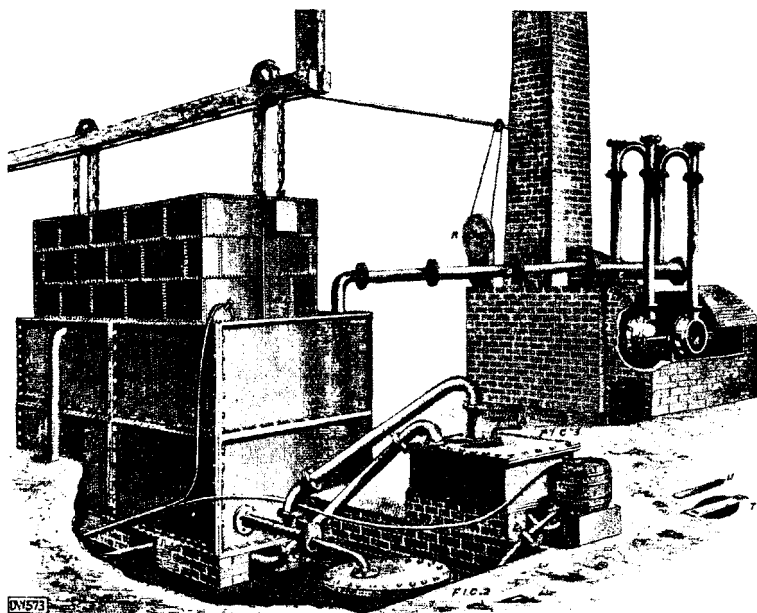


Abb. 10. Gaswerk von Clegg aus dem Jahre 1812

Eins der ersten von *Clegg* für den deutschen Buchhändler *Ackermann* in London erbauten Gaswerke zeigt Abb. 10, in der man ganz rechts den Gaserzeugungsofen mit zwei Retorten erkennt. Durch senkrechte, mit Doppelkrümmer verbundene Steige- und Fallrohre wird das Gas in ein waagerechtes Sammelrohr, die sogenannte Vorlage geleitet. Diese ist durch eine waagerechte Leitung mit einer Rohrschlange verbunden und hat einen durch die vordere Stirnwand des Wasserbehälters hindurchgeführten Stutzen, der in den zylindrischen Tauchtopf im Vordergrund führt und durch den das in der Schlange niedergeschlagene, aus Teer und Ammoniakwasser bestehende Flüssigkeitsgemisch abgeleitet wird. Das Ende der Schlange ist durch den Boden des Wasser-

behälters hindurchgeführt und setzt sich als Verbindungsleitung zu einem mit Kalkmilch gefüllten Behälter fort, in dem der Schwefel aus dem Gas gewaschen wird. Es verläßt den Kalkmilchbehälter oben und tritt unter die Glocke des Gasbehälters, deren jeweiliger Inhalt an einem Zeigerwerk abgelesen werden kann. In dem Kalkmilchbehälter befindet sich ein durch eine Handkurbel zeitweise betätigter Rührer, der das Absitzen der Kalkaufschlammung verhindern soll.

Die vollständige Reinigungsanlage eines neuzeitlichen Gaswerkes ist in Abb. 11 dargestellt, wo ganz rechts das Gas aus senkrechten Kammeröfen eintritt.

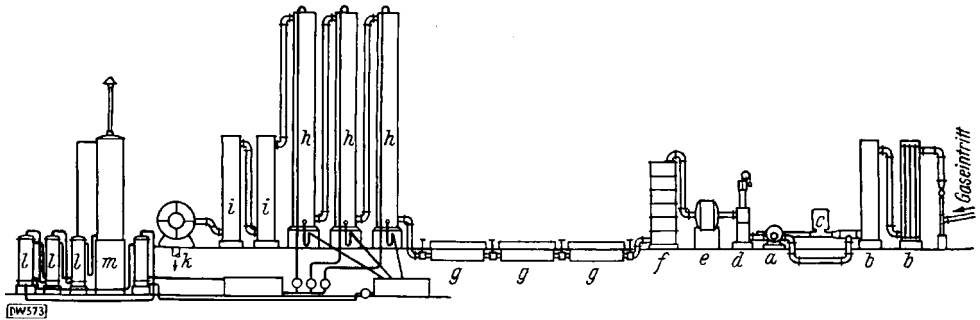


Abb. 11. Gasreinigungsanlage eines neuzeitlichen Gaswerks

Das Gas wird mittels der Pumpe *a* durch die Kühler *b* gesaugt, die mit senkrechten Rohren durchzogen sind, in denen Kühlwasser umläuft. Im Boden der Kühler sammelt sich ein Gemisch von Teer und Ammoniakwasser, das zur Trennung in Scheidebehälter abgeführt wird. Der Glockenregler *c* hält die Wirkung des Saugers *a* stets auf der gewünschten Höhe. Das Gas wird unter Druck durch den Teerscheider *d* gedrückt, in dem es mittels fein gelochter Glocken in viele Teilströme zerlegt und von dem noch darin enthaltenen Teernebel befreit wird. Es gelangt dann in den Naphthalinwascher *e* der mit Teeröl beschickt ist, durch dessen innige Berührung mit dem Gas das Naphthalin herausgelöst wird. Das Gas tritt nun durch den mit Holzlattenrosten gefüllten Ammoniakwascher *f*, dessen Füllung mit kaltem Wasser berieselt wird, das das Ammoniak aufnimmt. Um den im Gas enthaltenen Schwefel zu binden, durchströmt das Gas nun die drei Trockenreiniger *g*, die im Innern Roste tragen, die mit dicken Lagen feinkörnigen Eisenerzes beschickt sind, wobei dieses den Schwefel in chemischer Bindung aufnimmt. Das nun gereinigte Gas tritt durch drei hintereinandergeschaltete Waschtürme *h*, die mit Holzlattenrosten dicht gefüllt sind und von oben mit Teeröl berieselt werden. Das Gas wird nun in den beiden Kühlern *i* von mitgerissenen Ölsuren befreit, und durch den Hauptgaszähler *k* gelangt es in den Gasbehälter zur Verteilung. Das von den Washern *h* unten abfließende, mit Benzol angereicherte Teeröl wird durch Wärmeaustauscher *l* in eine Dampfdestilliereinrichtung *m* gepumpt, in der das Benzol angetrieben und durch anschließende Kühlung niedergeschlagen wird, während das von Benzol befreite Washöl wieder in den Kreislauf zurücktritt.



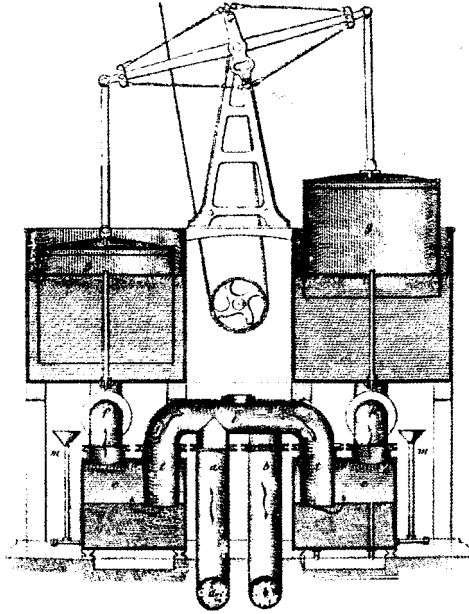
Hier muß bemerkt werden, daß das dampfförmig im Gas enthaltene Benzol keine Verunreinigung sondern ein lichtgebender Bestandteil des Gases ist. Da es aber auf die Leuchtstärke des Gases heute nicht mehr ankommt und das Benzol sowohl in der chemischen Industrie wie auch als Motortreibstoff viel wertvoller ist, so wird es in allen größeren Kohlengaserzeugungsbetrieben gewonnen.

In der Abb. 11 ist die Gasreinigungsanlage des Braunkohlengaswerks in Kassel wiedergegeben, die grundsätzlich jedoch mit der Einrichtung aller anderen Gaswerke übereinstimmt. Bei der Gaserzeugung aus Braunkohle wird in diesem Falle das Benzol nicht gewonnen, und die Wascher (h Abb. 11) dienen hier zur teilweisen Entfernung der im Gas enthaltenen Kohlensäure, die einen nicht brennbaren Ballast darstellt. Die Wäscher werden hier mit Pottaschelauge berieselt, und die mit Kohlensäure angereicherte Lauge wird in der Abtreibeinrichtung (m Abb. 11) durch Dampf angetrieben und entweicht in die Luft, sofern eine Verwertung dafür nicht beabsichtigt ist.

### Gassauger

Wie aus der in Abb. 11 schematisch wiedergegebenen Gasreinigungsanlage ersichtlich ist, hat das Gas eine ganze Anzahl verschiedener Einrichtungen zu durchströmen und dabei zum Teil erhebliche Druckwiderstände zu überwinden. Aus der Abb. 10 ging bereits hervor, daß bei den ersten unzulänglichen Gasreinigungsanlagen der Sauger fehlte, und mit der fortschreitenden Verbesserung dieser Anlagen erkannte man, daß in den Retorten ein zu hoher Gasdruck auftrat, entsprechend dem bei der Reinigung zu überwindenden Druck. Große Gasverluste und schlechte Ausbeuten waren die Folge, so daß der Einbau eines Gasfördermittels notwendig wurde.

Ein Beispiel der zuerst zu diesem Zweck entwickelten Einrichtungen ist der im Gaswerk Magdeburg im Jahre 1852 aufgestellte Glockengassauger, Abb. 12. An einem mechanisch beeinflussten Waagebalken sind an Zugstangen pendelnd zwei Glocken aufgehängt, von denen die jeweils aufwärts bewegte das Gas ansaugt, während die heruntergehende das Gas fortdrückt. Es handelt sich also hier um eine regelrechte Pumpe mit Klappventilen ausgerüstet, bei der an die Stelle von Kolben Glocken getreten sind. Um die im Betrieb unvermeidlichen Druckwellen auszugleichen, ergänzte man solche Gaspumpen später durch eine dritte Glocke. Mitte der 50er Jahre entwickelte dann *Beale* in England seinen in der Folge fast ausschließlich angewandten Flügelgassauger, Abb. 13. Die Bauart bildet eine bemerkenswerte Einrichtung älterer Ingenieurkunst. Es spricht für sie, daß diese Sauger auch heute noch in England gebaut werden und in großer Zahl in Betrieb sind, während man in Deutschland ähnliche Sauger, jedoch mit drei und vier Flügeln baute. Es soll hier nur darauf hingewiesen



DWS75

Abb. 12. Glockengassauger



DWS73

Abb. 13. Flügelgassauger von Beale

werden, daß das Gehäuse, Abb. 13, nicht rund, sondern leicht oval ist. Dadurch, daß die aus einem Stück bestehende Flügelplatte um einen in der Höhenrichtung sich stets ändernden Mittelpunkt dreht, wird in jeder Stellung ein gasdichter Abschluß an den Kanten der Platte erreicht. Der Mittelzylinder sperrt Gasein- und -austritt gegeneinander ab. In der Folge hat man dann auch andere Einrichtungen mit Erfolg als Gassauger angewandt, so die doppelt wirkende Kolbengebläsemaschine, das Roots-Gebläse, das Kapselgebläse und schließlich für große Leistungen oder hohe Drucke auch Turbinensauger mit hoher Umlaufzahl.

### Schwefelreiniger

Um das Gas von schwefelhaltigen Bestandteilen zu befreien, wandte *Clegg*, wie bereits in Abb. 10 gezeigt, eine Waschung mit Kalkmilch an. Noch früher begnügte man sich damit, als Sperrwasser des Gasbehälters Kalkmilch zu benutzen, wobei sich der Kalk natürlich bald am Boden absetzte. In den folgenden Jahren wurden mehrere Einrichtungen zum Waschen des Gases mit Kalkmilch entworfen. Man verband schließlich das Rührwerk mit der Welle der Gasmessertrommel, um einen besonderen Antrieb zu ersparen, bis man die Nachteile dieser Anordnung, die den Gasdruck in den Retorten beträchtlich ansteigen ließ, erkannte. Da der Kalk in Verbindung mit dem Schwefel Gips in fester Form bildet, verursachte auch dies betriebliche Schwierigkeiten.

Im Jahre 1817 führte *R. Philips* in England die Trockenreinigung ein, wozu er gebrannten Kalk unter Einwirkung von Feuchtigkeit zu Mehl zerfallen ließ. Dieses feuchte Kalkmehl breitete er auf Holzlattenrosten in etwa 150 mm dicken Lagen aus und ließ das Gas hindurchtreten. Diese Art der Trockenreinigung hat sich glänzend bewährt, und sie ist in englischen Gaswerken, denen Kalk vorteilhaft zur Verfügung steht, auch heute noch vereinzelt in Anwendung. Der mit Schwefel gesättigte Kalk ist nicht weiter verwertbar und wird höchstens als Düngekalk abgefahren, verursacht aber starke Geruchsbelästigung. Die Anwendung von Metalloxyden zur Bindung des Gaschwefels an Stelle von Kalk ist bereits in einem englischen Patent erwähnt, das *E. Heard* im Jahre 1806 erteilt wurde. Hier sei eingeschaltet, daß man schon im Jahre 1840 das zur Entfernung des Ammoniaks dienende Waschwasser mit Schwefelsäure ansäuerte, um das Ammoniak zu binden, eine Einrichtung, die sich erst um die letzte Jahrhundertwende in anderer Form erfolgreich einführte.

Im Jahre 1847 ließ sich *Laming* ein Verfahren durch Patent schützen, wobei er anstatt Kalk eine Mischung von Chlorkalk und Eisenoxyd anwandte. Diese Laming'sche Masse wurde im Jahre 1849 auf einem Londoner Gaswerk ausprobiert, und man beobachtete, daß

die ausgebrauchte, schwarz gefärbte Masse im Freien liegend bald wieder ihre ursprüngliche Farbe annahm. Damit hatte man den Weg zu der heute allgemein angewandten Wiederbelebung durch die Einwirkung der Luft entdeckt. Die Beimischung des Chlorkalks erschwerte jedoch die Wiederbelebung der Masse, und so ging man um das Jahr 1850 auf die Anwendung von Eisenoxyl über, das man sich aus Bohr- und Feilspänen unter Einwirkung feuchter Luft nach einem *F. J. Evans* in London erteilten Patent herstellte. Später fand man dann natürliche, an Eisenoxyl reiche Eisenerzvorkommen, das sogenannte Raseneisenerz, das heute allgemein zur trockenen Entschweflung des Gases in Gebrauch ist. Unter Einwirkung des Luftsauerstoffs erfolgt eine Wiederbelebung bis es mit einem Schwefelgehalt von etwa 50% gesättigt ist. Der Schwefel wird dann durch Abrösten des Erzes in Form von Schwefelsäure oder durch Auslaugen der Masse mit Lösungsmitteln in fester Form als Rohschwefel gewonnen.

Die zur trockenen Entschweflung des Gases dienenden Reiniger haben sich in ihrer Form bis zur Gegenwart erhalten. Die in der Neuzeit vorgenommenen Änderungen beziehen sich, abgesehen von einer Vergrößerung der Ausmaße auf Vorrichtungen, die die Beschickung, Wiederbelebung und den Austrag der Masse aus den Kästen z. B. durch Bodenentleerung erleichtern.

### Gasmesser

Der erste Gasmesser aus zwei sich abwechselnd füllenden und entleerenden Glocken bestehend, in der Einrichtung ähnlich dem in Abb. 12 wiedergegebenen Gassauger, wurde von *Clegg* im Jahre 1815 entworfen. Im folgenden Jahre entwickelte er bereits den Trommelgasmesser, dessen Grundlage nach weiteren Verbesserungen insbesondere durch *Crosley* allen späteren Bauarten bis auf den heutigen Tag als Vorbild gedient hat. Wie Abb. 14 zeigt, handelt es sich hier um eine über die Hälfte in Wasser tauchende Zellentrommel, die sich entsprechend dem Gasdurchgang dreht, und deren Achse mit einem Zählwerk in Verbindung steht. Diese Einrichtung wird sowohl als kleiner Hausgasmesser gebaut als auch in großen Ausmaßen zum Durchgang der Gaserzeugung der Werke auf dem Wege zu den Gasbehältern. Das wesentliche des Gasmessers ist die Meßtrommel von *Crosley*, Abb. 15, deren sinnreiche Bauart die durch den Sperrwasserabschluß entstehenden Zellen erkennen läßt, so daß bei richtigem, durch einen Schwimmer selbsttätig eingestellten Wasserstand jede Umdrehung genau einer bestimmten Gasmenge entspricht.

Der trockene Gasmesser, der den Vorteil hat, mangels einer Sperrflüssigkeit nicht einzufrieren, wurde bereits im Jahre 1820 von *Malam* erfunden; er erlangte jedoch erst Ende der 50er Jahre praktische Bedeutung, und heute übertrifft die Zahl der trockenen Gasmesser im

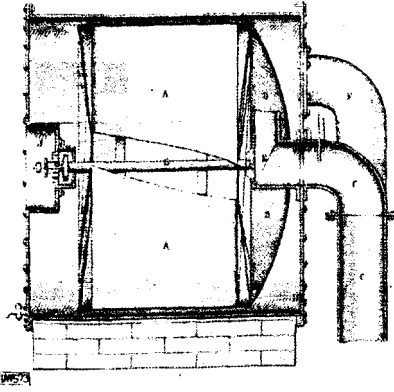
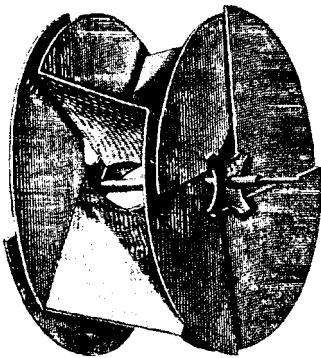
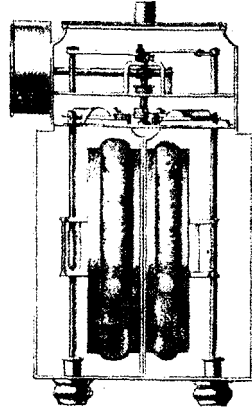
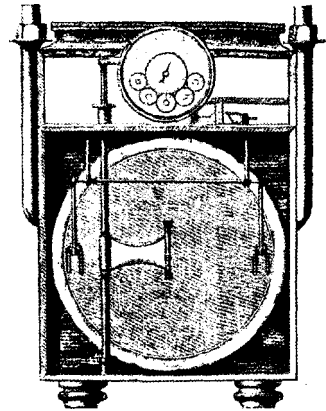


Abb. 14. Trommelgasmesser

Abb. 15. Gasmessertrommel  
von CrosleyAbb. 16. Inneres eines trockenen  
Hausgasmessers

Hausgebrauch die der nassen bei weitem. Bei dem trockenen Gasmesser, Abb. 16, füllt und entleert sich unter dem Eigendruck des Gases jeweils ein Lederbalgen, ähnlich einer Ziehharmonika, und die Bewegung dieses gegeneinander angeordneten Zellenpaares beeinflusst durch ein Schiebergestänge die Gasein- und -austrittschieber der Bälge und gleichzeitig das Zählwerk. Auf den weiteren Ausbau sowohl der trockenen wie auch der nassen Hausgasmesser als Münzgasmesser, bei

denen der Gasdurchgang solange geöffnet bleibt, bis eine dem eingeworfenen Münzbetrage entsprechende Gasmenge verbraucht ist, soll hier nur hingewiesen werden.

### Gasbehälter

Von der ursprünglich rechteckigen Bauart ging man bald auf die zylindrische Form der Gasbehälter über, die sich bis heute erhalten hat. Auch der aus mehreren Schüssen zusammengesetzte ausziehbare Gasbehälter war Mitte des vorigen Jahrhunderts bereits im Gebrauch. Während man den Wasserbehälter früher vielfach in die Erde verlegte und ausmauerte oder auch gemauerte Wasserbehälter über Flur errichtete, wendet man heute nur noch Wasserbehälter aus Eisenblech über Flur an und läßt die Führungsrollen der Glocke an einem Gerüst laufen, das mit dem Wasserbehälter verbunden ist. Um das Einfrieren des Sperrwassers zu verhindern, wurden die Gasbehälter früher mit einem Gebäude umgeben, wovon man jedoch heute absieht. Durch eingeführten Dampf wird die Temperatur des Wassers über dem Gefrierpunkt gehalten.

An dem im Deutschen Museum in München aufgestellten maßstäblichen Modell eines ausziehbaren Gasbehälters der Stadt Hamburg, Abb. 17, erkennt man, daß der Behälter hier auf einer kreisförmig aufgemauerten, mit Tür und Fenster versehenen Mauer ruht. Der Boden des Wasserbehälters ist in Form einer Halbkugel nach oben gewölbt, so daß alle Stellen, mit Ausnahme der unmittelbar auf der Ringmauer ruhenden stets zugänglich sind und mit Rostschutzfarben angestrichen werden können. Gleichzeitig bietet der unter dem Wasserbehälter gebildete Raum willkommene Möglichkeiten zur Lagerung, Einrichtung von Werkstätten, Aufenthaltsräumen usw.

Bemerkenswert sind noch die in England sehr verbreiteten „Spiralgasbehälter“ ohne Stütze, die sich mit schraubenartiger Drehung auseinanderziehen, und von denen in Deutschland nur einer mit einem Inhalt von 33 000 m<sup>3</sup> von der Firma Aug. Klönne, Dortmund, im Jahre 1894 für das Gaswerk Altona-Bahrenfeld erbaut wurde.

Bestrebungen, Gasbehälter ohne Wasserabschluß zu entwickeln, waren schon vor fast 60 Jahren erkennbar; die Erfolge scheiterten aber stets an der Unmöglichkeit, zwischen der Innenfläche des feststehenden Gehäuses und dem vom Gasinhalt getragenen Deckel einen vollkommen gasdichten Abschluß zu erzielen. Um das Jahr 1903 gelang dies der Maschinenfabrik Augsburg-Nürnberg gemäß der in Abb. 18 wiedergegebenen Skizze. Der Außenrand der Scheibe bildet hier eine mit Teer gefüllte Tasse, deren Boden, aus einer Bohle bestehend, mit einer Segeltuchabdichtung durch zahlreiche, mit Gegengewicht beschwerte Hebel gegen die ein Vieleck bildende Behälterwand gedrückt wird, wobei undichte Stellen durch herabrieselnden Teer abgedichtet

werden. Die Teerfüllung wird zeitweise, meist einmal am Tage, aus der am Boden des Behälters befindlichen Sammelgrube selbsttätig wieder hochgepumpt. Der größte Trocken- oder Scheibengasbehälter der Welt, Bauart MAN, für eine Speicherfähigkeit von 20 Millionen

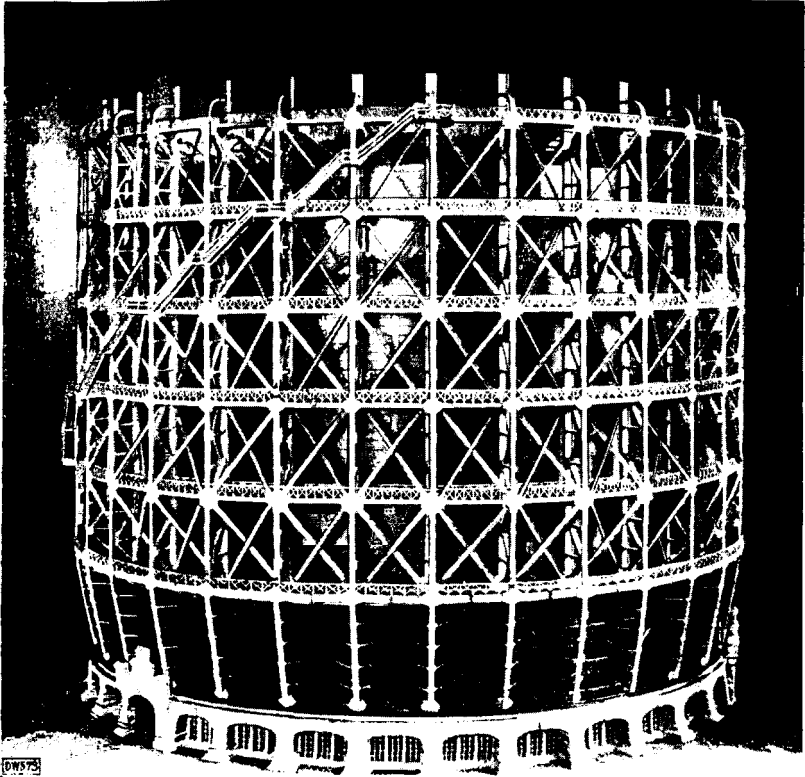


Abb. 17. Ausziehbarer Glockengasbehälter im Gaswerk Hamburg  
(Modell im Deutschen Museum, München)

Kubikfuß entsprechend 566 000 m<sup>3</sup> Gas, bei 114 m Höhe und 85 m lichter Weite, wurde im Jahre 1928 in Chicago errichtet.

Gegenüber der vieleckigen Form des Gehäuses, die den Scheibengasbehälter der MAN kennzeichnet, entwickelte die Firma Aug. Klönne, Dortmund, einen Trockengasbehälter, dessen Gehäuse eine vollkommen

zylindrische Form hat. Die vom Gas getragene Scheibe wird hier nicht mit flüssigem Teer abgedichtet, sondern der Rand des Deckels ist wie ein Kolben ausgebildet, und die stark eingefetteten Außenflächen dieses Kolbens gleiten gasdicht auf der Innenwand des Behälters, Abb. 19.

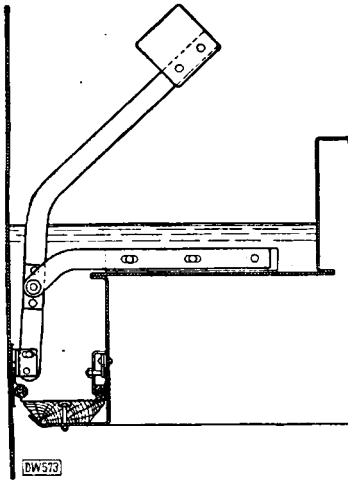


Abb. 18  
Teertasse zum Abdichten  
des Scheibenrandes im  
Trockengasbehälter der  
MAN

### Flaschengas

In jüngster Zeit hat eine neue Entwicklung in der Gasverwendung eingesetzt, dahingehend, daß Kraftfahrzeuge an Stelle flüssiger Brennstoffe verdichtetes Gas in Stahlzylindern tanken. Eine ganze Anzahl von Verkehrsomnibussen und Lastwagen ist bereits in dieser Weise ausgerüstet worden. Insbesondere in Amerika und neuerdings auch in Europa werden abgelegene Wohnungen oder Häusergruppen mit verdichtetem Flaschengas versorgt. Daß dieser Gedanke nicht ganz neu ist, ging ja schon daraus hervor, daß *Blochmann* bereits im Jahre 1825 einen Raum des Dresdener Schlosses mit Gas beleuchtet hatte, das in Kupferkesseln angefahren worden war.

Die Anfänge dieser Entwicklung gehen aber bis auf das Jahr 1815 zurück, als *Gordon* und *Heard*, letzterer ein Gehilfe von Winsor, sich das Verfahren, Gas in tragbare, mit Druckminderungsventilen versehene Kupferkessel unter Verdichtung zu überführen, durch Patent schützen ließen. Auf Grund dieses Verfahrens wurde im gleichen Jahr die London Portable Gas Company gegründet. Die Verdichtung des Gases entsprach etwa 30 at, wobei 30 Kubikfuß Gas den Raum von 1 Kubikfuß einnahmen. In den Kupferbehältern verflüssigten sich unter diesem Druck dampfförmige Kohlenwasserstoffe, und es ist geschichtlich sehr bemerkenswert, daß in dem Ölrückstand eines solchen



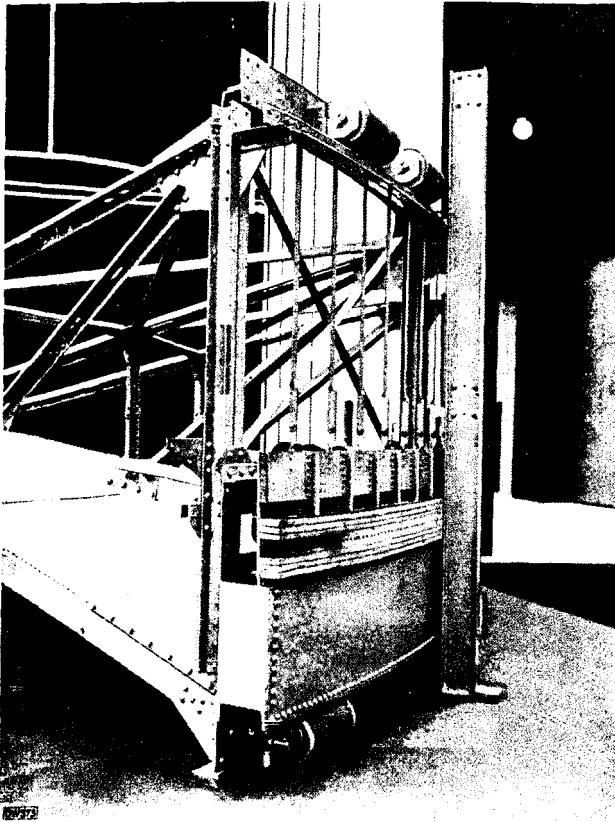


Abb. 19. Kolbendichtung des Trockengasbehälters von Klönne

Behälters *Faraday* im Jahre 1825 erstmalig das Benzol entdeckte. Weitere Gesellschaften zur Lieferung von tragbarem Gas wurden in anderen Städten Englands und auch auf dem europäischen Festland gegründet; über deren weiteres Schicksal schweigt die Geschichte.

Erneut begegnen wir dem verdichteten Gas im Jahre 1895 in Augsburg, wo *Oechelhaeuser* eine „Deutsche Gasbahn G. m. b. H.“ gegründet hatte, deren dem öffentlichen Verkehr dienende Straßenbahnwagen durch verdichtetes Gas aus einem eingebauten Druckspeicher durch Gasmotoren angetrieben wurden. Weiter wird erwähnt, daß später auf der Seine ein 30 m langes Schiff mit Gasmotor ausgerüstet war, das mit einer Speicherfüllung 72 km zurücklegte.

Während des Krieges wurden eine Reihe von Verkehrsomnibussen in London auf Gasbetrieb umgestellt. Hierbei wurde das Gas aber nicht verdichtet, sondern in einer, das freie Oberdeck der Wagen einnehmenden gasdichten Stoffhülle, ähnlich einem Ballon, mitgeführt.

Die Aussichten für eine umfangreiche Verwendung von Flaschengas im Fahrzeugmotor sind heute natürlich viel günstiger, insbesondere seit die Herstellung verhältnismäßig leichter Stahlzylinder, die auf hohen Druck beansprucht werden können, durch die fortschreitende Veredlung der Metallwerkstoffe zufriedenstellend gelöst ist.

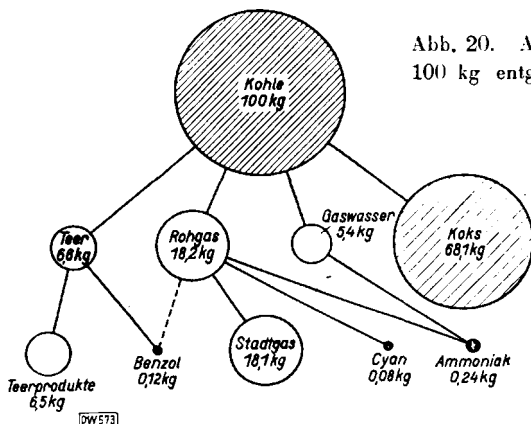


Abb. 20. Ausbeute von 100 kg entgaster Kohle

### Ausbeute bei der Entgasung

Bei der Entgasung der Steinkohle im Gaswerksbetrieb fallen mengenmäßig die in Abb. 20 dargestellten Erzeugnisse an, bezogen auf 100 kg Kohle. Man erkennt den für die Wirtschaftlichkeit der Gaswerke so außerordentlich wichtigen Umstand, daß der Koks das Haupterzeugnis ist und die Selbstkosten des Gases von dem Erlös für den Koks und die daneben anfallenden Erzeugnisse sehr stark beeinflußt werden.

### Gaswirtschaft

Im Jahre 1859 erzeugten die deutschen Gaswerke 45 Millionen m<sup>3</sup> Gas. Dieser Verbrauch stieg um die Jahrhundertwende auf etwa 1,2 Milliarden m<sup>3</sup> an und verdoppelte sich im heutigen Reichsgebiet auf 2,5 Milliarden m<sup>3</sup>. Ursprünglich Leuchtgas, war seine Anwendung für die Wärmeversorgung zuerst verschwindend klein und im Jahre 1913 entfielen von 2,5 Milliarden m<sup>3</sup> nur 800 Millionen m<sup>3</sup> auf die Wärmeversorgung. Im Jahre 1933 mit einer Gaserzeugung von 4,2 Milliarden m<sup>3</sup> wurden 3,2 Milliarden m<sup>3</sup> für Wärmezwecke abgegeben, wovon

1,8 Milliarden  $m^3$  auf Haushaltungen und 1,4 Milliarden  $m^3$  auf Gewerbe und Industrie entfallen. Zur Straßenbeleuchtung hat sich das Gas fast behaupten können, während bei der Krafterzeugung der Elektromotor den Gasmotor stark verdrängt hat. Hier tritt aber neuerdings durch den Gaskraftwagen ein Umschwung ein, um die eingeführten Treibstoffe wenigstens teilweise zu ersetzen.

Die Gaswerke Deutschlands erzeugten im Jahre 1933 3319 Millionen  $m^3$  Gas, das sind auf den Kopf der Bevölkerung gerechnet 50,9  $m^3$  oder je Gasverbraucher 89,2  $m^3$ , während sich in England, das an der Spitze im Gasverbrauch steht, der jährliche Gasverbrauch je Kopf der Bevölkerung auf 195  $m^3$  stellt, also fast viermal so hoch ist; es folgt dann Holland mit je 83  $m^3$ , die Schweiz und Dänemark mit je 63  $m^3$ , Österreich und Belgien mit je 53  $m^3$ , während bei allen anderen europäischen Ländern der auf den Kopf der Bevölkerung bezogene Gasverbrauch wesentlich geringer ist.

Die deutschen Gaswerke erzeugten im Jahre 1933 4,4 Millionen t Koks, 221 000 t Teer, 27 000 t Benzol und 12 800 t Reinammoniak, das auf verschiedene Erzeugnisse weiterverarbeitet wurde.

Für das Gas wurden vereinnahmt 446,7 Millionen RM oder auf 1  $m^3$  bezogen 15,5 Pfg. Koks wurde für 76,8 Millionen RM abgesetzt, entsprechend 25,30 RM/t. Der Teer erbrachte 10,9 Millionen RM oder 44,00 RM/t; während der Erlös für Benzol und Ammoniak 8,5 Millionen Reichsmark entsprach. Der Gesamterlös der deutschen Gaswerke beträgt mithin 542,9 Millionen RM, wovon auf die Nebenerzeugnisse 96,2 Millionen RM entfallen. Diese Zahlen lassen die große volkswirtschaftliche Bedeutung der Stadtgasindustrie Deutschlands ohne weiteres erkennen.

Wenn der Wert der in den deutschen Gaswerken jährlich anfallenden Nebenerzeugnisse oben mit 96 Millionen RM angegeben ist, so ist zu berücksichtigen, daß es sich dabei um sehr wichtige Rohstoffe handelt, deren Wert durch Verfeinerung in der chemischen Industrie um ein Vielfaches erhöht wird. Ohne den Teer wäre der größte Teil der chemischen Industrie heute überhaupt nicht denkbar.

Die Entgasung der Kohle unter Berücksichtigung der wichtigsten Enderzeugnisse ist in Abb. 21 dargestellt.

### Rückblick

Die Entwicklungsgeschichte der Stadtgasindustrie, die vorstehend nur gestreift werden konnte, ist insofern sehr bemerkenswert, als sich die zur Erzeugung, Reinigung, Verteilung und Messung des Gases vor fast 150 Jahren angelegten Einrichtungen in ihren Grundzügen bis auf den heutigen Tag erhalten haben. Der Ausspruch: Es gibt nichts Neues unter der Sonne, findet in der Entwicklungsgeschichte der Gasindustrie eine auffallende Bestätigung. Fast alle neuen technischen

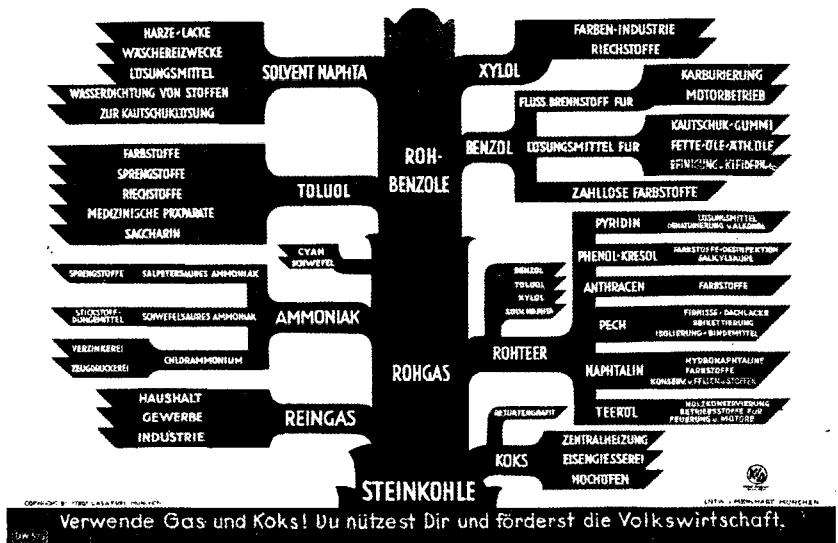
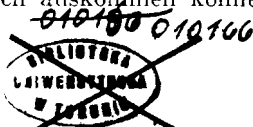


Abb. 21. Veredlung der Kohle durch Entgasung

Erfahrungen auf diesem Gebiete haben bereits Vorgänger gehabt, die weit zurückliegen. Die Technik war damals noch nicht hinreichend entwickelt, um manche Aufgabe zufriedenstellend lösen zu können, wobei hier nur an das Flaschengas erinnert sei, wofür man weder geeignete Behälter noch leistungsfähige Verdichter hatte, um diese Aufgabe im heutigen Sinne lösen zu können.

Wenn die in den Anfängen der Gastechnik entwickelten Einrichtungen grundsätzlich bestehen geblieben sind, so spricht das für den genialen Erfindergeist jener bedeutenden Männer, denen wir die Entstehung der Gasindustrie verdanken. Andererseits ist aber gerade auf diesem Gebiet ein sehr fortschrittlicher Geist der Technik erkennbar, und die Entwicklungsgeschichte beweist, daß unter steter Berücksichtigung aller neuen Erkenntnisse die Wirtschaftlichkeit der Gas-erzeugung eine ungeahnte Höhe erreicht hat. Wir können mit Stolz feststellen und belegen, daß besonders deutsche Ingenieure und Chemiker zu dem heutigen hohen Entwicklungsstand, den die Gasindustrie in der ganzen Welt einnimmt, in überragendem Maße beigetragen haben, was auch in außerdeutschen Ländern wiederholt in der Öffentlichkeit anerkannt worden ist. In der deutschen Volkswirtschaft nimmt die Gasindustrie eine so bedeutende Stelle ein, daß wir ohne sie unmöglich auskommen können und wollen.









V  
BIBLIOTEKA • • • • •



UNIwersytecka

010166

1935

• • • • • W TORVNIV •