

B 21567 F

Kultur & Technik

Zeitschrift des Deutschen Museums München

3/1983

DM 5.-/öS 50.-

Verlag Karl Thiemig München

237361





Kultur & Technik

Zeitschrift des
Deutschen Museums München
7. Jahrgang, Heft 3, Oktober 1983

Herausgeber:

Deutsches Museum München

Redaktion:

Dr. Ernst H. Berninger

(verantwortlich),

Zdenka Hlava, Dr. Otto Krätz,

Peter Kunze

Deutsches Museum

Museumsinsel 1

D-8000 München 22

Telefon (089) 21 79-2 13/2 14

Die mit Autorennamen gezeichneten Artikel
geben nicht in jedem Fall die Meinung des
Herausgebers und der Redaktion wieder.

Kultur & Technik ist gleichzeitig
Publikationsorgan für die Georg-
Agricola-Gesellschaft zur Förde-
rung der Geschichte der Natur-
wissenschaften und der Technik
und für den Verein zur Förderung
der Industrie-Archäologie e. V.
Verantwortliche Redaktion für
den Teil »Industrie-Archäologie«:
Dr. Dietmar Köstler, Rumford-
straße 34, 8000 München 5,
Telefon (089) 29 24 06

Karl Thiemig,
Graphische Kunstanstalt
und Buchdruckerei AG
Postfach 90 07 49
Pilgersheimer Straße 38
D-8000 München 90
Telefon (089) 62 48-0
Telex 05-23 981

Vorstand:

Dr. Jörn Fokko Voigt, Vorsitzender;

Hermann Haile, Stellvertreter;

Aufsichtsrat: Günter Thiemig,

Buchdrucker und Verleger, München

(Vorsitzender); Heinrich Mühlbauer

(Bankdirektor, Hypobank München);

Johann Bäumer (Schriftsetzer, Karl

Thiemig AG, München), alle München.

Mehrheitsaktionär: Günter Thiemig,

Buchdrucker und Verleger in München.

Layout: Siegfried Grießel, München

Verantwortlich für Anzeigen: Peter Schlaus

(s. Verlagsanschrift) Tel. (089) 62 48 236.

Z. Zt. ist Anzeigenpreisliste 2 gültig. Alle

Rechte, auch die der Übersetzung, des

Nachdrucks und der fotomechanischen Wie-

dergabe von Teilen der Zeitschrift oder im

ganzen, sind dem Verlag vorbehalten.

ISSN 0344-5690

© 1983 Karl Thiemig AG Munich

Printed in Germany

Gesamtherstellung Karl Thiemig,

Graphische Kunstanstalt

und Buchdruckerei AG

Pilgersheimer Str. 38, D-8000 München 90.

Die Zeitschrift erscheint vierteljährlich.

Bezugspreis: jährlich DM 16,- (Einzelheft

DM 5,-) im Inland; DM 20,- (Einzelheft

DM 6,-) im Ausland, jeweils zuzügl. Ver-

sandkosten. Abonnementsaufträge nimmt

jede Buchhandlung im In- und Ausland

entgegen.

Für Mitglieder des Deutschen Museums,

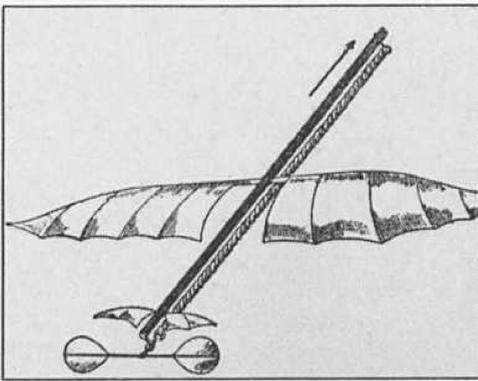
München, und des Vereins zur Förderung

der Industrie-Archäologie e. V. ist der Be-

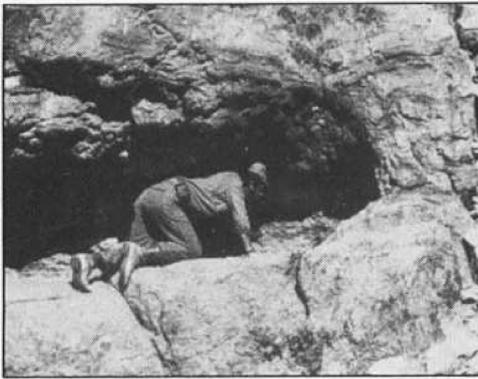
zugspreis im Mitgliedsbeitrag enthalten.

Seite

138



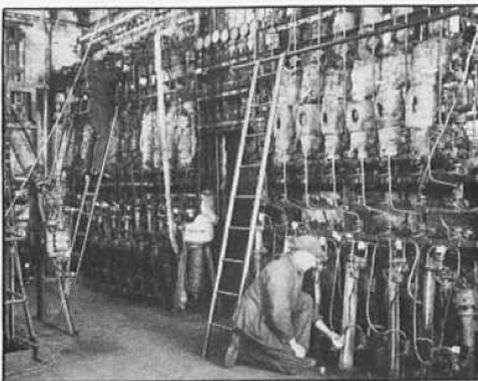
150



160



164



174



177



Seite

129

Brigitte Coutant und Helga Reuter
**Das Projekt »Nationalmuseum für
Wissenschaft, Technik und Industrie« im
Parc de la Villette, Paris**

135

Dr. Sigfrid von Weiher
Gedenktage technischer Kultur

138

Mattäus Weidner
**Die Flugmodelltechnik –
Wegbereiter der Luftfahrt**

150

Robert Schwankner
Festkörper quo vadis?

160

Fritz Thomas
**Eine Neuerwerbung für die
Musikinstrumenten-Sammlung**

164

**Zur Geschichte der
Kohleverflüssigung**

174

M. Schottky
**Eine weitgehend unbekannt gebliebene
Erfindung Walter Schottkys**

177

Ludolf von Mackensen
**Die Rekonstruktion der ersten
festeingerichteten Sternwarte Europas
in Kassel**

181

Industrie-Archäologie

189

Für Sie gelesen

190

**Das Dokumentationszentrum
Umberto Nobile**

192

Zum Tode von Dr.-Ing. Heinrich Seifers

Zum Titelbild:

**Zuschauer einer Demonstration im »Natio-
nalmuseum für Wissenschaft, Technik und
Industrie« im Parc de la Valette, Paris**

Beilagenhinweis:

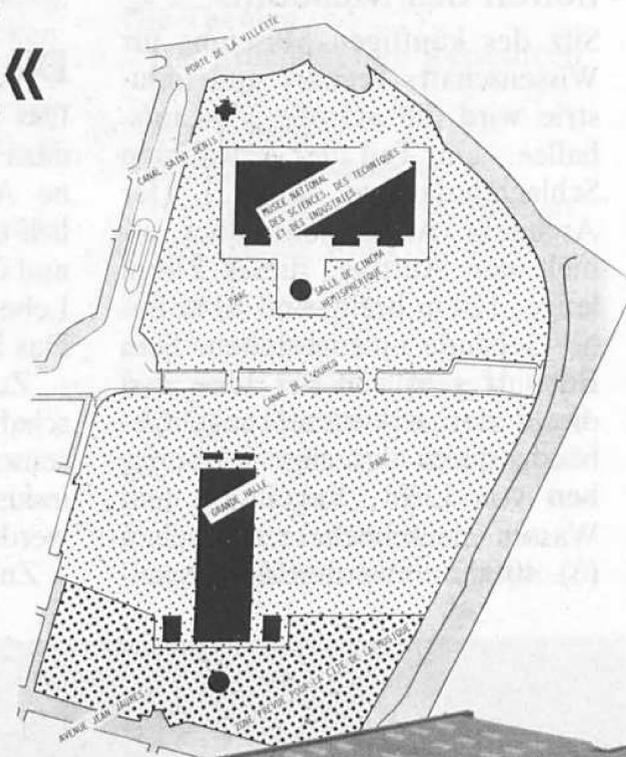
Wir bitten unsere Leser um freundliche Beachtung
der Beilagen folgender Firmen in dieser Ausgabe:

Einem Teil der Auflage liegen Beilagen der Firma
Rainer Ziermann, Berlin, bei, »Decoys aus den
USA«



Brigitte Coutant
Helga Reuter

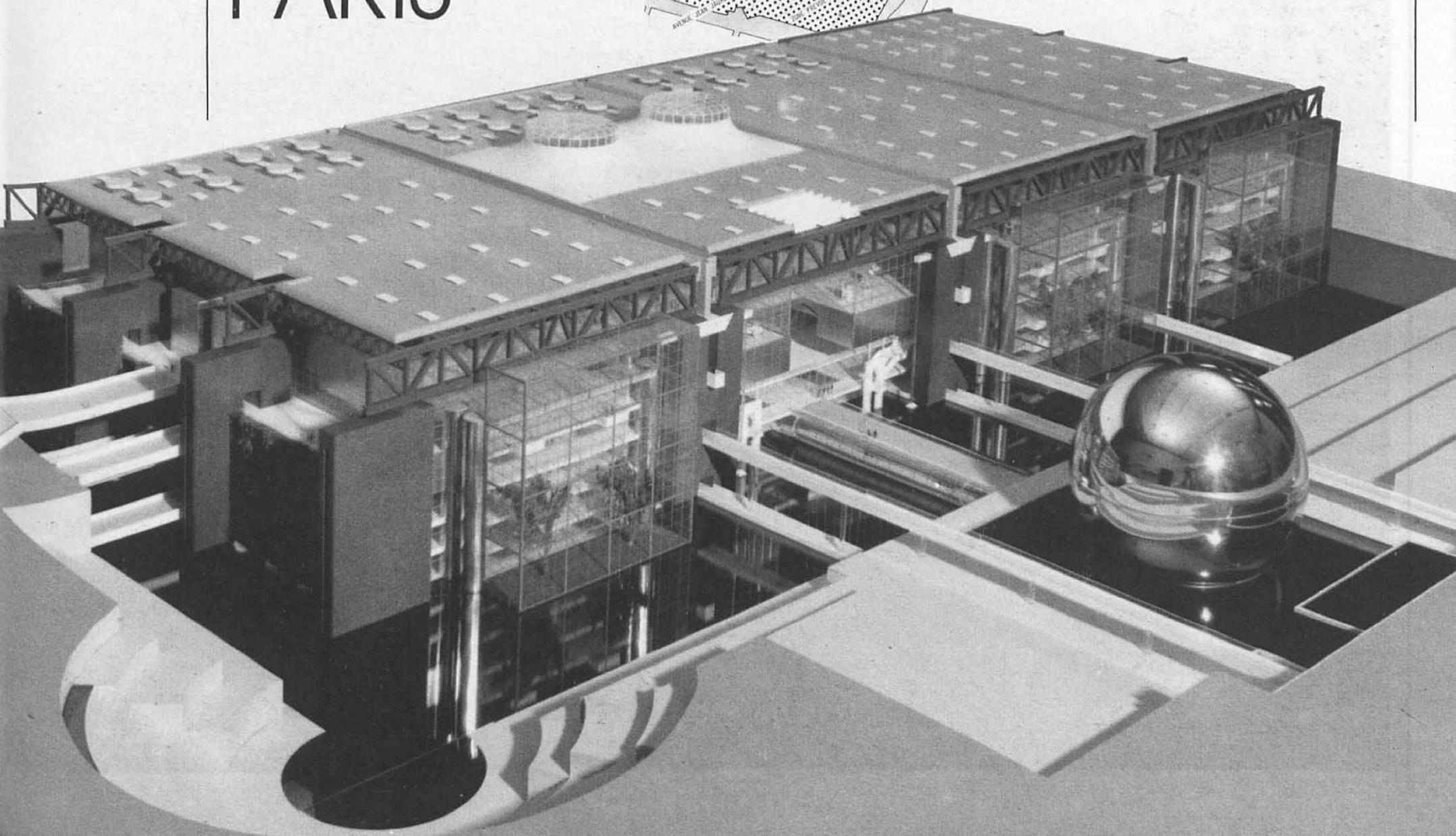
DAS PROJEKT »NATIONALMUSEUM FÜR WISSENSCHAFT, TECHNIK UND INDUSTRIE« IM PARC DE LA VILLETTE, PARIS



Der Rahmen

1979 wurde die »Öffentliche Anstalt Parc de La Villette« (Etablissement Public du Parc de La Villette) gegründet, der die damalige französische Regierung die Aufgabe übertrug, ein Museum für Wissenschaft, Technik und Industrie, einen Park und ein Musikzentrum zu schaffen. Dafür wurde ein Gelände von 55 Hektar zwischen der Porte de la Villette und der Porte de Pantin zur Verfügung gestellt (1), auf dem in den sechziger Jahren der zentrale Schlachthof von Paris errichtet wurde, der sich dann jedoch als wirtschaftliche Fehlinvestition herausstellte. Das Schaffen dieses großen kulturellen Komplexes entspricht einem dreifachen Bedarf:

1. Im Gegensatz zu anderen Industrieländern gibt es in Frankreich kein wissenschaftlich-technisches Museum von nationaler Bedeutung. Zwar sind in vielen Städten Museen entstanden, die Aspekte der regionalen industriellen Kultur zeigen, es fehlt jedoch die Möglichkeit, einem breiten Publikum die ganze Vielfalt wissenschaftlich-technischer Kultur zu-



gänglich zu machen. Auch die bestehenden Pariser Museen können diesem Anspruch aus historischen Gründen nicht ganz entsprechen:

- Das Conservatoire National des Arts et Métiers konserviert und zeigt technische Objekte. Es erklärt sie nicht.

- Das Palais de la Découverte erklärt wissenschaftliche Grundlagen, kann aber aus Mangel an Raum und Mitteln nicht alle technischen und industriellen Aspekte zeigen.

2. Der Osten von Paris ist im Hinblick auf Grünflächen besonders benachteiligt. Das Gelände von 55 Hektar von La Villette bietet die Möglichkeit, ein städtisches Erholungsgebiet zu gestalten, das zugleich eine kulturelle Freilichtanlage sein wird.

3. In bezug auf musikalische Einrichtungen steht Frankreich hinter vielen Ländern zurück. Um das musikalische Schaffen in allen seinen Formen zu fördern, soll ein Musikzentrum entstehen, das die Bedingungen der schöpferischen Arbeit, der Ausbildung und der Forschung in diesem Bereich verbessert und auch nach außen ge-



öffnet sein wird (Konzertsäle, Instrumentenmuseum).

Die räumlichen Gegebenheiten des Museums

Sitz des künftigen Museums für Wissenschaft, Technik und Industrie wird die »Große Verkaufshalle«, ein Teil der erwähnten Schlachthofanlage, sein (2). Der Architekt Adrien Fainsilber erhielt den Auftrag, dieses 270 m lange, 120 m breite und 40 m hohe Gebäude umzugestalten. Sein Entwurf geht von der Idee aus, dieses riesige kastenförmige Gebäude durch das enge Einbeziehen von Licht, Vegetation und Wasser menschlicher zu machen (3). 40 000 m² werden als Ausstel-

lungsfläche genutzt werden, weitere 30 000 m² bleiben für späteren Ausdehnungsbedarf. Anfang 1986 soll das Museum eröffnet werden.

Die Ziele

Das Museum von La Villette soll dazu beitragen, den Besuchern eine Annäherung an wissenschaftlich-technische Zusammenhänge und deren Bedeutung im täglichen Leben zu ermöglichen.

Das heißt:

- Zum einen sollen die Eigenschaften der gegenwärtigen wissenschaftlichen, technischen und industriellen Entwicklung gezeigt werden.

- Zum anderen sollen die Bezie-

hungen zwischen der Entwicklung von Wissenschaft, Technik und Industrie und den damit verbundenen gesellschaftlichen Bedingungen (Beschäftigung, Arbeitsbedingungen, industrielle Organisationsstrukturen, nationale und internationale Auswirkungen, Veränderungen des täglichen Lebens etc.) verdeutlicht werden.

Mit der Wahl dieser beiden Achsen soll nicht nur erreicht werden, daß die Bevölkerung sich besseres Wissen über wissenschaftlich-technische Entwicklungen aneignen kann, sondern auch daß ihr die notwendigen Voraussetzungen vermittelt werden, an wichtigen aktuellen Debatten zu diesem Themenkreis teilzunehmen.

Die Zielgruppen

Es geht also darum, ein breites Publikum und vor allem auch die Jugend anzusprechen. Dies kann weder gelingen, wenn das Museum sich nur an den Forderungen einer kulturellen Elite ausrichtet, noch wenn es eine reine Unterrichtsinstitution wird. Es müssen daher neue Wege eingeschlagen werden, Wege, die dem Besucher



den Zugang zu Wissenschaft und Technik in ihrem gesellschaftlichen Zusammenhang dadurch erleichtern, daß sie ihn einbeziehen, ihn zum Mitwirken stimulieren. Eine Reihe ganz verschiedener Mittel soll deshalb in einer Weise kombiniert werden, die die Lust am Mitmachen, am Nachdenken, an der Diskussion und an schöpferischer Aktivität fördert.

Natürlich gibt es auch spezifische Erwartungen, denen entsprochen werden soll:

- Für die Schulen kann La Villette ein Ort sein, der die Verbindung zwischen Unterricht und täglichem Leben aufzeigt.
- Für wissenschaftliche und kulturelle Jugend- und Erwachsenenvereine kann La Villette ein sinnvoller Rahmen werden.
- Unternehmen kann La Villette eine Plattform für interprofessionellen Austausch bieten.

Die Aktivitäten

Die oben erwähnte Vielfalt der Mittel, die Zugang zur Information verschaffen sollen, deutet schon darauf hin, daß die Bezeichnung »Museum« eigentlich unzu-

reichend ist. Der »Kern« von La Villette, die Dauerausstellung, wird in der Tat durch eine Anzahl anderer Aktivitäten ergänzt und vervollständigt werden.

I Die Dauerausstellung – 30 000 m²

Statt wie üblich nach wissenschaftlichen Disziplinen wird die Ausstellung nach Themenbereichen konzipiert und aufgebaut werden. Einundzwanzig Themen sind so gewählt worden, daß sie das gesamte wissenschaftlich-technische Feld, wenn auch nicht vollständig, so doch weitgehend abdecken. Dieser Ansatz hat den Vorteil, von vornherein die enge Verbindung von Wissenschaft und Technik zu zeigen.

Die Themen sind in vier Bereiche gegliedert:

1. Erkunden

- Die Themen:
- Astronomie
 - Raumfahrt

Der Mensch beobachtet das Universum und entwickelt seine Erkundungsmöglichkeiten

Dieser Bereich illustriert den Wunsch des Menschen, neue Grenzen zu überschreiten, und seine Fähigkeit, Techniken zu entwickeln, dank derer er das Universum, das er nicht aus eigener Kraft erreicht, erfassen kann.

Um den Weltraum und unsere eigene Position darin zu beschreiben, haben wir uns immer gleichermaßen auf Traum, Mythos und Realität gestützt. Wie sieht das heute aus?

2. Nutzen und produzieren

Die Themen:

- Die Erde und ihre Ressourcen
- Energie
- Der Körper
- Aufbau der Materie
- Herstellung von Grundstoffen
- Herstellung von Produkten

Der Mensch wirkt auf die Materie ein

Um seine materiellen und intellektuellen Bedürfnisse zu befriedigen, hat der Mensch sein physikalisch-chemisches Wissen und Techniken entwickelt, die ihm erlauben, Materie und Energie zu

beherrschen. Von der Gewinnung der Grundstoffe bis zur Herstellung von Produkten ist der Mensch gleichzeitig Handelnder, Empfänger und manchmal auch Opfer, und dies auf verschiedenen Ebenen:

- der Mensch als gesellschaftlich Handelnder
- der Mensch, der sich mit seinem Körper ausdrückt und mit ihm agiert
- der menschliche Körper als eine sich ständig in Umwandlung befindende chemische »Maschine«, die aus Materie und Energie besteht.

3. Leben und wohnen

Die Themen:

- Biosphäre
- Atmosphäre
- Bauwesen
- Transportmittel
- Einheit und Vielfalt der lebendigen Welt
- Wissenschaft, Technik und Archäologie

Der Mensch erkundet und errichtet seine Umwelt

Im Laufe seiner Geschichte hat der Mensch immer ausgefeiltere



Strategien entwickelt, um sich an seine Umwelt anzupassen. Um sich, trotz der demographischen Explosion, ernähren, vor Witterungseinflüssen schützen und fortbewegen zu können, sollte die Menschheit lernen, rationell mit ihren natürlichen Vorräten umzugehen.

4. Wechselwirkungen

Die Themen:

- Kommunikation
- Informatik
- Mathematik
- Schall
- Licht
- Gehirn
- Wissenschaft, Technik und Kunst

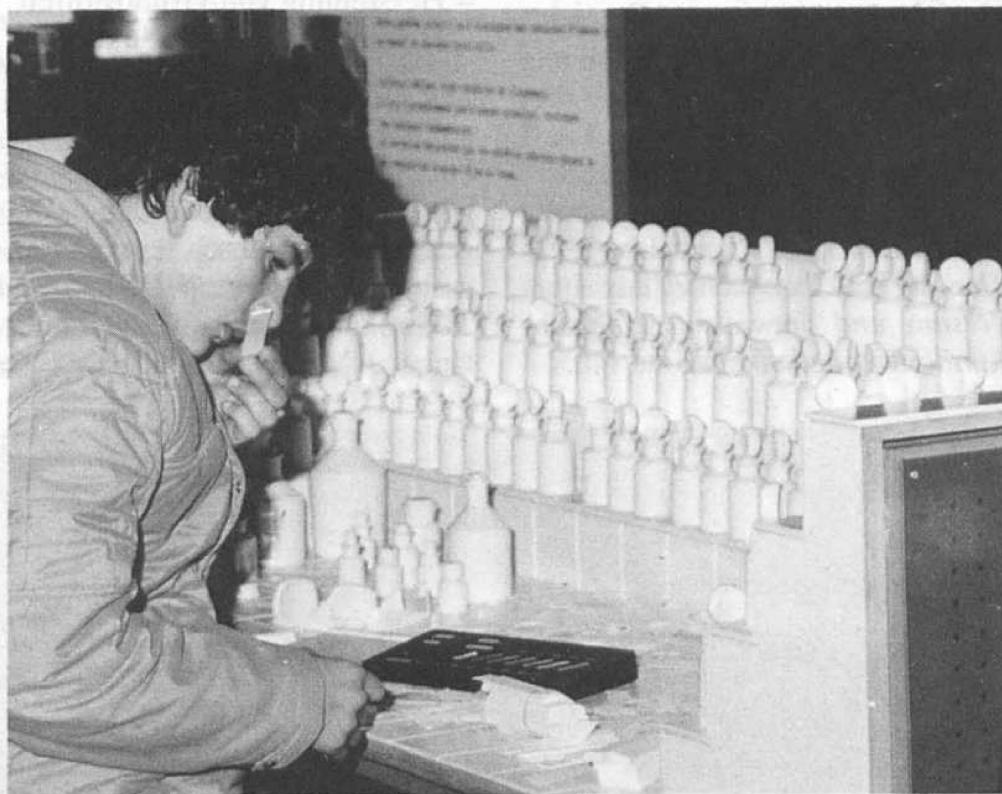
Lebewesen kommunizieren untereinander und mit ihrer Umwelt

Sein ganzes Leben lang tauscht der Mensch, wie auch die Tiere, mit seiner Umwelt Zeichen und Informationen aus. Um mit seinesgleichen kommunizieren zu können, konstruiert er Sprachen und Signale. Nachdem die Austauschmöglichkeiten lange Zeit auf die natürlichen Mittel zum Aufnehmen und Aussenden von Informationen begrenzt waren, sind sie nun mit Hilfe der Nachrichtentechnik erheblich erweitert.

In allen vier Themenbereichen wird neben wissenschaftlichen Aspekten auch die Technik in ihrem industriellen Zusammenhang gezeigt werden, immer in dem Bemühen, gleichzeitig die Beziehung zur Gesellschaft darzustellen (wirtschaftliche und soziale Probleme etc.).

Auf der museologischen Seite sind als wichtigste die beiden folgenden Ansätze zu nennen:

- Möglichst viele Ausstellungselemente sollen dem Besucher Gelegenheit bieten, selbst mitzuwirken.
- Selbst wenn es nicht Ziel der Ausstellung ist, Geschichte zu zeigen, so werden doch historische Dimensionen als Darstellungsmethode genutzt werden. Das Aufzeigen wichtiger wissenschaftlicher und technischer Veränderungen in der Vergangenheit soll das Verständnis der Gegenwart und der Möglichkeiten und Probleme der Zukunft erleichtern.



II Die Sonderausstellungen – 10 000 m²

Eng an die Dauerausstellung angelehnt sollen die Sonderausstellungen ständig den Bezug zu aktuellen Entwicklungen herstellen. Dafür ist folgende Raumaufteilung vorgesehen:

- Auf einer Fläche von 4000 m² in unmittelbarer Nähe des »Konferenzentrums« (3200 m², ein Saal mit 1000 Plätzen und viele kleinere Säle) können, abhängig oder unabhängig von nationalen oder internationalen Tagungen, wissenschaftliche, technische oder industrielle Ausstellungen gezeigt werden.

- Die restliche für Sonderausstellungen vorgesehene Fläche, etwa 5000 m², wird innerhalb der Dauerausstellung so verteilt, daß hier ein ständiger Aktualisierungs- und Erneuerungsprozeß stattfinden kann. Daran sollen verschiedene Partner außerhalb des Museums, besonders die Industrie, beteiligt werden.

III Der Saal der Entdeckungen – 800 m²

Dieser Saal wendet sich an die ganz jungen Besucher, die Kinder zwischen 5 und 11 Jahren, mit dem Ziel, ihre Neugierde und ihre schöpferischen Fähigkeiten zu wecken (4).

IV Der Aktualitätensaal – 360 m²

In diesen Räumen soll wissenschaftliche, technische und industrielle Aktualität schnell aufgearbeitet werden (5). Diese Einrichtung, die zusammen mit dem Verein der wissenschaftlichen und technischen Journalisten konzipiert wurde, soll die Neugierde, die durch bestimmte Ereignisse geweckt wird, in Interesse an Vertiefung der Kenntnisse umsetzen und die Besucher in die Ausstellungen und die Mediathek leiten.

V Die Mediathek – 7650 m²

Der größte Teil dieses Medienzentrums wird für das Publikum zugänglich sein und ihm wissenschaftliche und technische Dokumentation in verschiedenen Formen bieten:

- als öffentliche Leihbibliothek
- als Videothek
- als Fotothek

Ein weiterer Teil der Mediathek wendet sich an Wissenschaftler in den Fachbereichen Technikgeschichte, Wissenschaftsgeschichte und Museumsdidaktik.

VI Der hemisphärische Saal – 1300 m²

Mit dieser Einrichtung (6) werden zwei Ziele verfolgt:

- Die spektakuläre Seite, das Eintauchen des Besuchers in Bild und Ton, soll dazu beitragen, viele Menschen anzuziehen, die normalerweise nicht in ein technisch-wissenschaftliches Museum gehen.
- Die Produktion qualitativ hochwertiger wissenschaftlicher und technischer Filme für diesen Saal wird es auch ermöglichen, diese Filme zu exportieren und, dank des internationalen Netzes hemisphärischer Anlagen, ein positives Bild französischer Wissenschaft und Technik zu vermitteln.

VII Die Eingangshalle – 6500 m²

Als zentraler Ausgangspunkt für all die vorher genannten Möglichkeiten hat auch die Eingangshalle ihre Bedeutung. Hier kann sich der Besucher informieren, erholen (Cafeteria, Restaurant), Dokumentation, wissenschaftliches Spielzeug und Andenken kaufen.

Neben all diesen Aspekten, die sich zum Teil in Quadratmetern ausdrücken lassen, sind auch andere Aktivitäten geplant. Die wichtigsten davon sind:

- Die Realisierung von Wanderausstellungen.
- Die Ausbildung von Lehrern, die in außerschulischen Bereichen Naturwissenschaften unterrichten.
- Forschung auf den Gebieten der Geschichte und der Pädagogik der Wissenschaft und der Technik.

Halbzeit

Seit gut drei Jahren wird an dem Projekt gearbeitet. In knapp drei weiteren Jahren soll das Museum eröffnet werden. Die aufgewandten Mittel sind enorm:

- 1982 wurden die Kosten für den

Museumsbau auf 1,75 Milliarden Francs (etwa 580 Millionen DM) geschätzt.

- Für den Museumsinhalt sind 1 Milliarde Francs (etwa 330 Millionen DM) vorgesehen.

- 1983 sind fast 400 Mitarbeiter beschäftigt.

Die Probleme, die das Museum bis zur Eröffnung im März 1986 zu bewältigen hat, sind in Anbetracht der relativ günstigen materiellen Voraussetzungen also weniger technischer Art. Sie liegen vielmehr auf einem Gebiet, das von einem Museum dieser Größe noch nicht beschritten wurde: Die lebendige Darstellung der Beziehung zwischen Wissenschaft und Technik auf der einen und gesellschaftlichen Zusammenhängen

auf der anderen Seite. Weder theoretisch noch methodisch ist dieses Ziel einfach zu erreichen.

Auf theoretischer Ebene stellt sich die Frage:

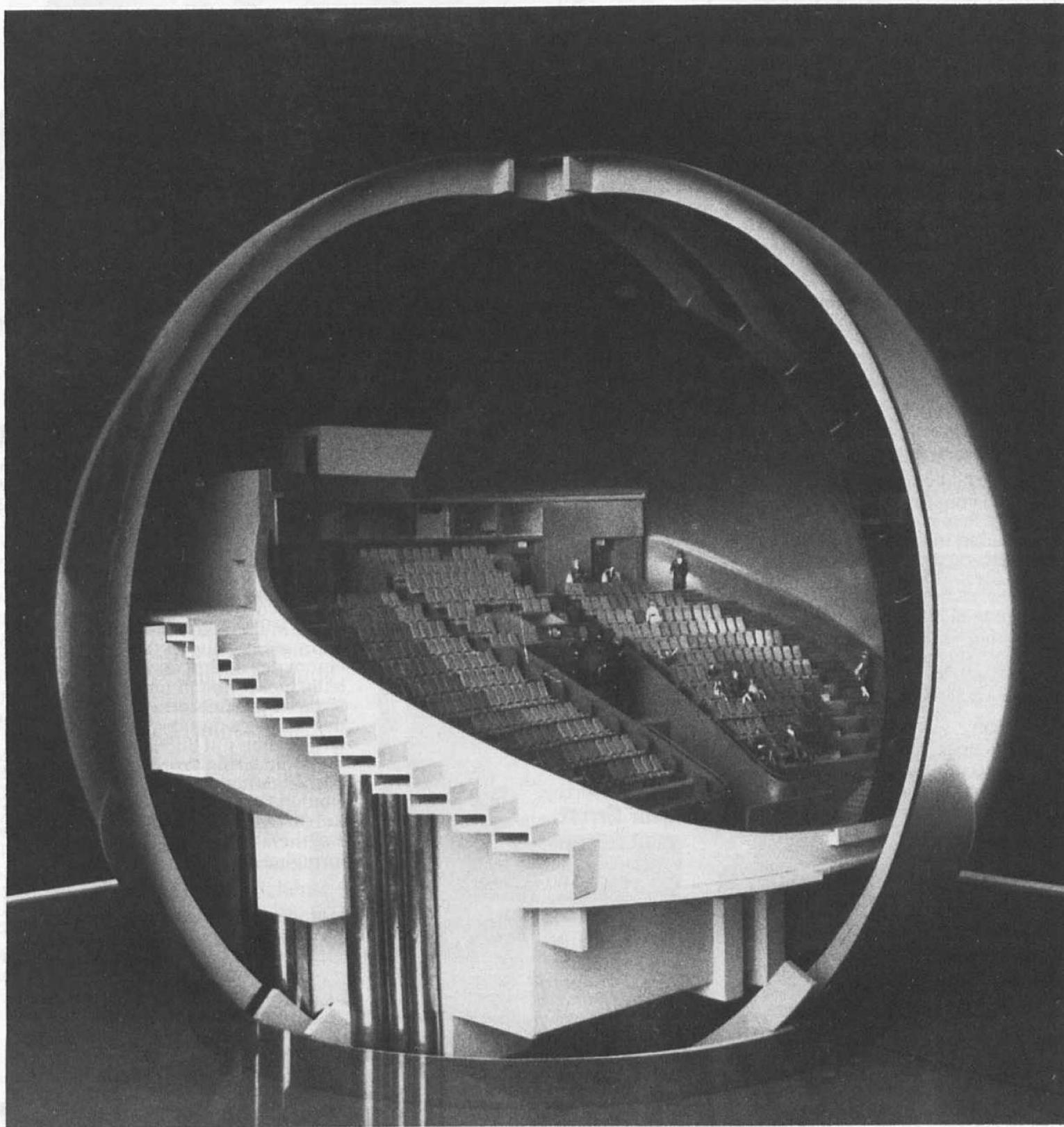
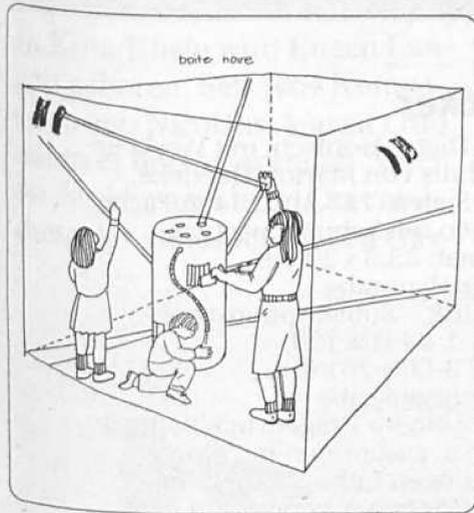
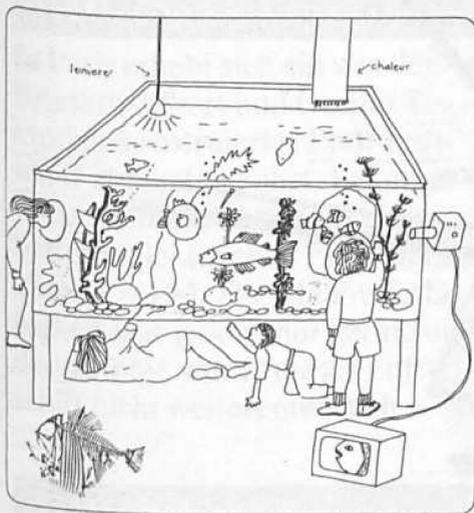
Welche Beziehungen zwischen Wissenschaft und Gesellschaft sollen dargestellt werden, um dem Besucher hinreichend Information zur eigenen Meinungsbildung zu liefern, ohne ihn dabei zu indoktrinieren? Am Beispiel »Kernenergie« läßt sich diese Schwierigkeit verdeutlichen: Eine Beschränkung auf das Aufzeigen der Argumente der Kernenergiegegner oder der Kernenergiebefürworter könnte den Besucher nicht in die Lage versetzen, ein eigenes Urteil aufzubauen, sich für die

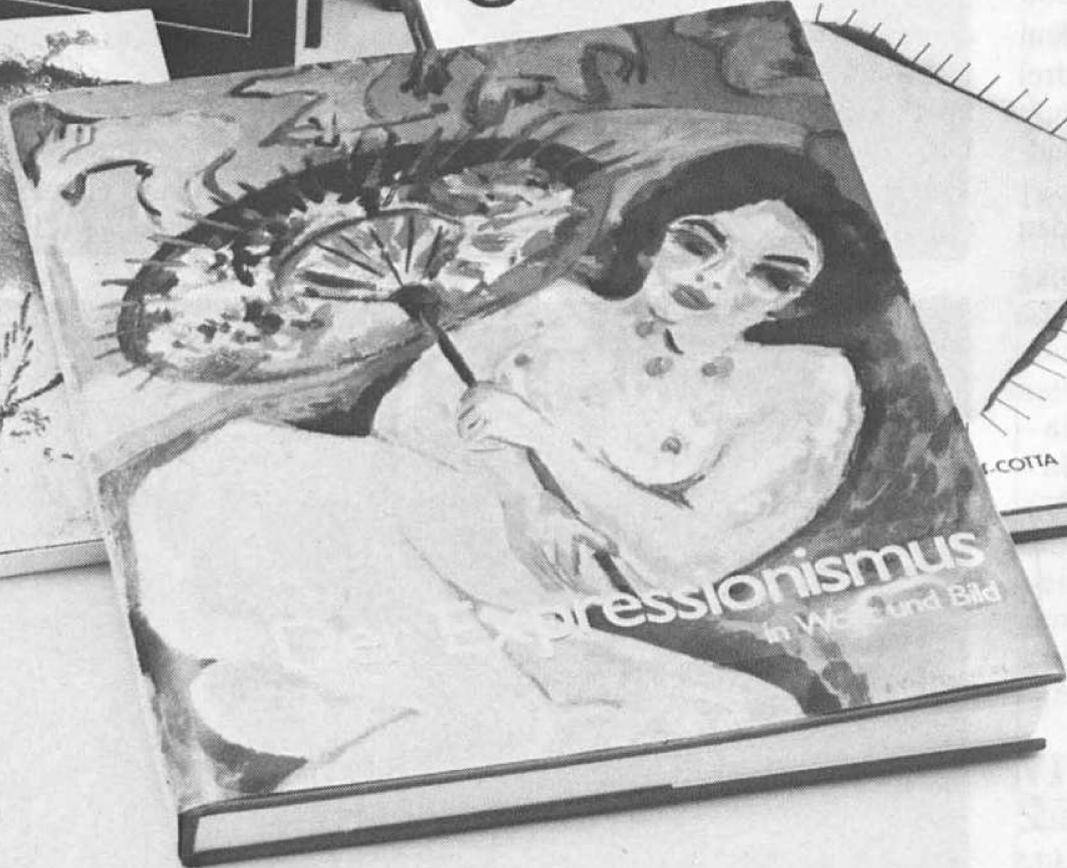
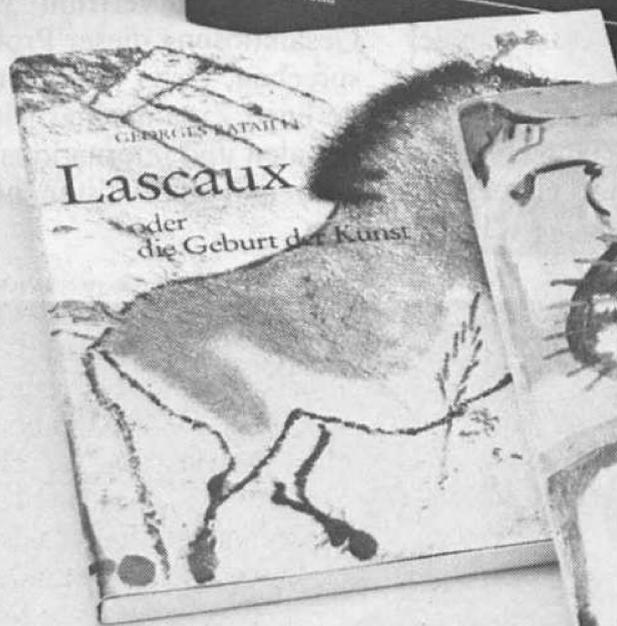
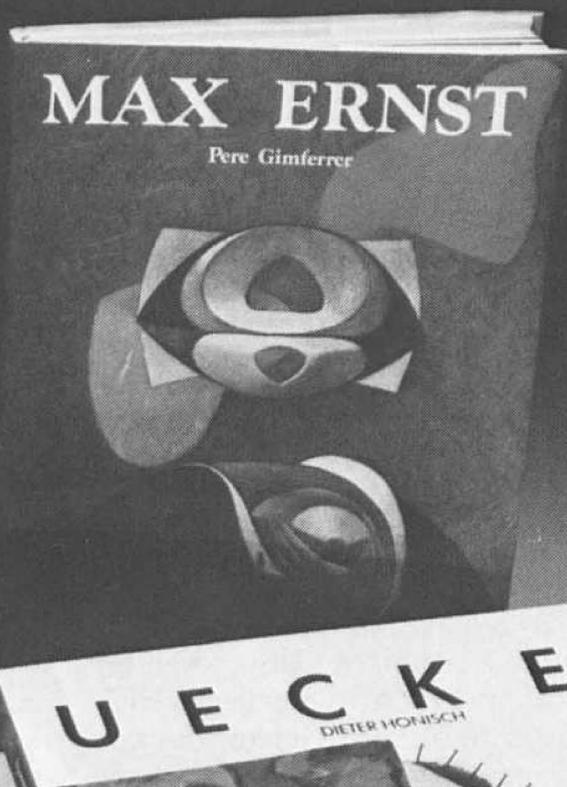
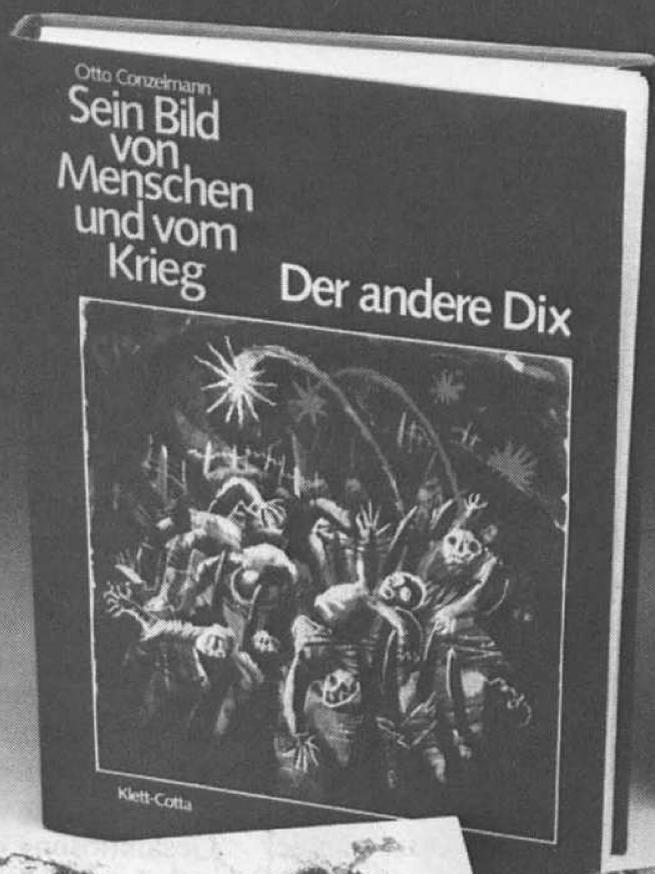
eine oder die andere Tendenz oder gar für Zwischenlösungen zu entscheiden.

Die Frage auf methodischer Ebene lautet:

Wie kann man so komplexe Zusammenhänge wie die Beziehungen zwischen Wissenschaft und Gesellschaft in einem Museum darstellen und sie einem breiten Publikum verständlich machen?

Einige Ansätze, um auf diese Fragen zu antworten, sind gefunden. Es ist jedoch verfrüht, von einer Gesamtlösung dieser Probleme zu sprechen. Dazu wird weiterhin eine enge Zusammenarbeit mit nationalen und internationalen Partnern und Spezialisten notwendig sein.





Otto Conzelmann:
Der andere Dix

Sein Bild vom Menschen und vom Krieg
272 Seiten, 359 Abb., 37 in Farbe,
Leinen mit Schutzumschlag,
128,- DM
ISBN 3-608-76169-1

Im Mittelpunkt dieses neuen Dix-Bandes mit über 350 Abbildungen steht die Entwicklungsgeschichte des Künstlers und seine Kriegserlebnisse, die durch viele bisher nicht veröffentlichte Bilder und Quellentexte kommentiert und neu gedeutet werden. Der Autor weist in diesem Band zum ersten Mal die Identität Dixscher Kunst mit der Philosophie Nietzsches systematisch nach und gewinnt dadurch ein völlig neues Dix-Verständnis.

Georges Bataille:
Lascaux

oder die Geburt der Kunst
Aus dem Französischen übersetzt von Karl Georg Hemmerich
152 Seiten, 84 Abb., 68 farbig,
Leinen mit Schutzumschlag,
DM 58,-. ISBN 3-88447-069-8

Die Höhlenbilder von Lascaux geben einen faszinierenden Einblick in die Welt vor 20 000 Jahren. Während der Eiszeit haben unsere Vorfahren hier einen »Saal der Tiere« gestaltet, deren Bedeutung der Autor in spannender Form entschlüsselt.

Pere Gimferrer:
Max Ernst

Aus dem Spanischen übersetzt von Eugen Helmlé
128 Seiten, 160 farbige,
16 schwarz-weiße Abbildungen,
Leinen mit Schutzumschlag,
DM 68,-. ISBN 3-608-76170-5

Über 170 Bildern aus sechs Jahrzehnten von einem der bekanntesten und konsequentesten Surrealisten dieses Jahrhunderts; ein Farbenrausch voller hintergründiger und rätselhafter Natur- und Phantasiegebilde, die uns wie hypnotisiert in eine geheimnisvolle Welt führen.

Wolf-Dieter Dube:
**Der Expressionismus
in Wort und Bild**

172 Seiten, 195 Abb., 95 in Farbe.
Leinen mit Schutzumschlag,
DM 178,-
ISBN 3-88447-070-1

Ein hervorragend ausgestatteter Band, in dem die Entwicklung des Expressionismus (1909-1923) von einem der besten deutschen Fachleute dieser Zeit in meisterhafter Sprache geschildert wird. Künstler der »Brücke« und des »Blauen Reiters« stehen mit Bildern, die z. B. noch nie farbig reproduziert wurden, im Mittelpunkt einer faszinierenden Epoche der deutschen Kunst, die bis auf den heutigen Tag nichts von ihrer Aktualität verloren hat.

Uecker

Von Dieter Honisch, mit Werkverzeichnis von Marion Haedeke,
268 Seiten, 712 Abb., 14 in Farbe,
Leinen mit Schutzumschlag,
Format: 33,5 x 29 cm

Normalausgabe
DM 168,- Subskriptionspreis
Ab 1. 1. 84 DM 198,-
ISBN 3-608-76150-0

Vorzugsausgabe
mit je einem Prägedruck in Buchformat, zusammen mit einer 16-seitigen Lithographie (handgeschriebener Lebenslauf von Günther Uecker), beides signiert und numeriert, Auflage je 50 Exemplare I-L, in Kasette
DM 380,-

Gesamtausgabe
enthält alle 4 Prägedrucke und die 16-seitige Lithographie signiert und numeriert, Auflage 75 Exemplare 1-75 in Kasette
DM 1380,-
ISBN 3-608-76176-4

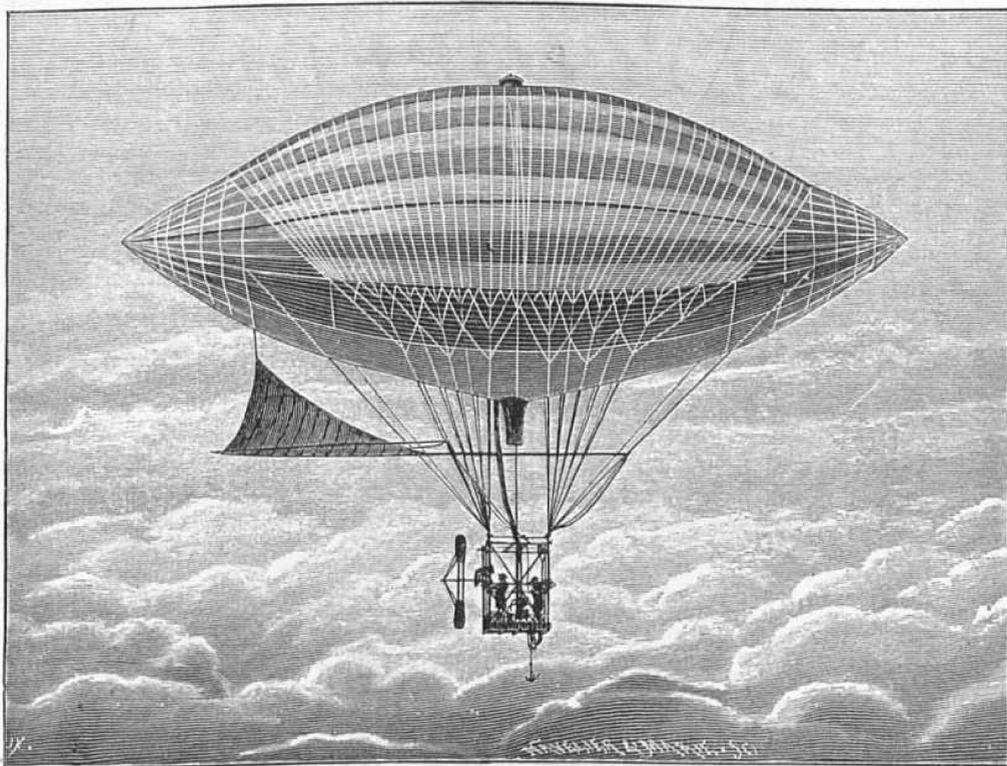
Fordern Sie unseren Sonderprospekt an!

GEDENKTAGE

TECHNISCHER KULTUR

8. 10. 1883

In Paris erhebt sich ein von den Brüdern Albert und Gaston Tissandier konstruiertes Prall-Luftschiff zur ersten Fahrt. Bei einer Länge von 28 m besaß es einen batterie-elektrischen Propellerantrieb (1,5 PS). Die Manövrierfähigkeit war jedoch nur gering und demzufolge wurde dieses Luftschiff nicht weiterentwickelt.

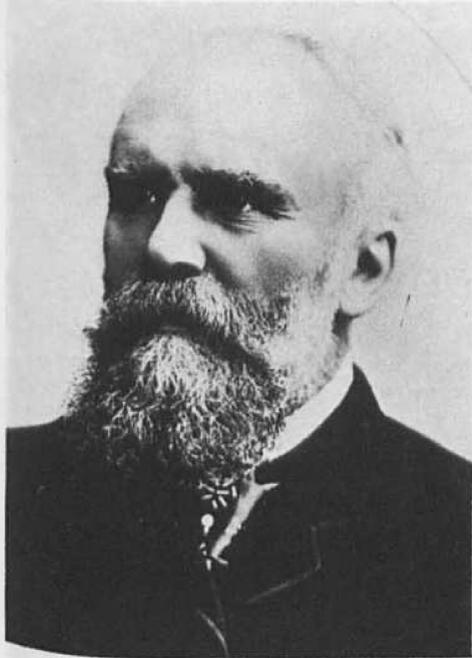


16. 10. 1933

Die Deutsche Reichspost nimmt, zunächst zwischen Berlin und Hamburg, den ersten postamtlichen Fernschreib-Verkehr auf. Das in der Folge schnell sich entwickelnde und Deutschlands Grenzen überschreitende Teilnehmernetz arbeitete mit der bei Siemens in Berlin entwickelten mechanischen Fernschreibmaschine. Mittlerweile sind auf der ganzen Welt rund 1,5 Millionen Fernschreiber, in der Bundesrepublik Deutschland etwa 150 000 Fernschreiber angeschlossen.

9. 10. 1833

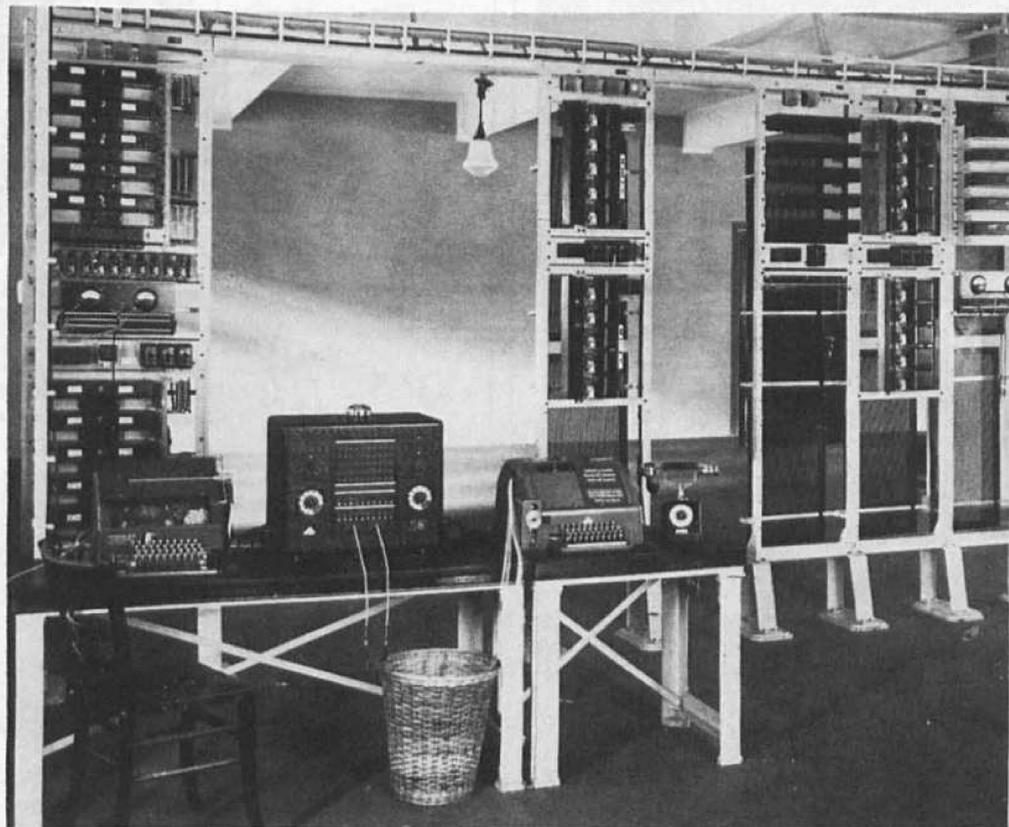
In Köln/Rhein wird Eugen Langen geboren. Seit 1864 Kompanon von Nicolaus August Otto, nahm er hervorragenden Anteil an der konstruktiven Durchbildung der atmosphärischen Gas-



maschine. Beim Aufbau der Gasmotorenfabrik Deutz wirkten Otto und Langen in idealer Weise zusammen.

15. 10. 1608

In Modigliano/Toskana wird Evangelista Torricelli geboren. 1641 kam er zu Galilei und wurde nach dessen Tode sein Nachfolger als Professor und Hofmathematiker des Großherzogs von Toskana. Hauptverdienst Torricellis ist die Erfindung des Barometers, das er auf der Grundlage der Beobachtungen Galileis konstruierte und in einer wissenschaftlichen Arbeit 1643 veröffentlichte. Sein Hauptwerk, Opera Geometrica, erschien ein Jahr später. Erst 39 Jahre alt, verstarb er 1647.



21. 10. 1833

Als Sohn eines Sprengstoff-Chemikers wird in Stockholm Alfred Bernhard Nobel geboren. Wie seine drei Brüder so beschäftigte auch er sich mit dem Arbeitsgebiet des Vaters. Neben seinen technisch-kreativen Fähigkeiten – er entdeckte 1867 das Dynamit – bewies er auch hohes unternehmerisches Geschick. In vielen Ländern gründete er Werke und Vertriebsgesellschaften für seine Sprengstoffe. Als Weltbürger und überzeugter Friedensfreund bestimmte er testamentarisch, daß die Zinsen seines Vermögens zur jährlichen Verteilung an die bedeutendsten Vertreter auf den Gebieten der Physik, Chemie, Medizin, Literatur und Friedensbewegung zur Verteilung kommen sollten. 1901, fünf Jahre nach seinem Tode, wurden in diesem Sinne die ersten Nobelpreise verteilt.



9. 11. 1783

In Neuwied/Rheinland kommt Friedrich Remy zur Welt. Als Hüttentechniker hatte er 1824 auf dem Rasselstein Deutschlands er-

29. 10. 1783

In Paris stirbt im 66. Lebensjahr Jean Baptiste le Rond d'Alembert. Als Philosoph, Mathematiker und auch als Literat hat er, ganz im Sinne der Aufklärung, für ein universelles Bildungsideal gewirkt. Zusammen mit Denis Diderot hat er 1751 die Herausgabe der großen »Encyclopédie« begonnen, für die er auch das richtungsweisende Vorwort schrieb. In diesem Werk, das man als Frühform unserer Konversationslexikons betrachten kann, wurden erstmals Technik und Handwerk ausführlich beschrieben und gut illustriert.

17. 11. 1858

In seiner Geburtsstadt Newton/Nordwales stirbt 87jährig der englische Industrielle Robert Owen. Am 1. Januar 1800 übernahm er die Leitung der New Lanark Baumwollspinnereien. Aus eigenem Antrieb und ohne Vorbild bemühte sich Owen die Arbeits- und Lebensbedingungen seiner Betriebsangehörigen zu verbessern. Siedlungsbau, Erwachsenen-Bildungsstätten. Konsumvereine sowie Arbeitszeitverkürzung sind nur einige von ihm praktisch verwirklichte Sozialreformen. In weiterer Verfolgung seines Sozialwerkes kam Owen schließlich zu uto-

pisch-kommunistischen Reformplänen, mit denen er allerdings in England und in den USA keine Erfolge hatte.

19. 11. 1883

In Tunbridge Wells/Grafschaft Kent, stirbt 60jährig Sir William Siemens, der Bruder und enge Mitarbeiter von Werner von Siemens. Seit 1844 ständig in England lebend, hat er sich technisch wie wissenschaftlich auf mehreren Gebieten erfolgreich betätigt. 1851 erhielt er auf den mit seinem Bruder Werner gemeinsam entwickelten Wassermesser ein britisches Patent, das kommerziell sehr erfolgreich war. Mit Bruder Friedrich entwickelte er aus diesem Regenerativ-Verfahren 1864 den epochemachenden Siemens-Martin-Stahlprozeß. Die Energienutzung aus Wasserkraft (Niagarafälle, 1876) sowie die Möglichkeit unterirdischer Kohlevergasung (1866) hatte er als Erster angegeben. Hüttentechnische Reformen hatte er in seinem großen Versuchsstahlwerk Landore viele Jahre betrieben; 1879 erfand er den Elektrostahlöfen. Gemeinsam mit seinen Brüdern Werner und Carl ließ er das Kabelschiff »Faraday« bauen, mit dem 1874/75 das erste direkte Kabel Europa-USA gelegt wurde. Als erfolgreicher deutscher Wissenschaftler und Unternehmer in England wurde er von der Queen Victoria in den Ritterstand erhoben.



ENCYCLOPÉDIE,
O U
**DICTIONNAIRE RAISONNÉ
DES SCIENCES,
DES ARTS ET DES MÉTIERS,**

PAR UNE SOCIÉTÉ DE GENS DE LETTRES.

Mis en ordre & publié par M. DIDEROT, de l'Académie Royale des Sciences & des Belles-Lettres de Prusse; & quant à la PARTIE MATHÉMATIQUE, par M. D'ALEMBERT, de l'Académie Royale des Sciences de Paris, de celle de Prusse, & de la Société Royale de Londres.

*Tantum series juncturaque pollet,
Tantum de medio sumptis accedit honoris!* HORAT.

TOME PREMIER.



A PARIS,

Chez **BRIASSON**, rue Saint Jacques, à la Science.
DAVID l'aîné, rue Saint Jacques, à la Plume d'or.
LE BRETON, Imprimeur ordinaire du Roy, rue de la Harpe.
DURAND, rue Saint Jacques, à Saint Landry, & au Griffon.

M. D C C. L I.

AVEC APPROBATION ET PRIVILEGE DU ROY.

sten Puddelöfen in Betrieb genommen. Sein Walzwerkbetrieb lieferte die Schienen zu Deutschlands erster, 1835 zwischen Nürnberg und Fürth eingerichteten Eisenbahn.

21. 11. 1733

Vermutlich in Wien wird Johann Christoph Voigtländer geboren. 1756 gründete er in Wien eine mechanische Werkstätte, die sich durch Herstellung von Kreisteilmaschinen, Astrolabien und Quadranten früh einen ausgezeichneten Ruf erwarb. Später wurde das in der Familie fortgeführte Unternehmen nach Braunschweig verlegt, wo es auch auf dem Gebiet der Camerafertigung zu hohem Ansehen gelangte.

2. 12. 1833

In Sterkrade bei Oberhausen wird Carl Lueg geboren. 1855 begann er seine Ingenieurlaufbahn in seinem Geburtsort bei der Firma Jacobi, Haniel & Huysen, der späteren Gutehoffnungshütte. 1864 übernahm er die Leitung der Oberhausener Betriebe und 1872 die Gesamtleitung dieser Gewerkschaft. Durch frühzeitige Aufnahme des Bessemer-, des Siemens-Martin- und des Thomas-Verfahrens, sodann durch den Erwerb lothringischer Erzfelder führte er sein Unternehmen zu hoher Leistungsfähigkeit. Bei der Umwandlung des 1860 gegründeten Technischen Vereins für Eisenhüttenwesen wurde Carl Lueg 1879 zum Vorsitzenden berufen und hatte dieses Amt bis zu seinem Tode inne.

8. 12. 1933

In seiner Vaterstadt Hannover stirbt 60jährig Deutschlands Motorflug-Pionier Karl Jatho. 1896 begann er mit der Konstruktion eines Doppeldeckers mit darüberliegendem Höhensteuer. 1903, also gleichzeitig wie die Brüder Wright in den USA, unternahm er auf der Vahrenwalder Heide bei Hannover Versuche mit einem durch einen 12-PS-Motor angetriebenen Aeroplan. Richtige Flüge gelangen Jatho zwar noch nicht, und an der Fortentwicklung seines Aeroplans war er durch finanzielles Unvermögen gehindert.

16. 12. 1808

Durch königl. preußische Kabinettsorder gründet Friedrich Wilhelm III. die »Technische Gewerbe- und Handels-Deputation«, die nach den Befreiungskriegen unter Leitung von Beuth ein wirkungsvolles Institut zur staatlichen Förderung der Gewerbe und Industrien wurde.

25. 12. 1858

In Chemnitz wird Richard Adolf Jaenicke geboren. Zusammen mit Johann B. Winklhofer hatte er 1885 in Chemnitz ein »Velocipeden-Depot« gegründet, um englische Fahrräder zu vertreiben. Bald schon begannen sie, selbst Fahrräder zu fabrizieren. 1896 wurde das Unternehmen in eine Aktiengesellschaft unter dem Namen »Wanderer-Werke« umgebildet, in der sich das Produktionsprogramm beträchtlich ausweiten sollte. Motorräder, Automobile, Schreib- und Rechenmaschinen sowie Werkzeugmaschinen machten den Namen »Wanderer« zum weltweiten Qualitätsbegriff.

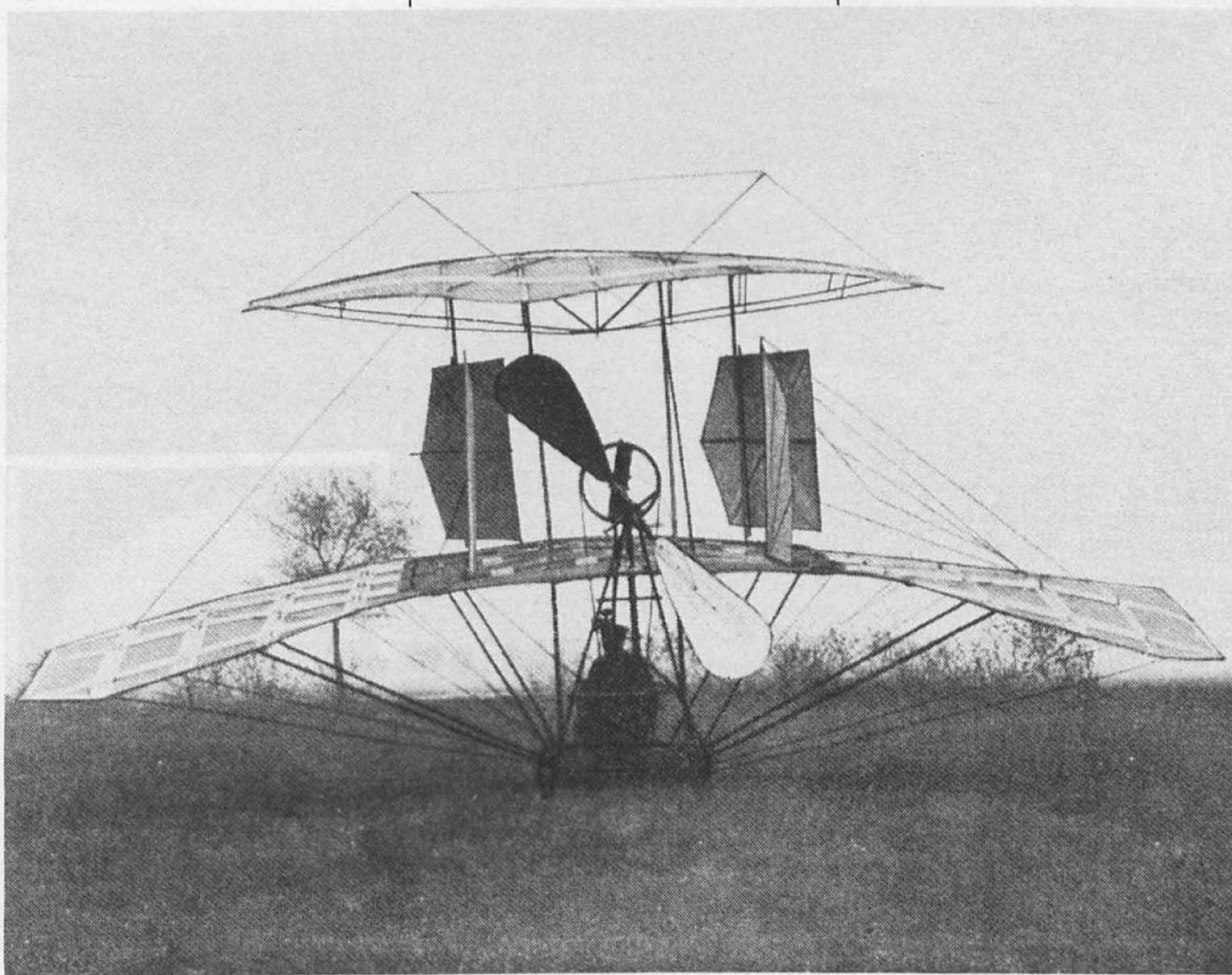
26. 12. 1783

Im Erfindungsjahr der Warmluft- und Gasballons unternimmt der Franzose Le Normand in Montpellier einen glückhaften Fallschirm-Absprung, indem er sich von einer entästeten Linde mit zwei Regenschirmen ohne Schaden herunter läßt. 1797 führt sein Landsmann Garnerin den Fallschirm-Absprung als Sicherung der Ballon-Luftfahrt ein.

30. 12. 1908

In Unna in Westfalen stirbt August Klönne. Durch Selbststudium hatte er sich nach dem Besuch des Gymnasiums technische Kenntnisse erworben, die ihn früh zu bemerkenswerten Leistungen befähigten. 24jährig war er bereits Leiter der Gas- und Wasserversorgung von Dortmund. Hier führte er die Generatorfeuerung sowie Verbesserungen in der Konstruktion der Gasbehälter ein. Durch den Erfolg seiner Maßnahme ermutigt, wandte er sich 1879 dem Stahlhochbau zu und gründete 1886 ein eigenes Unternehmen zur

Ausführung seiner Konstruktionen. Wassertürme und später u. a. auch Luftschiffhallen zeugten vom konstruktiven Schaffen August Klönnes.



Die Flugmodelltechnik

Wegbereiter der Luftfahrt

Einleitend darf gesagt werden, daß der Weg nach Kitty Hawk zum ersten Motorflug eines Menschen über den Flug mit Modellen führte und daß die Flugmodelltechnik mit Recht als Wegweiser für die Luftfahrt bezeichnet werden darf, wie folgender Beitrag klarzustellen versucht.

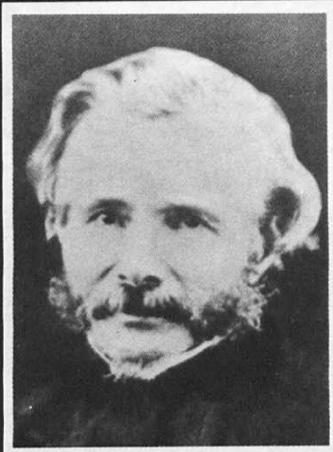
»Das Flugmodell ist die Keimzelle der Flugtechnik.« – »Die Entwicklungsgeschichte des Flugmodells ist die Geschichte des Flugwesens und die Erfindung des ersten freifliegenden Modells ist die Geburtsstunde der Fliegerei.«

(Alexander Lippisch)

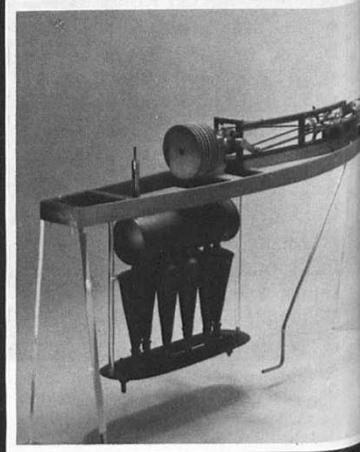
Wissenschaftliche Erkenntnisse und Gesetze der Aerodynamik wurden von ernsthaften Wissenschaftlern zuerst an Flugmodellen systematisch erforscht oder zum Teil empirisch ermittelt.

Als Vater der Luftfahrt bezeichnet man Sir George Cayley (1773–1857). Er war einer der genialsten Erfinder seines Landes und legte im Laufe seiner Experimente erstmalig in der Geschichte der Luftfahrt die grundsätzliche Struktur von Flugzeugen theoretisch fest (den Körper, die Flügel, das Leitwerk und das Landefahrwerk). Er entdeckte die Zusammen-

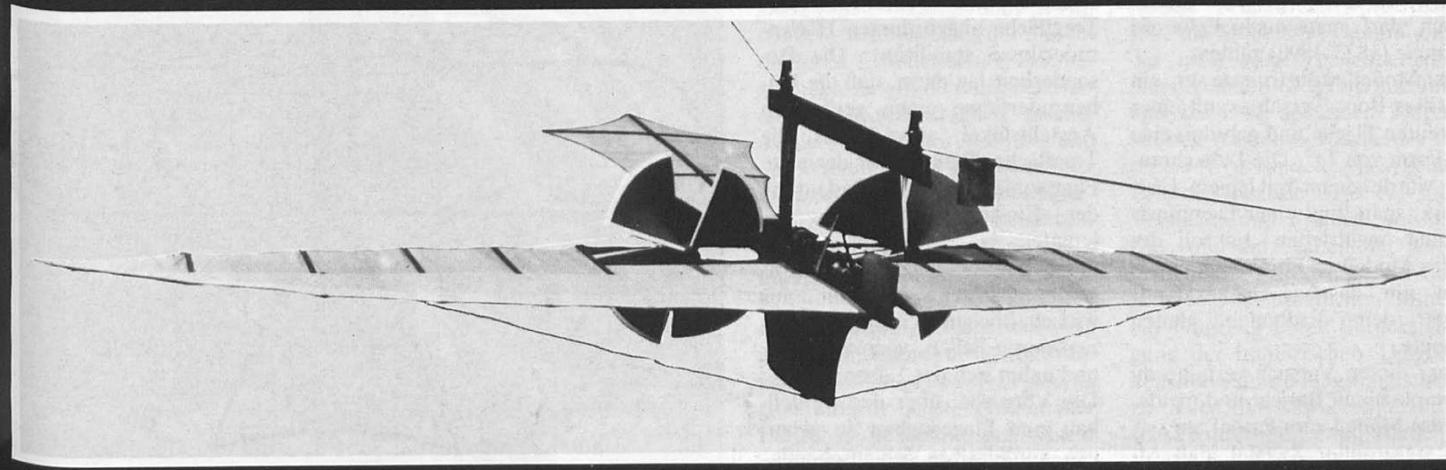
John F. Stringfellow, England (1799–1883)



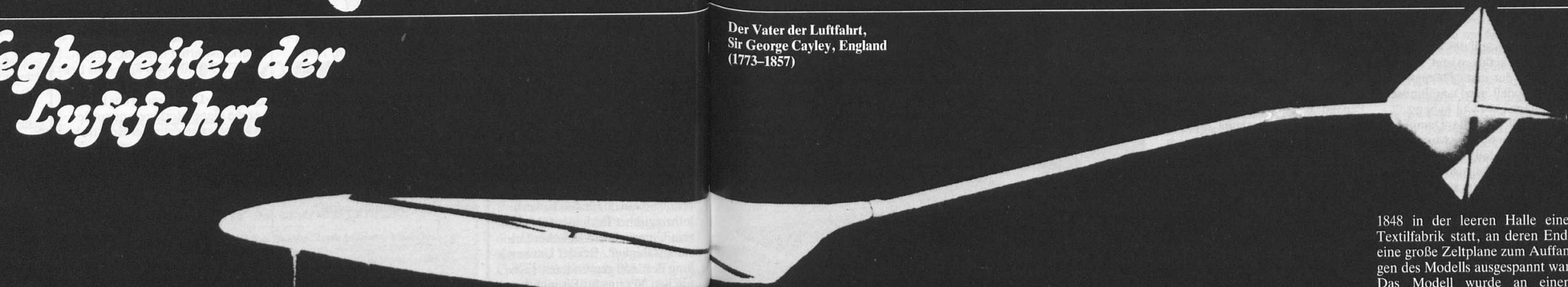
Dampfmaschine von Stringfellow (1848)



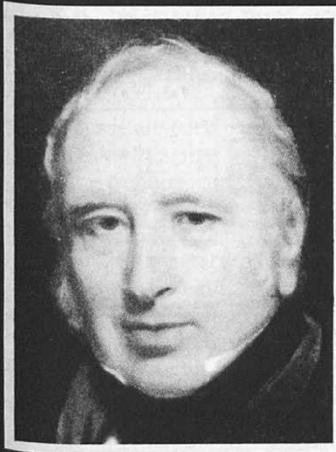
Modell von Stringfellow (1848)



Gleiter von Sir George Cayley, England (1807)



Der Vater der Luftfahrt,
Sir George Cayley, England
(1773–1857)



menhänge zwischen strömender Luft und der Wölbung von Flächen, die das Wesen des Auftriebs ausmachen. Er machte die Entdeckung des Stabilitätsmoments um die Längsachse sowie des Höhenruder- und Seitenrudereffektes. Er konstruierte 1807 ein kleines Gleitflugmodell in Form eines Drachens zum Studium des Schwerpunktes.

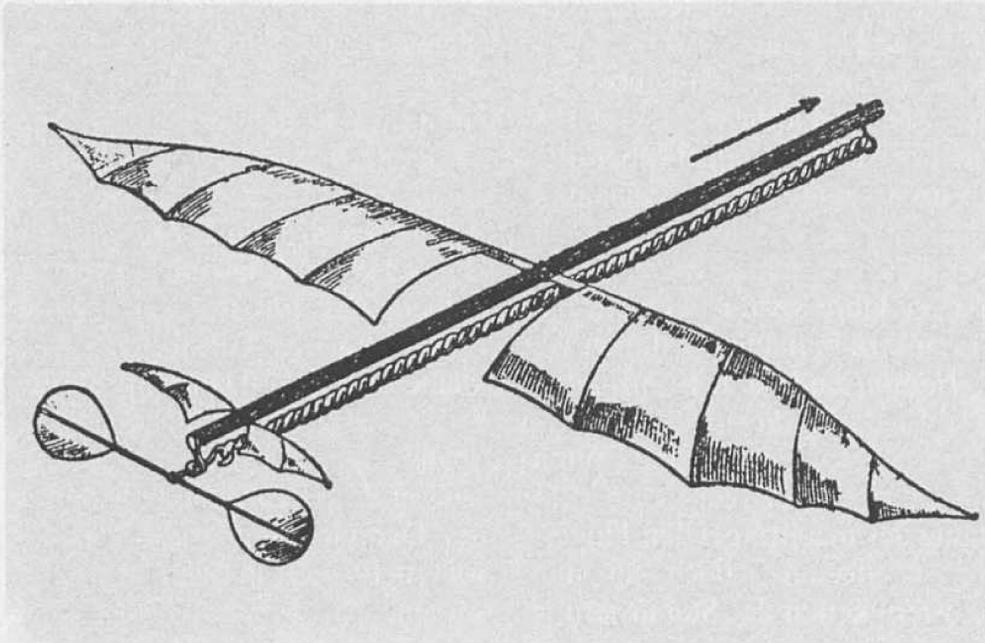
Zusammenfassend kann gesagt werden, daß Cayley in seinen Ideen und Beschreibungen seiner Zeit um 100 Jahre voraus war. Seine Veröffentlichung »On Aerial Navigation«, 1809–1810,

gab der späteren Flugtechnik bedeutende Impulse.

Es ist anzunehmen, daß entweder die wissenschaftlichen Arbeiten Cayleys zunächst nicht über die Grenzen seines Landes gelangten oder daß man seinen Theorien skeptisch gegenüber stand. Denn erst 35 Jahre später, so weiß die Chronik zu berichten, nahmen W. S. Henson und John F. Stringfellow, England, die Ideen und Erkenntnisse Cayleys auf und bauten 1842 ein Modell zur Verwirklichung des manntragenden Fluges. Sie scheiterten jedoch an den Schwierigkeiten der Stabilisierung

des Flugapparates und an der Unzulänglichkeit des für diesen Zweck gebauten Dampfantriebs. Henson sah sich einer Blamage ausgesetzt, gab sein Vorhaben auf, heiratete und wanderte nach Amerika aus. John F. Stringfellow (1799–1883), England, arbeitete jedoch unverdrossen an seiner Idee weiter. Er konstruierte eine kleine, leichte Dampfmaschine, baute dazu ein Modell von 3,04 m Spannweite und einer Länge von 1,67 m. Zwei Luftschrauben, von der Dampfmaschine angetrieben, sollten für den nötigen Vorschub sorgen. Die Flugerprobung fand

1848 in der leeren Halle einer Textilfabrik statt, an deren Ende eine große Zeltplane zum Auffangen des Modells ausgespannt war. Das Modell wurde an einem Drahtseil hängend gestartet, danach mit einer sinnvollen Vorrichtung ausgeklinkt und beendete seinen kurzen, freien Flug in der Plane. Wie aus geschichtlichen Aufzeichnungen hervorgeht, wurden weitere Versuche im Beisein von Zeugen in »Cremorne Gardens«, London, wiederholt durch-



»Planophore« von Alphonse Pénaud (1872)

geführt. Dabei soll das Modell bis zu 40 m weit geflogen sein. Springfellow war der erste Flugpionier, der ein Modell mit Dampftrieb zum Fliegen gebracht haben soll. Das Modell und die Dampfmaschine sind im Science Museum in London ausgestellt.

Unzählige flugbegeisterte junge Männer versuchten sich im Modellbau und Modellflug, griffen die Ideen anderer Konstrukteure auf, wurden mehr oder weniger bekannt und erfolgreich. Sie verschwanden wieder, ohne brauchbare Lösungen des stabilen Fluges mit Modellen hinterlassen zu haben. Nur einzelnen, besessenen Modellkonstrukteuren war es vorbehalten, Meilensteine der Luftfahrt zu setzen und in die Geschichte einzugehen.

Deutlich verlagerte sich in den Jahren um 1870 die Aktivität im Modellbau von England nach dem Nachbarland Frankreich. Zu den Pionieren der Luftfahrt in Frankreich darf man auch Felix du Temple (1823–1890) zählen.

Als Modell konstruierte er ein leichtes Boot, versah es mit einer geteilten Fläche und gab ihm eine V-Form von 14°. Die Luftschraube wurde zuerst mit einem Uhrwerk, später mit einer Dampfmaschine angetrieben. Es soll das erste Modell in Frankreich gewesen sein, das aus eigener Kraft über dem Erdboden gleiten konnte.

Über diesen Versuch verfaßte du Temple einen Bericht und meldete das Modell zum Patent an. Es steht außer Zweifel, daß Al-

phonse Pénaud (1850–1880) in Frankreich, wie Sir George Cayley in England, als eigentlicher Vorkämpfer für das Flugzeug gilt. Pénaud begann mit der wissenschaftlichen Erforschung des Segelfluges und baute ein wirklich freifliegendes Modell. Er erfand den Gummimotor, indem es ihm gelang, die in verdrehten Gummifäden gespeicherte Energie in Arbeit umzusetzen. Diesen Gummimotor baute er in sein Modell, das er »Planophore« nannte, ein und führte es 1872 der »Société de Navigation« in Paris vor. Er erregte die Heiterkeit der Akademie, als er das Planophore in einem geschlossenen Raum vorführte und dabei in 11 Sekunden eine Flugweite von 40 m erreichte.

Die Tragflächen waren gewölbt und an den Enden leicht nach oben gebogen. Dadurch erreichte er eine seitliche Stabilität. Es wurde mit einem sogenannten »Pénaud-Ruder«, einer hinter der Tragfläche angeordneten Höhenruderruflose stabilisiert. Die Besonderheit lag darin, daß die Höhenruderruflose einen geringeren Anstellwinkel aufwies als die Tragfläche. Pénaud war der erste Flugpionier, der die Bedeutung der Einstellwinkeldifferenz erkannte.

Als sich seine Pläne, ein manntaugliches Flugzeug zu bauen, aus wirtschaftlichen Gründen nicht realisieren ließen, verzweifelte er und nahm sich das Leben.

Die Versuche, über den Modellbau zum Flugzeugbau zu gelangen, verdichteten sich zusehends.



Alphonse Pénaud, Paris (1850–80) Gebrauchsanweisung Gummimotoren Drachenflieger von Wilhelm Kreß, Österreich (um 1886)

Folgende Tabelle möge nur als Richtschnur dienen

Tabelle 10.

Propellerdurchmesser	12	14	15	16	18	20	22	25	30
Stärke des Gummis in mm	1	1	1	1	1½	1½	1½	2	2
Länge in Metern	2	3	4	5	5	6	7	10	12

Durch Einhängen von zu viel Gummischnur kann ein richtig konstruiertes Modell flugunfähig machen und ein schlecht konstruiertes wird durch die Belastung mit übermäßigem Gummigewicht erst recht nicht fliegen. Der Beweis für die Güte eines Modells ist geliefert.

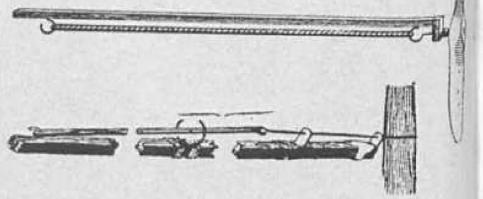
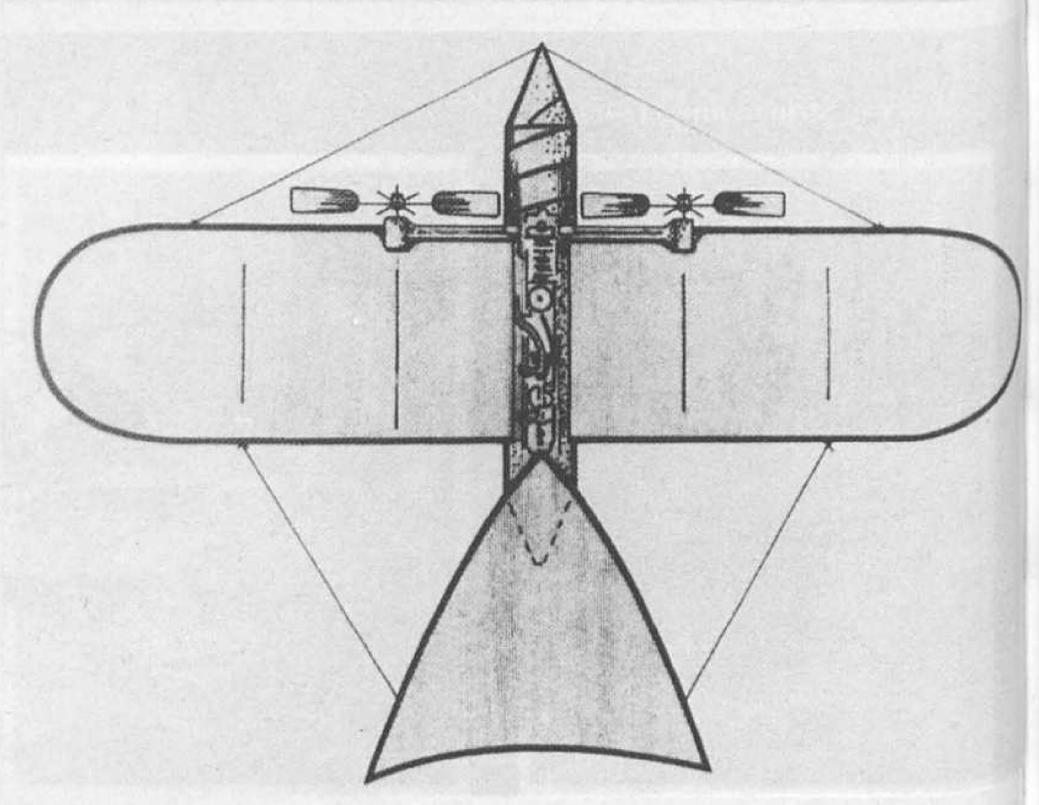
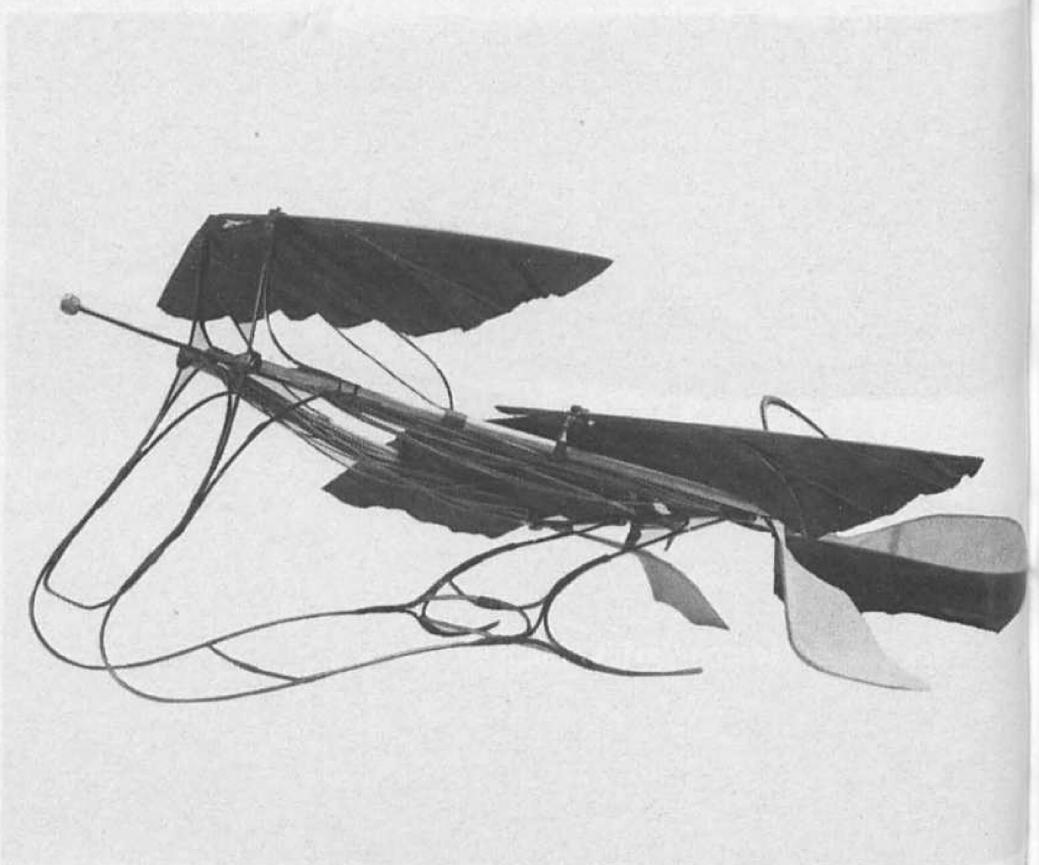


Fig. 46 und 47. Einfachste Ausführungen von Gummimotoranlagen (fertiger Motor).



Flugmodell mit Preßluftantrieb von F. Tatin, Frankreich (1876)

Die Flugmodelltechnik

Wilhelm Krefß (1846–1913), Klavierbauer aus Wien, traf Anfang der siebziger Jahre mit Alphonse Pénaud zusammen und versuchte von da an, die Ideen von Pénaud weiterzuverfolgen.

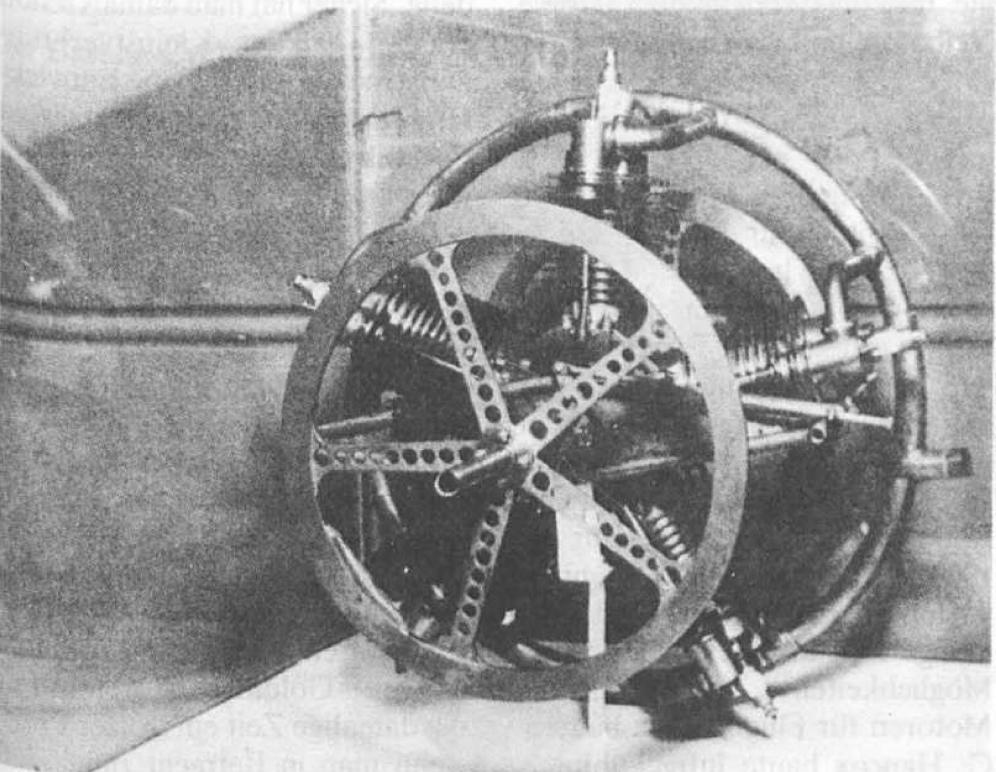
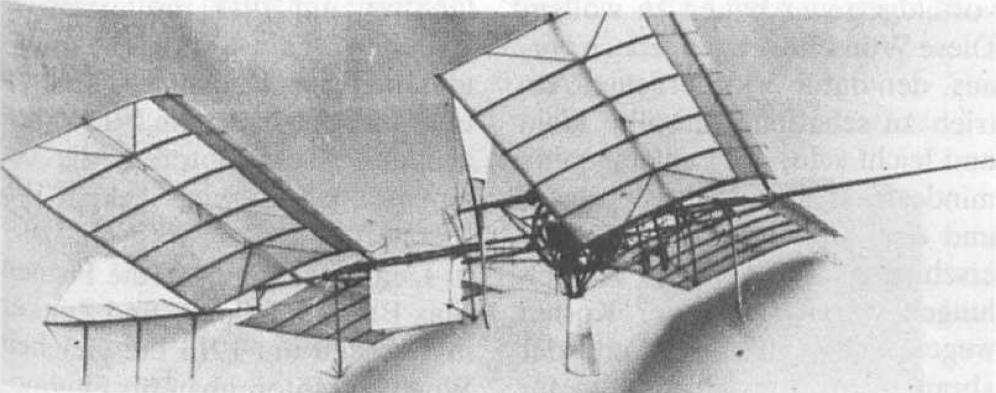
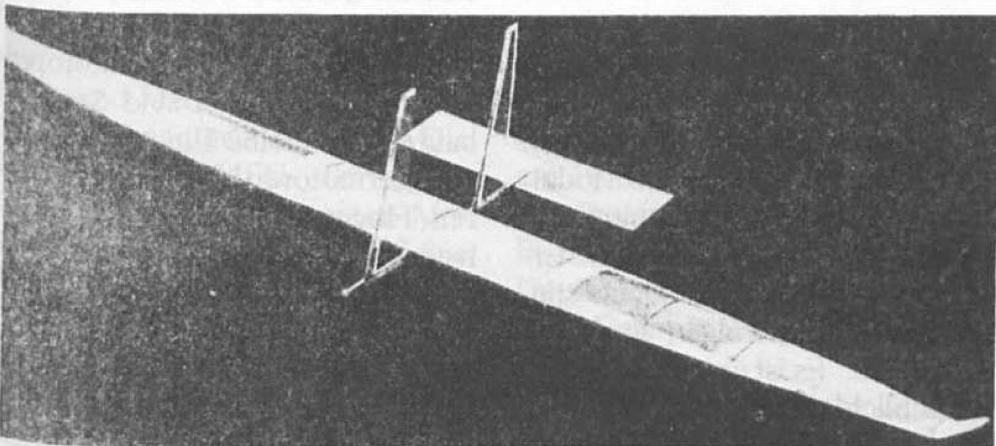
Er baute freifliegende Modelle mit Gummimotor und führte sie dem Niederösterreichischen Gewerbeverein vor. Sie wiesen dabei stabiles Flugverhalten auf.

Er nahm seine Erfolge im Modellbau und Modellflug zum Anlaß, 1888 ein Flugzeug zu bauen. Er versah es mit Schwimmern, um damit auf einem See starten und landen zu können.

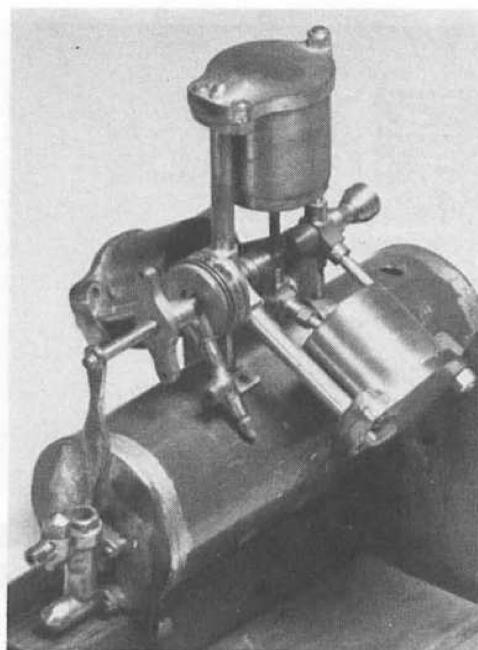
Wegen Übergewicht und zu geringer Motorleistung hob das Flugzeug von der Wasseroberfläche nicht ab, raste an einen Steinwall und versank. Krefß konnte gerettet werden.

Victor M. Tatin (1843–1913), Feinmechaniker und Uhrmacher in Paris, war ein Freund von Pénaud. Er hatte die gleichen Interessen und verfolgte das gleiche Ziel, Flugmodelle und daraus resultierend, mantragende Flugzeuge zu bauen. Auch arbeitete er zusammen mit Santos Dumont an dessen Luftschiffen. Tatin führte 1874 seinen »mechanischen Vo-

**Modell von Lanchester, England (1895).
Darunter Modell von Langley, USA (1901)**



Erster Verbrennungsmotor für Flugmodelle von C. M. Manley, USA (1902).



Prebluftmotor von Hargrave, Australien (1887), Nachbildung

gel« der Société Française de Navigation vor.

Das Modell hatte eine Spannweite von 24 cm und wog 5,15 g. Als Antrieb benutzte er einen Gummimotor nach Pénaud. Trotz der kleinen Abmessungen soll das Modell ohne Startbeschleunigung 15 bis 20 m weit geflogen sein.

Das erste von ihm entwickelte größere Flugmodell war mit einem Prebluftmotor ausgerüstet, der zwei Vierblatt-Luftschauben antrieb. Das Modell, mit einer langen Schnur an einen Mast gefesselt, konnte einige Sekunden um diesen Mast kreisen.

Eine andere Generation schickte sich an, Luftfahrtgeschichte zu machen. Die Form und die Prinzipien eines »Flugapparates« gingen aus den bis dahin gebauten und erprobten Flugmodellen hervor. Die Menschheit stand an der Schwelle einer neuen Ära, an der Schwelle zur Motorluftfahrt. Lawrence Hargrave (1850–1915), Sydney in Australien, wird als einer der methodischsten Erfinder seiner Zeit bezeichnet. Er erfand unzählige Formen von Kastendrachern, machte damit Versuche des Auftriebs und der Stabilität von Flugkörpern. Er baute Modelle mit Uhrwerksantrieb, Gummimotoren, Druckluftmotoren und machte damit ebenfalls aerodynamische Versuche. Er hatte, wie Pénaud, die Wirkung der V-förmigen Flächenstellung und die Bedeutung des Anstellwinkels erkannt. Hargrave glaubte ganz intensiv an die Zukunft der Luftfahrt und meinte, daß es nicht nützlich sei, die Ungläubigen da-

mit zu überzeugen, indem man auf die Erfolge wartet.

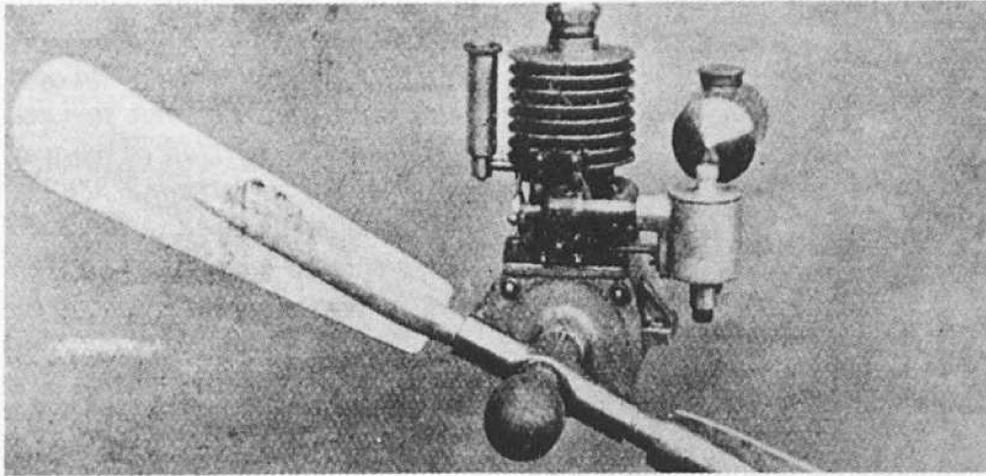
Er sagte: »Man muß sich von dem Gedanken lösen, daß man sich den Erfolg damit sichert, die Ergebnisse seiner Arbeit zu verheimlichen.

Flugmaschinen der Zukunft können nicht auf einmal gebaut werden. Sie müssen sich entwickeln bis sie fähig sind, 100 Meilen weit fliegen zu können.«

Einer der bedeutendsten Theoretiker der Luftfahrt in England war Frederik William Lanchester (1878–1946), Physiker und Luftfahrtforscher. Er betrieb Studien über den Luftwiderstand, über die Seiten- und Richtungsstabilität sowie die Rotationsstabilität. Er versuchte, seine Forschungen durch Flugversuche mit Modellen zu beweisen. Die Ergebnisse legte er in einem umfassenden Werk, »Aerial Flight«, Birmingham 1907, nieder. Ein von ihm gebautes Modell erreichte 1895, nach einem Katapultstart, Flugweiten bis zu 300 Metern.

Dieses Modell könnte, abgesehen von seinem hohen Gewicht, heute noch an Freiflugwettbewerben teilnehmen. Von der Konstruktion her waren diese Modelle mit allen aerodynamisch erforderlichen Einrichtungen versehen, um einen einwandfreien Flug zu gewährleisten.

Samuel Pierpont Langley (1834–1906), Astronom und Leiter des Smithsonian Institution in Washington DC, USA, wurde 1886 zum ersten Mal mit dem mechanischen Flug in Verbindung gebracht. Er machte Versuche an einem Rundlauf mit schräg gestellten Flächen und baute Modelle mit Gummimotoren nach Alphonse Pénaud. Er konstruierte 1891 ein Modell mit Dampfmotor, das nach Augenzeugenberichten einen stabilen Steigflug ausführte und nach 90 Sekunden Flugzeit auf der Wasseroberfläche des Potomac-River landete. Nach seinen Erfolgen beabsichtigte er, seine Versuche und Studien abzubrechen und aufzugeben. Er wurde jedoch vom Präsidenten der USA gebeten, mit staatlichen Mitteln ein Flugzeug unter Berücksichtigung der militärischen Tauglichkeit und Anwendungsmöglichkeit zu bauen. Als Vorversuch zu diesem Projekt baute er ein Modell in ¼ Größe des geplanten Flugappa-



Motor von Hancox, 2-Takt-Motor mit 2200 1/min (um 1909)

rates und konstruierte zusammen mit B. L. Rinehard einen Einzylinder-2-Takt-Benzinmotor, der aber nicht die erwartete Leistung erbrachte, die zum Start eines Modells dieser Größenordnung erforderlich gewesen wäre.

Dieser Motor war übrigens der erste Benzinmotor, der für ein Flugmodell gebaut wurde.

Ein Team unter der Leitung von Professor C. M. Manley, dem auch S. Balsler und C. B. Wells angehörten, konstruierte einen 5-Zylinder-Sternmotor, der nach vielen Schwierigkeiten endlich in das Modell eingebaut werden konnte. Es flog erstmals am 18. Juni 1901. Von Langleys Hausboot aus wurde das Modell mit einem Katapult gestartet, flog mehrere Minuten lang und landete unbeschädigt auf dem Potomac-River.

Durch seine Erfolge mit dem Modell ermutigt, baute er mit seinem Team das geplante Flugzeug und startete es im August 1903 von seinem Hausboot aus, wie schon vorher sein Modell. Leider stürzte das Flugzeug nach dem Start wegen Versagens des Katapults in den Fluß und versank mit all den Träumen Langleys vom ersten Motorflug der Geschichte. Vielleicht stand er auch unter dem Druck der fortgeschrittenen Arbeiten der Brüder Wright und mußte sein Flugzeug zu früh starten.

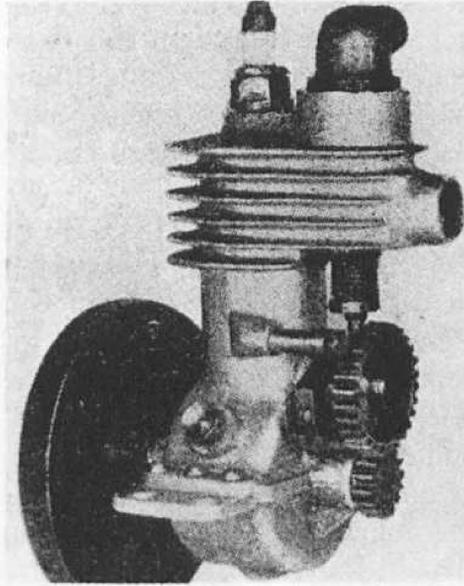
Das Modell und der 5-Zylinder-Sternmotor sind im Smithsonian Institution in Washington DC ausgestellt.

Regierungsbaurat Hofmann, Berlin, entwickelte 1901 ein Flugmodell, das er zuerst als Drachen startete und später im freien Flug

erprobte. Als Antrieb für die Luftschrauben benutzte er zuerst eine Dampfmaschine und danach einen Kohlesäuremotor. Er führte das Modell regelmäßig einem geladenen Publikum vor, das er in eine Turnhalle einlud. Es ist nicht bekannt, ob Hofmann nach dem Modell mit den »Stelzbeinen« weitere Modelle baute.

Als den Brüdern Wright im Dezember 1903 in Kitty Hawk die ersten spektakulären Motorflüge gelangen, wurde der Modellbau von der folgenden stürmischen Entwicklung der Flugtechnik mitgerissen und in eine Richtung geführt, die fast ausschließlich von der Art der Antriebe bestimmt wurde. Dem Gleitflug maß man nicht mehr so viel Bedeutung bei, wie es ihm eigentlich von der Entwicklung her zustehen würde.

Der Funke der Begeisterung sprang über von den mutigen Piloten der neuen Flugmaschinen auf unzählige junge Menschen, die sich nun im Flugmodellbau versuchten, sich in Verbänden und Vereinen zusammenschlossen, um bei Wettbewerben der verschiedenen Modellklassen ihre Konstruktionen im Wettstreit zu vergleichen. Viele die Flugtechnik befruchtende Erkenntnisse konnten aus dem Flugmodellbau gewonnen werden. Zum Beispiel baute Hans Grade freifliegende Modelle, mit denen er Erfahrungen für seinen späteren Flugzeugbau sammelte. Igo Etrich baute um 1904 schwanzlose Modelle, deren Form er dem Zanoniasamen nachempfand. Er erreichte damit Flugweiten bis zu 100 Metern. Die daraus resultierenden Erkenntnisse zog er zum Entwurf und zum Bau seiner »Etrich Taube« heran.

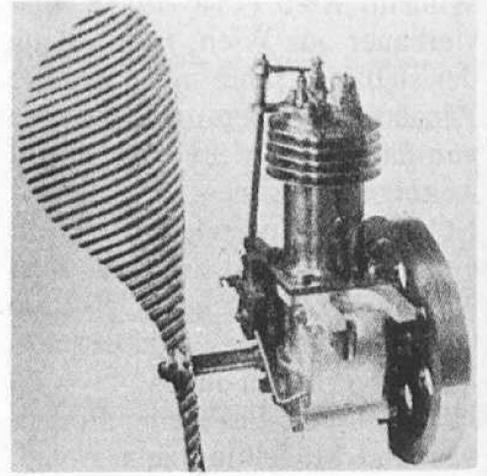


Motor von Timberley von 3/4 PS bei 3200 1/min (um 1909)

Die Entwicklung des Flugzeugbaues dieser Zeit forderte die Jugend geradezu heraus, erfolgreiche Flugzeuge im Modell nachzubauen und zu fliegen. Sehr kleine Modelle konnten mit einem Gummimotor nach Pénaud mit großem Erfolg geflogen werden. Doch stiegen mit den Erfolgen auch die Ansprüche. Es ist nun mal ein allzu menschliches Streben, immer besser, größer, vollkommener und vorbildgetreuer bauen zu wollen. Diese Wünsche setzten jedoch voraus, den dafür erforderlichen Antrieb zu schaffen. Er sollte klein und leicht sein, die Laufzeit sollte mindestens 5 Minuten betragen, und der Anschaffungspreis sollte erschwinglich sein. Diese Vorstellungen waren schon der Kosten wegen nicht realisierbar, und der »brauchbare Antrieb« mußte für die meisten Modellbauer Utopie bleiben.

In England läßt sich die Geschichte des Antriebs für Flugmodelle weiterverfolgen, denn gerade dort wurden Aktivitäten entwickelt, die sich eigentlich für die Flugmodelltechnik hätten befruchtend auswirken müssen. Die Konstruktionen jedoch waren meist Einzelanfertigungen oder kleine Serien, die irgendwo untergetaucht sind oder in irgendeiner Vitrine eines Sammlers landeten.

In der einschlägigen Literatur um 1909 sind Namen von Motorenherstellern zu finden, die für die damalige Zeit und deren technische Möglichkeiten ausgezeichnete Motoren für Flugmodelle bauten. C. Hancox baute luftgekühlte 2-



Motor von Cochrane & Co., England (1909)

Takt-Motoren, B. Timberley baute Einzylindermotoren, J. Davis einen 2-Zylinder-Reihenmotor und die Firmen Cochrane & Co. sowie Automobile and Aerial Supply Co. kleine Benzinmotoren von 1/4 bis 3/4 PS. David Stanger baute 1908 kleine Ein- und Zweizylindermotoren, die geeignet waren, Flugmodelle erfolgreich anzutreiben. Für sein Flugmodell, einen Wright Flyer, baute er schon 1906 einen 4-Zylinder-V-Motor. Stanger baute noch bis 1925 Motoren für Flugmodelle.

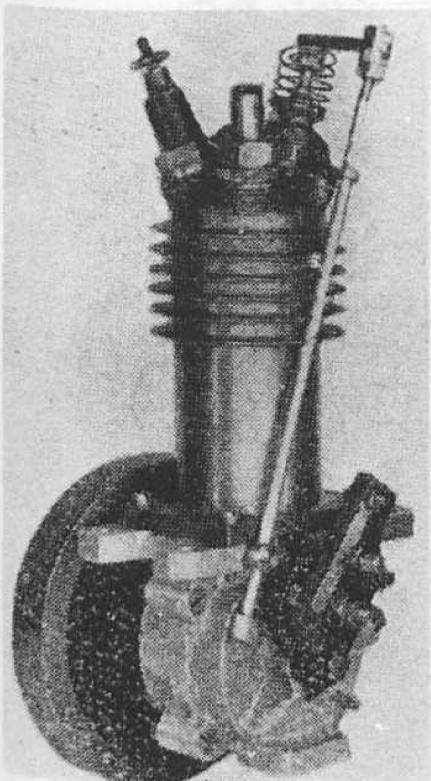
In Frankreich wurden die Brüder Godfrey um 1911 mit einem 2-Zylinder-2-Takt-Motor bekannt, und die Firma Radiguet & Massiol in Frankreich baute um 1912 Zweizylinder-2-Takt-Motoren, die bei einem Gewicht von 4 kg 3/4 PS leisteten.

In Deutschland gingen die Firmen Max Braune, Leipzig, und Zenker in Dresden um 1913 die gleichen Wege im Motorenbau für Flugmodelle. Sicher hat man damals schon erkannt, daß der »Kleinstverbrennungsmotor« eine eigene Entwicklung erfordert und daß dessen Technik anderen Gesetzen gehorcht als bei dem Motor für Kraftfahrzeuge oder Flugzeuge.

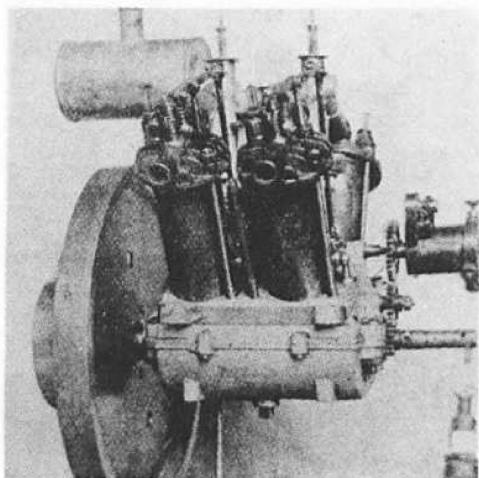
Die Temperaturen lassen sich bei den kleinen Motoren leichter beherrschen, und die kleinen bewegten Massen lassen höhere Drehzahlen zu. So ergibt sich ein Leistungsgewicht, das für andere, große Motoren unerreichbar ist.

Die Firmen Max Braune, Zenker und Sirius fertigten um 1913 kleine Serien von Ein- und Zweizylindermotoren, die allerdings 150 bzw. 250 Goldmark kosteten. Für die damalige Zeit ein stolzer Preis, wenn man in Betracht zieht, daß

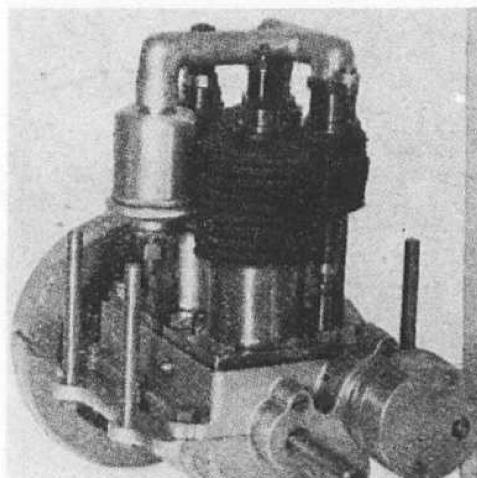
Die Flugmodell technik



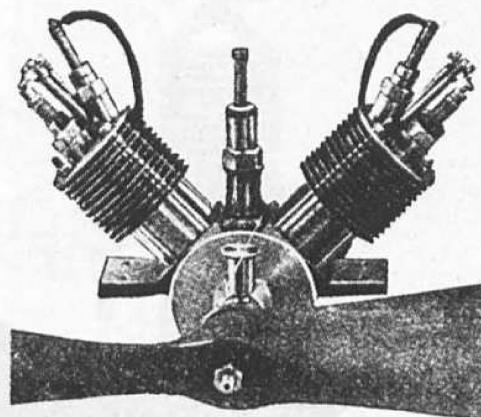
Motor von Automobile and Aerial Supply & Co., England (1909)



4-Takt-Motor von David Stanger, England (1907)



2-Zylinder-Motor von Davis, England (1908)



4-Takt-Benzinmotor von Max Braune, Deutschland (1913)

zu dieser Zeit ein Grundstück auch nicht mehr kostete.

Auch aus Amerika wurde der Bau kleiner Motoren für Flugmodelle bekannt. Benzinmotoren baute die Firma »Baby-Engine Co.« (Ein- und Mehrzylindermotoren – 1912) und nannte sie »Baby«. Die Firma Weiss MFG Torrington Conn. baute ebenfalls einen Motor mit dem Namen »Baby«. Seine Leistung wurde mit $\frac{1}{2}$ PS angegeben. Es ist schon eine große Seltenheit, wenn heute ein Motor aus den Anfangszeiten des Motorenbaus an die Öffentlichkeit gelangt. Sie sind und bleiben verborgen

und bleiben für die Allgemeinheit nicht sichtbar.

Der Preßluftmotor, einst von Tatin und Hargrave angewendet, wurde als billigere Antriebsmaschine, von den Firmen Braune und Saran in Material und Konstruktion wesentlich verbessert, um 1913 angeboten (ein Originalmotor von Braune und Saran befindet sich in der Sammlung des Deutschen Museums und wird in der Gruppe Flugmodelltechnik ausgestellt).

Mit Hilfe dieser Antriebe konnten größere Rumpfmotoren gebaut werden. Die Laufzeit dieser Mo-

torentypen war allerdings nur etwa 60 bis 80 Sekunden.

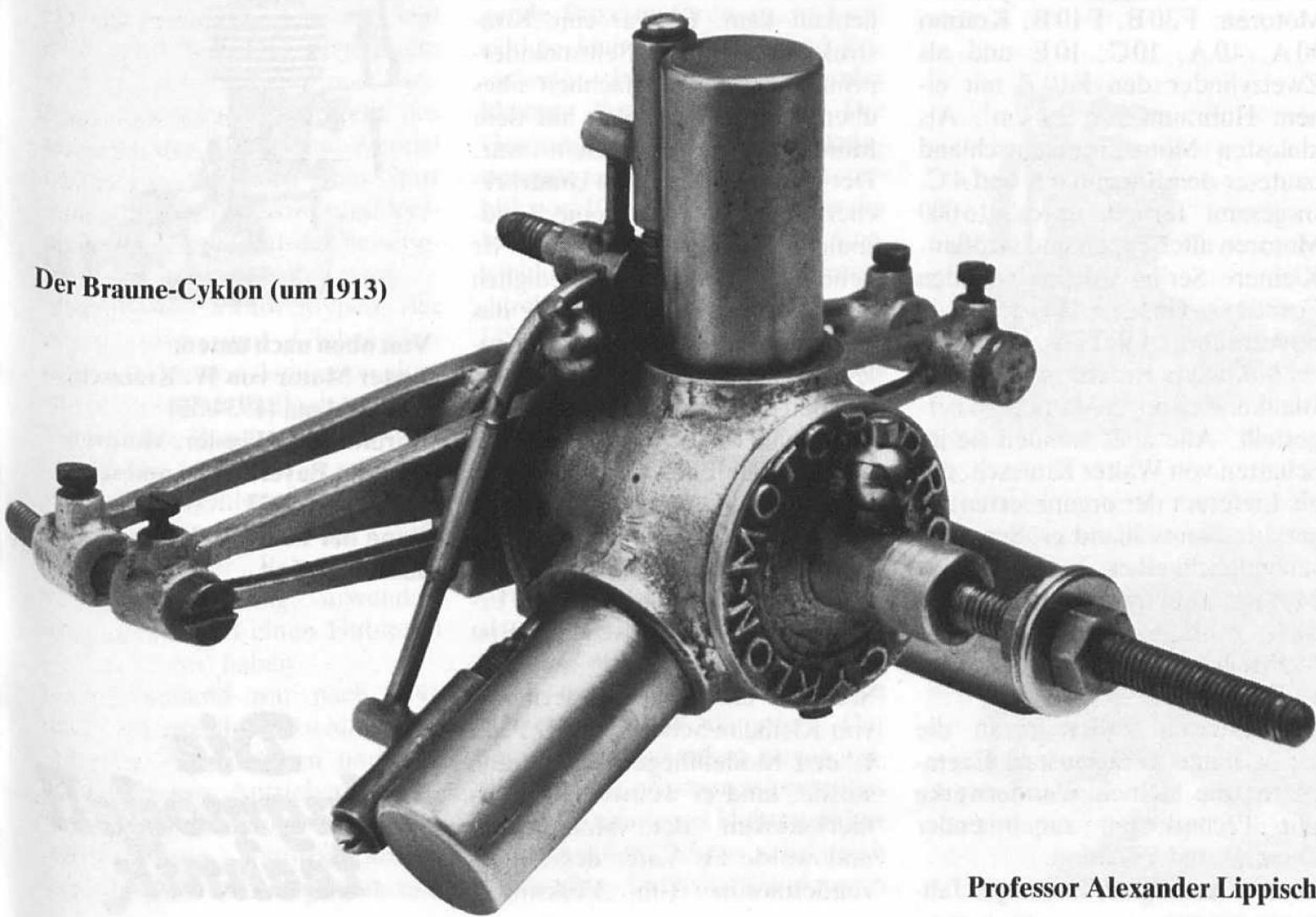
Die Weiterentwicklung der Antriebe in Deutschland und vielleicht auch in anderen Ländern, die von den Kriegswirren nicht verschont wurden, verzögerte sich wesentlich. Nach dem Krieg von 1914 bis 1918 wurden wieder Konstruktionen in Deutschland bekannt, die zu berechtigten Hoffnungen Anlaß gaben.

Helmut Wagenseil in Leipzig, Walter Schnell in Celle und Otto Beyer in Dresden fertigten Benzinmotoren mit Unterbrecher, Zündspule, Zündbatterie und Kondens-

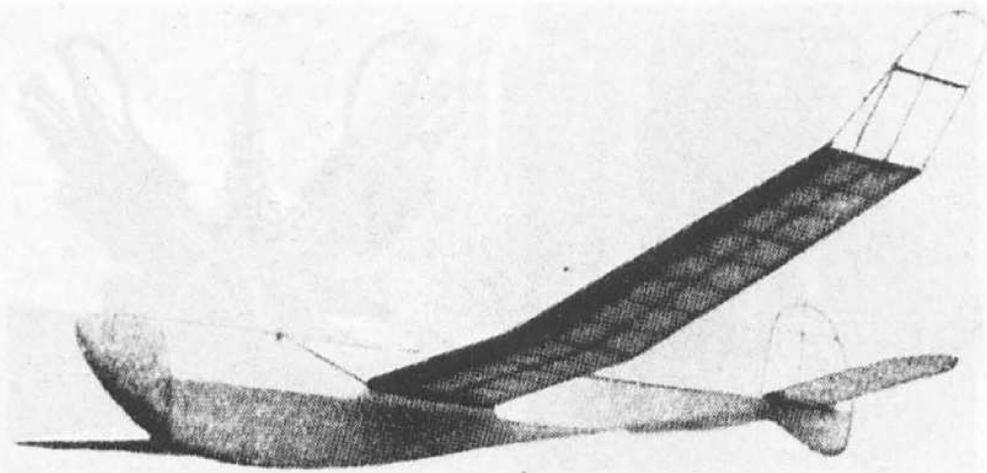
sator. In England, Frankreich und den USA regte sich in zunehmendem Maße wieder die Aktivität im Motorenbau, doch brachten all diese Anstrengungen noch keinen Durchbruch im Flugmodellbau, sei es wegen der Inflation in Deutschland oder der Weltwirtschaftskrise ganz allgemein. Die Not war groß, die meisten Menschen mußten um ihre Existenz kämpfen, und die Freizeitbeschäftigung konnte deshalb nicht finanziert werden. So blieb die Technik einstweilen bei den Gummimotoren und Preßluftmotoren stehen.

Alexander Lippisch, einer der bekanntesten Flugpioniere in Deutschland, begann seine Laufbahn als Modellflieger. Er veröffentlichte um 1925 Pläne und Baubeschreibungen seiner Stabmodell-Konstruktionen mit Gummimotoren. Er beschäftigte sich auch mit dem Bau von Nurflügelmodellen, aus denen er Erkenntnisse für den späteren Bau seiner Flugzeuge gewann.

Der Braune-Cyklon (um 1913)



Professor Alexander Lippisch



Der große Winkler, Hochleistungs-Segelflugmodell (um 1930)

Horst Winkler, Oscar Ursinus (der Rhönvater), Curt Möbius, Walter Pause und Alexander Lipschitz sind die Wegbereiter des Flugmodellbaues in Deutschland der zwanziger und dreißiger Jahre. Sie haben einen wesentlichen Anteil an der Motivation der damaligen Jugend zum Nutzen für die gesamte Luftfahrt.

In Amerika brachte der Ozeanflug von Charles Lindbergh einen ungeahnten Aufschwung und große Begeisterung in den Flugmodellbau. In England ebnete Colonel Bowden die Wege zum Motormodellflug und begeisterte durch großen persönlichen Einsatz die Jugend. Dem Streben kreativer Menschen hat man es schließlich zu verdanken, daß an der Weiterentwicklung des Flugmodellmotors unermüdlich gearbeitet wurde.

Ein frischer Wind blies durch die Lande der Modellflieger, als Bill Brown 1932 in Philadelphia, USA, die Konstruktion eines kleinen, leichten und relativ billigen Benzinmotors gelang. Er nannte ihn den »Brown Junior«. Der Motor hatte einen Hubraum von 10 cm^3 und leistete ca. $0,15 \text{ kW}/0,2 \text{ PS}$ bei 8000 1/min . Er lief sehr konstant, hatte ausreichende Kühlung und konnte dank seiner Konstruktion in beliebiger Lage in ein Modell eingebaut werden. Er war ein echter 2-Takt-Motor mit einem hervorragenden Leistungsgewicht. Durch diesen Motor, der in ein Modell von Maxwell Basset (Miss Philadelphia) eingebaut wurde, erhielt der Modellbau weltweit sehr starke Impulse, und man nennt deshalb heute noch diesen Motor den »Vater des Modellmotors«.

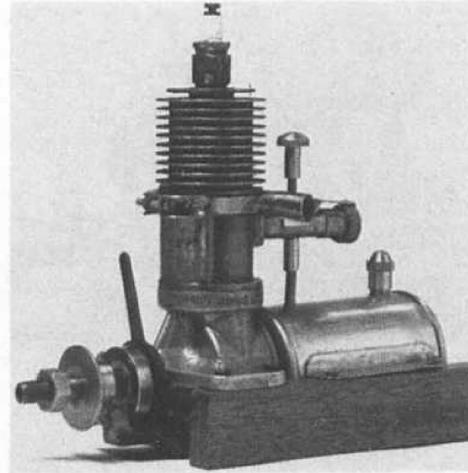
Wie Pilze schossen in Amerika die Motorenfirmen aus dem Boden. Klare Sache, der Anfang war gemacht, und der Markt für dieses Produkt war aufnahmefähig.

Als die Kunde von dem kleinen Wundermotor über den großen Teich nach Europa drang, beschäftigte sich Walter Kratzsch, Ingenieur und Spezialist für langsamlaufende Dieselmotoren in Gößnitz, Kreis Altenburg, mit der Konstruktion eines Flugmodellmotors. Er baute zuerst einen Motor von 29 cm^3 und nannte ihn Kratzsch F 30 B.

Durch die Erfolge ermutigt, gründete er 1935 die Firma Kratzsch Motorenbau Gößnitz/Altenburg. Er baute bis 1945 die Einzylinder-Motoren: F 30 B, F 10 B, Kratmo 30 A, 10 A, 10 C, 10 E und als Zweizylinder den F 10 Z mit einem Hubraum von 19 cm^3 . Als kleinsten Motor in Deutschland baute er den Kratmo 4 A und 4 C. Insgesamt fertigte er ca. 16000 Motoren aller Typen und Größen. Kleinere Serien wurden von den Firmen Hans Häusler in Bayerbrunn, ORTUS in München, Gustav Eisfeld in Gera und Blankenmeister in Mannheim hergestellt. Alle aber standen sie im Schatten von Walter Kratzsch, der als Lieferant der organisierten Jugend in Deutschland größere Absatzmöglichkeiten hatte. (Diese Motoren sind mit einigen Ausnahmen in den Sammlungen des Deutschen Museums für die Nachwelt erhalten.)

Das Ausland, allen voran die USA, baute in zigtausend Exemplaren die kleinen Wunderwerke der Technik mit zunehmender Qualität und Präzision.

Wurde Anfang der zwanziger Jah-

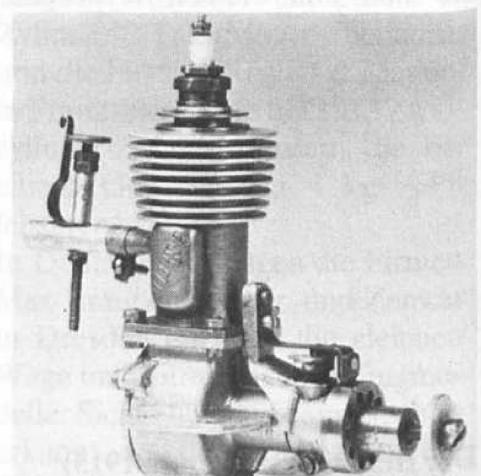
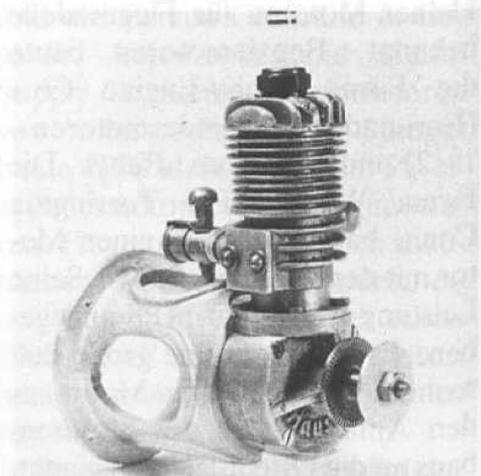
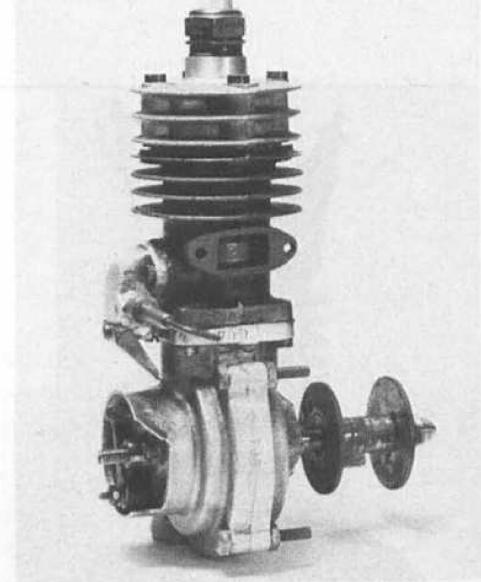


Brown-Junior-D, Vater des Modellmotors (1932)

re bei Wettbewerben hauptsächlich nur mit Gleitern und Gummimotormodellen geflogen, so gesellten sich nun in zunehmendem Maße die mit Benzinmotoren ausgerüsteten Modelle dazu. Große Wettbewerbe wurden veranstaltet, und die Modellflugjugend des In- und Auslandes traf sich zu Vergleichen ihrer Modellkonstruktionen, die durch den Ausbruch des Zweiten Weltkrieges ihr vorläufiges Ende fanden.

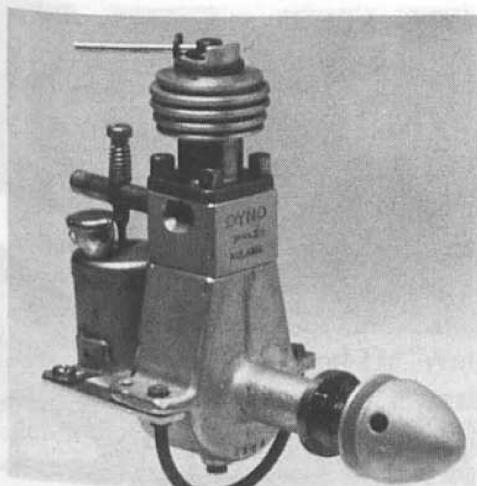
Die stete Suche nach leichteren und einfacheren Antrieben führte zu einem Prinzip, das eigentlich unter den Motorenbauern schon länger bekannt war und schon 1927 in einem Patent von Ernst Thalheim, Schweiz, an die Öffentlichkeit kam. Es war eine Konstruktion nach dem Selbstzündprinzip, das an Einfachheit alles übertraf, was bis dahin auf dem Motorenmarkt erschienen war. Der Motor hatte keinen Unterbrecher, keine Batterie, keine Zündspule und keinen Kondensator. Er benötigte zum Betrieb lediglich den Kraftstoff. Er entzündete das angesaugte Gemisch aus Petroleum, Rizinusöl und Äther mit der eigenen Kompressionswärme.

Der ideale Motor für den Flugmodellbau war entdeckt. Doch die wirtschaftliche Not in der ganzen Welt unterband die Ausbreitung des Selbstzündmotors, und Ernst Thalheim fand für seine Erzeugnisse keinen Absatz. Erst 1942, als wiederum aus der Schweiz ein Selbstzündmotor von Klemenz-Schenk, der DYNOL, den Modellfliegern angeboten wurde, fand er weltweit die Aufmerksamkeit der Modellbauer und wurde als Vater des Selbstzündmotors (im Volksmund



**Von oben nach unten:
Erster Motor von W. Kratzsch,
Deutschland (1934/35)
Darunter H. Häusler, Motoren-
bauer in Bayerbrunn, und sein
Motor von 1937
Dann der Eisfeld B II, ebenfalls
aus dieser Zeit**

**Die
Flugmodell-
technik**



DYNO I, ein Selbstzündermotor aus der Schweiz (1942)

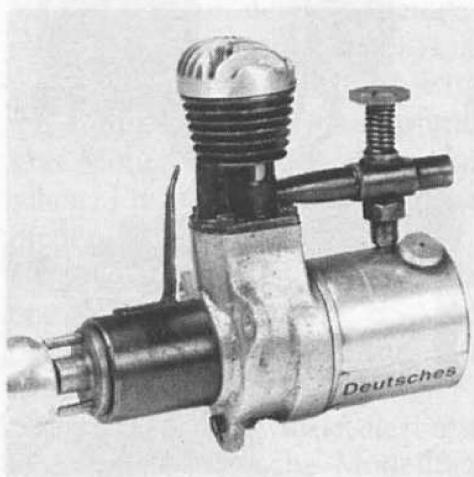
Diesel genannt) anerkannt. Die charakteristische Form des DYNO I wurde in mehreren Ländern der Erde häufig kopiert.

In Deutschland baute Walter Kratzsch um 1943 vier und Gustav Eisfeld in Gera zwei Typen des neuen Motorentyps.

In England bauten nach dem Kriege die Firmen Mills Bros. und Electronic Development (E. D.) Motoren des neuen Typs in hervorragender Qualität. In Amerika dagegen konnte der Diesel nicht so recht Fuß fassen. Vielleicht deswegen, weil Ray Arden 1947 in USA den Glühzündermotor entwickelte und auf den Markt brachte. Der Motor wird mit einer Glühkerze, die an eine elektrische Spannung von ca. 2 V angelegt wird, gestartet. Das angesaugte Gemisch aus Methanol und Rizinusöl entzündet sich während des Laufs an der glühenden Wendel der Kerze, das nach dem Start durch die Kompressions- und Verbrennungswärme auf der benötigten Temperatur gehalten wird.

Diese beiden Motorentypen, der Selbstzünder- und Glühzündermotor, bereiteten dem guten alten Benzinmotor vorläufig das »Aus«. Die letzten Benzinmotoren wurden in den USA von den Firmen Mc Coy und Ohlsson bis ca. 1950 gebaut. Heute werden für Großmodelle wieder Benzinmotoren mit Magnetzündung verwendet, die in der Regel einen Hubraum von ca. 35 cm³ haben.

In Deutschland war nach 1945 durch Kontrollratsbeschluß der Bau von Flugmodellen und den dazugehörigen Antrieben verboten und wurde offiziell erst wieder 1952 gestattet. Natürlich wurde illegal vorher schon gebaut und

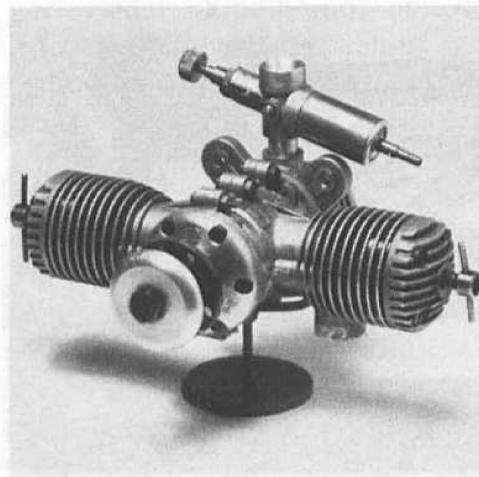


Kratmo 06, ein Dieselmotor von W. Kratzsch (um 1943)

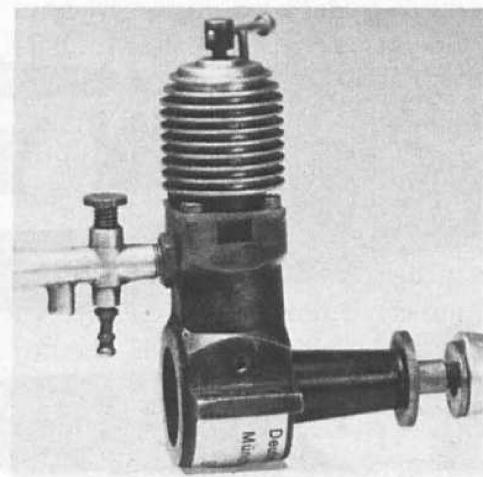
geflogen, doch mancher Modellflieger mußte seinen Enthusiasmus mit einigen Tagen Arrest bezahlen.

Neue Herstellerfirmen für Selbstzündermotoren etablierten sich in der Bundesrepublik Deutschland und brachten neue Konstruktionen auf den Markt, der sie aufsaugte wie ein Schwamm das Wasser. Der Nachholbedarf war ungeheuer.

Zu den bedeutendsten Firmen in der Bundesrepublik gehörten seit 1948 die Firmen F. Richter (RID), Hans Hörnlein, er stellte die TAIFUN-Serie her, Webra Berlin, Röhner in Unterreichenbach, Fritsche in Berlin, F. Ruppert in Heppenheim, er fertigte hervorragende Boxermotoren an, und unzählige kleinere Firmen und Privatleute, die Einzelstücke oder kleinere Serien anfertigten: Die Gesamtproduktion von Selbstzündermotoren in der Bundesrepublik von 1950 bis 1980 dürfte in die Millionen gehen. Durch die Entwicklung des Glühzündermotors durch Ray Arden 1947 in den USA, dessen Eigenschaften im Hinblick auf die immer populärer werdende Fernsteuerung für das Flugmodell geeigneter erschienen, erhielt der Glühzündermotor immer mehr den Vorzug gegenüber dem Selbstzündermotor. Durch die langsamere Verbrennung und den niedrigeren Ladungsdruck ist der Glühzünder erschütterungsärmer im Lauf, läßt sich besser drosseln, und das Auspuffgeräusch läßt sich besser dämpfen. Der Diesel war außerdem wegen seines harten Kompressionsstoßes nur in den unteren Hubraumklassen von 0,8 bis 3,5 cm³ erfolgreich anwendbar. In Deutschland waren



Boxermotor von F. Ruppert in Heppenheim (um 1950)

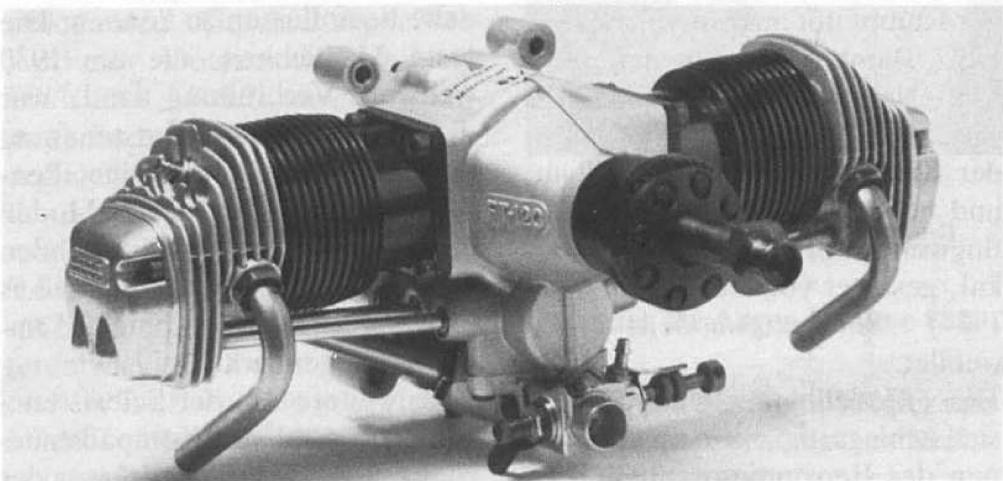
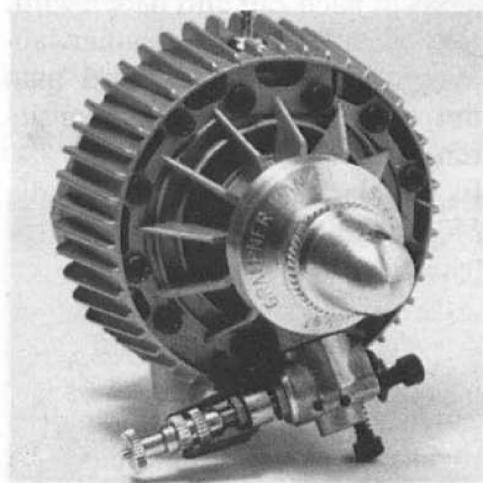


Der Mills-Diesel aus England (1950)



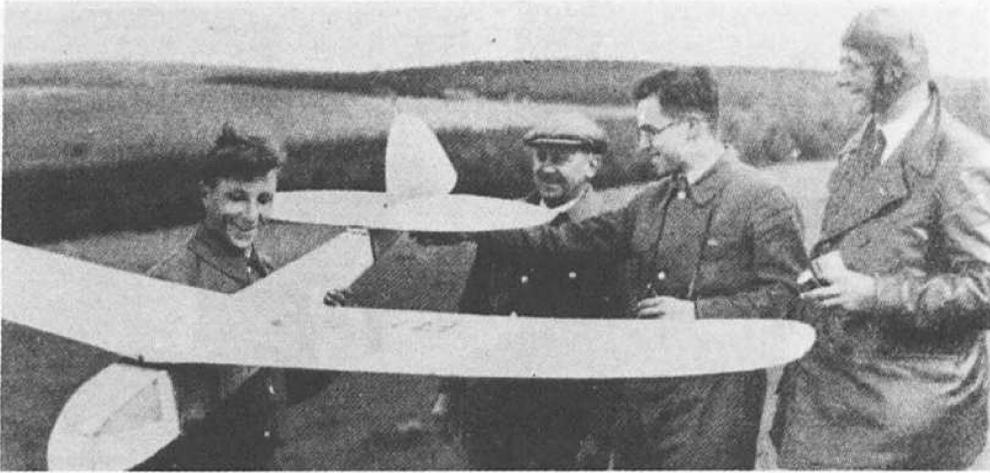
Links: 1. Glühzündermotor, Arden USA (1947)

**Darunter: Der Viertakter OS-FS 60 »Max« (1981)
Daneben: Motor nach dem Wankelprinzip (um 1980)**



4-Takt-Boxermotor OS-FT 120 (1981), einer der Besten seiner Art

Die
Flugmodell
technik



1. elektromagnetisch ferngesteuertes Modell von Lippitsch/Sykora (1936). Von rechts: Lippitsch, Sykora, Menzel und Klose auf der Wasserkuppe

ter den Modellmotoren. Die Palette reicht von $0,3 \text{ cm}^3$ bis 25 cm^3 , das entspricht $0,07 \text{ kW}$ bis $1,87 \text{ kW}$ (2,5 PS). Sein Lärmpegel ist trotz der Schalldämpfung aber immer noch unangenehm hoch, und unter dem wachsenden Druck der Umwelt-Bestimmungen sucht man natürlich nach neuen Wegen im Flugmodell-Motorenbau. Das Vorschalten eines Getriebes zur Herabsetzung des Propellergeräusches bringt nur teilweise einen Erfolg, dagegen glaubt man im 4-Takt-Motor eine gangbare Lösung gefunden zu haben. Durch das 4-Takt-Prinzip ist die Zündfrequenz naturgemäß um die Hälfte niedriger als beim 2-Takter, was einen wichtigen Schritt in der Lärmbekämpfung bedeutet und aller Voraussicht nach Zukunft haben wird. Die Nachteile des langsamer laufenden 4-Takt-Motors wird man mit anderen Mitteln kompensieren müssen.

Es ist klar zu erkennen, daß die Möglichkeiten des Flugmodellbaus schon von Anfang an von der Art und der Leistungsfähigkeit des Antriebs bestimmt wurden.

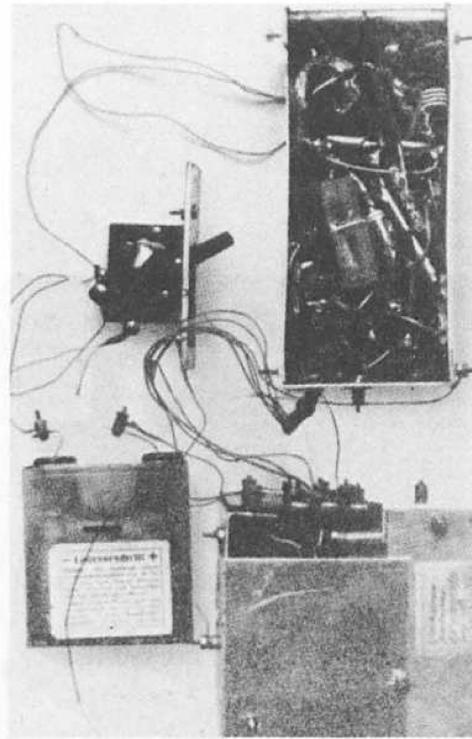
Die mit Gummimotoren ausgerüsteten Flugmodelle waren anfangs sogenannte Stabrumpfmodelle. Wie schon der Name sagt, besteht der Rumpf nur aus einem Stab aus Holz, Bambus oder einem Papierrohr. Neben den Rumpfmodellen waren sie über viele Jahre hinweg der Standard im Flugmodellbau, und heute noch werden für Freiflugwettbewerbe (Wakefield-Pokal, gestiftet von Lord Wakefield 1927) Stabrumpfmodelle verwendet.

Die Modellbautechnik änderte sich schlagartig mit dem Erscheinen des Benzinmotors 1932. Die

Modelle wurden größer, ansprechender, aber auch schwerer und komplizierter im Bau. Es war eine Herausforderung an die Modellbauer, leichter zu bauen und leistungsfähigere Profile zu entwickeln.

Professor Ludwig Prantl in Göttingen untersuchte Profile für Flugmodelle um 1928, und 1952 entwickelte Professor R. Eppler Profile speziell für den Modellbau, die in einer Veröffentlichung zusammengefaßt sind. Sie ermöglichen zusammen mit den amerikanischen NACA-Profilen den heutigen Leistungsstand der Flugmodelle im Verein mit modernen Materialien und Bauweisen. Der Modellbau nach dem Krieg hat sich zu einer Perfektion entwickelt, die heute besonders an Scale-Modellen zum Ausdruck kommt. In der Frühzeit des Modellfluges, oder besser gesagt, seit man überhaupt mit Modellen fliegt, werden die fliegenden Gebilde zwangsweise gesteuert. Das heißt: Die Modelle flogen mit fest eingestellten Rudern, abhängig von der Windrichtung und der Thermik. Es ist verständlich, daß sich die Modellflieger damit nicht zufrieden geben wollten und nach Möglichkeiten suchten, die Flugbahnen ihrer Modelle beeinflussen zu können. Die erste Möglichkeit, die um 1930 weltweit Verbreitung fand, war die sogenannte Selbststeuerung mit einem Pendel, also eine »Pendelsteuerung«. Ein in das Modell eingebautes Pendel war dermaßen mit dem Ruder verbunden, daß es einer unerwünschten Fluglage immer entgegenwirkte.

Eine weitere Art der Selbststeuerung war die »Kompaßsteuerung«. Eine Magnetnadel war der



Fernsteuer-Empfänger von Egon Sykora für dieses Modell

Kontaktgeber einer elektrischen Anlage, die für die Dauer der Kontaktgabe über ein Relais das entsprechende Ruder lenkte.

Weit verbreitet war die Magnetsteuerung, die von Hans Gremmer von 1952 bis heute zu einer ausgereiften Perfektion entwickelt wurde. Ein starker Magnet ist direkt mit dem Seitenruderelement eines Modells fest verbunden und beeinflußt das Modell dann, wenn es durch äußere Einflüsse seine vorgegebene Richtung ändert. Diese Art der Selbststeuerung benötigte keine elektrische Einrichtung und wird heute noch zur Steuerung von Freiflugmodellen verwendet.

Weitere Versuche wurden mit »Lichtsteuerungen«, die mit einem Fotoelement und einer elektrischen Anlage arbeiteten, unternommen. Steuerungen, die auf ein akustisches Signal reagierten, und mechanische Steuerungen, die Steuerbefehle über Kurvenscheiben und Hebel übermittelten, konnten sich nicht durchsetzen. All diese Versuche wurden zwangsläufig durch das Verbot der Funk-Fernsteuerung in Deutschland ausgelöst.

Die Fernsteuerung mit elektromagnetischen Wellen, ohne die heute der Modellflug, der Schiffmodellbau und der Automodellbau undenkbar wären, ist in ihrem Prinzip schon relativ alt.

Ansätze zur drahtlosen Fernsteuerung gab es schon seit 1914. Sie stammten von Ch. Wirth, Nürnberg, der wohl die erste drahtlose Fernsteuerung praktizierte. Eine Fernlenkung nach Röwer-Mauracher war (1914) dazu vorgesehen, Luftschiffe, Flugzeuge und Lufttorpedos fernzulenken. In der



Karl-Heinz Stegmaier bei der EM in Antwerpen 1957

Praxis hat sich diese Fernlenkung aber als sehr anfällig, in der Frequenz instabil und in der Handhabung noch als sehr schwierig erwiesen. Man beschränkte sich daher auf die Fernlenkung von Wasserfahrzeugen.

Ende der zwanziger Jahre machte die Deutsche Reichsmarine Fernlenkversuche mit den Zielschiffen »Zähringen« und »Hessen«. Erwähnenswert sind noch die Versuche eines Herrn Schmiedel aus Graz, der um 1930 Experimente mit ferngelenkten Postraketen machte.

Mit der fortschreitenden Entwicklung der Elektronenröhren und des sich ständig verkleinernden Röhrenvolumens rückte auch die Fernsteuerung für Flugmodelle in den Bereich des Machbaren. Bei einem Modellflug-Wettbewerb auf der Rhön, Pfingsten 1936, gelang dem Modellbauer Alfred Lippitsch und dem Studenten Egon Sykora, in Zusammenarbeit mit E. Klose und A. Menzel, alle aus Dresden, der erste funk-ferngesteuerte Flug mit einem Segelflugmodell.

Das Modell flog einwandfrei Links- und Rechtskurven und landete anschließend glatt neben dem Startgelände. Die zu gleicher Zeit durchgeführten Versuche von Sinn und Merkner brachten zu diesem Zeitpunkt nicht den gewünschten Erfolg. Der Flug von A. Lippitsch / E. Sykora war der erste Fernlenkflug in Deutschland und soweit bekannt in der ganzen Welt. Eine bahnbrechende Entwicklung in der Steuerungstechnik allgemein und nicht nur für den Flugmodellbau. Unmittelbar nach dem erfolgreichen Flug des Segelflugmodells wurde die Verwen-

Die Flugmodelltechnik

dung von Fernlenkanlagen in Deutschland verboten. Man befürchtete, daß diese Anlagen militärische und zivile Funkdienste stören würden; außerdem waren Fernlenkanlagen für den militärischen Bereich von größtem Interesse und schon deshalb verboten. Aus Amerika wurde bekannt, daß 1937 Chester Lanzo und Dr. Walter Good bei Wettbewerben ferngelenkte Modelle flogen und daß der Pilot und Modellflieger Paul

Whittier ein größeres Flugmodell mit einem Boxermotor (1938) entwickelte, welches von der Erde aus ferngesteuert werden konnte. Das Modell sollte der amerikanischen Flugabwehr als Schußziel dienen.

Dr. Walter Good war einer der ersten Flugpioniere der USA für den ferngelenkten Flug mit Modellen.

Nach dem Krieg wurde die Fernlenkung für deutsche Modellflie-

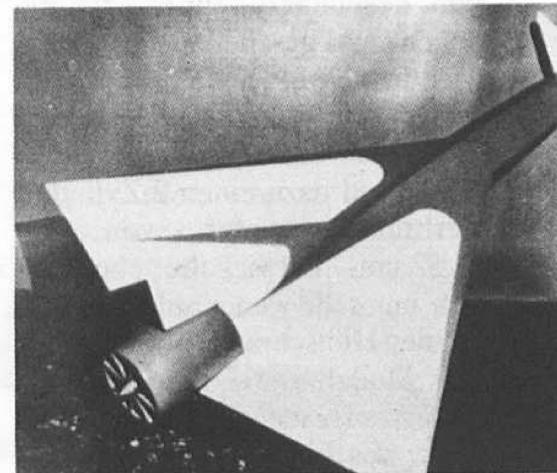
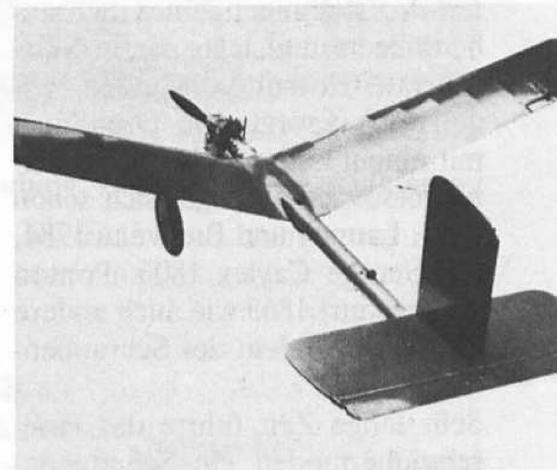
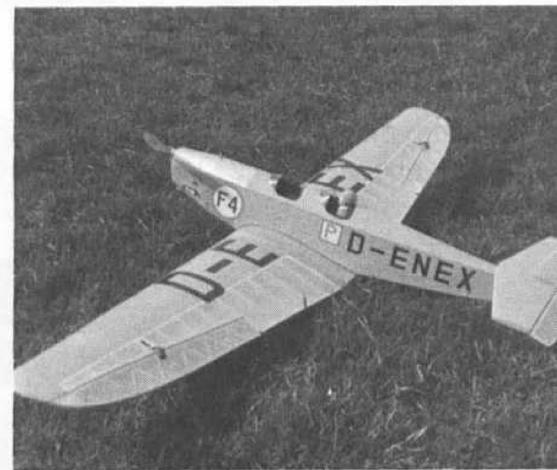
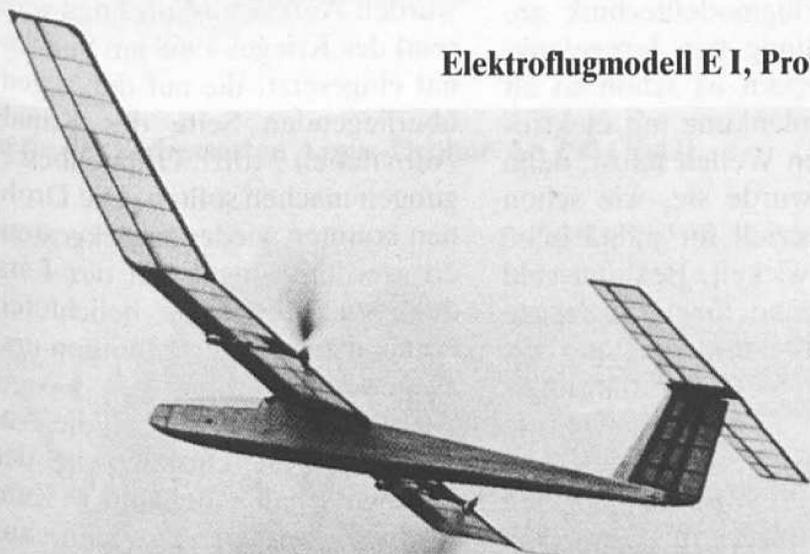
ger wieder aktuell und, obwohl offiziell nicht erlaubt, schon seit 1947 mit Material aus Wehrmachtsbeständen die Fertigung von Fernlenkanlagen betrieben. Friedrich Tröger aus Fürstfeldbruck war ein Mann der ersten Stunde des Flugmodellbaues in Deutschland nach dem Kriege. Er baute und veröffentlichte seit 1943 die ersten Fernlenkanlagen mit Röhren. Das übertragene Kommando, ein unmodulierter HF-Träger, steuerte über ein Relais einen Schaltstern, der direkt mit dem Seitenruder eines Modells gekoppelt war und die Kommandos in der Reihenfolge links-rechts-links zwangsläufig ausführte. Dies war die erste Einkanal-Fernsteuerungsanlage. Friedrich Tröger fertigte außerdem seit 1947 einen Selbstzündermotor »Blitz«. Später wurde der Motor als Selbstbaumotor in Fachzeitschriften veröffentlicht.

Tröger brachte die erste Glühkerze in Deutschland auf den Markt. Die Herren Gödecker und Muschner beschäftigten sich ebenfalls mit der Konstruktion und Herstellung von Fernsteuerungsanlagen seit 1949. Eine Neuerung brachte Karl-Heinz Stegmeier, ein bekannter Modellflieger aus Offenbach/Main. Er entwickelte eine Fernsteuerung mit Tonfrequenz-Modulation für mehrere Steuerungsmöglichkeiten. Der Empfänger im Modell demodulierte die Tonfrequenz über ein »Zungenrelais« und gab die Steuerbefehle an Magnetventile, die, an eine Vakuumpumpe angeschlossen, Ruderzylinder steuerten. Dies war die erste voll funktionsfähige »Mehrkanal-Fernsteuerungsanlage« in Deutschland. Diese Steuerungsart war um 1950 ungewöhnlich und Stegmeier errang mit einem so gesteuerten Modell 10 deutsche Meisterschaften, 3 Europameisterschaften und erlangte den Geschwindigkeitsrekord für Motormodelle mit 58 km/h (das Modell und die Fernsteuerungsanlage sind im Besitz des Deutschen Museums und werden in der neuen Gruppe »Flugmodelltechnik« ausgestellt).

Verdrängt wurde diese pneumatische Steuerungsart durch die Weiterentwicklung der Elektronik und die Verwendung von elektrischen Tonfrequenzfiltern. Im Zusammenhang mit dieser Entwick-

lung ist besonders Hans Schumacher, München, hervorzuheben. Er hat auf diese Steuerung ein Patent erhalten und damit maßgeblichen Anteil an der Entwicklung von modernen Fernsteuerungsanlagen mit mehreren Kanälen nach dem »Tonfrequenz-Filterprinzip«. Er entwickelte zu den Fernsteuerungen die entsprechenden Rudermaschinen, darunter die bekannte »Bellamatic II«, von der allein über 500 000 Stück gebaut

Elektroflugmodell E I, Prototyp (1973)



Von oben nach unten:
Oben die naturgetreue Nachbildung einer KL-25
Darunter die Argus-Drohne von 1942
Ganz unten der Delta-Flügler von A. Lippisch, ebenfalls eine Drohne (USA)



Modellflugwettbewerb Větrník, Freiflug magnetgesteuert

Literaturnachweis:

Ch. Dollfus u. H. Bouche – Histoire de L'Aeronautique, F. L. Neher – Wunder des Fliegens, G. Wismann – Geschichte der Luftfahrt, P. L. Biegenwald – Flugzeugmodellbau, M. J. B. Davy – Henson and Stringfellow, F. W. Langhester – Aerodynamik, A. Lippisch – Ein Dreieck fliegt, E. Rabe – Modellflug gestern und heute, R. B. Meyer – Jr. Langley's Model Aero Engines, J. W. R. Taylor – Luftfahrt, Deutsche Luftwacht – Modellflug, Der Deutsche Sportflieger, Dr. Paul Carlson – Der Mensch fliegt, Flugmodelltechnik, Luftfahrt international, 25 Jahre Modellflug im DAeC

wurden. Heute noch fertigt die Firma Schumacher moderne Rudermaschinen für Digital-Proportionalanlagen.

In England wurden von der Firma Electronic Development (E. D.), Surrey, nach dem Krieg Fernlenkanlagen produziert, die in der ganzen Welt Rang und Namen hatten. Amerika, verschont von den Kriegswirren, konnte sich in jeder Richtung der Flugmodelltechnik ungestört weiterentwickeln und nahm in vielen Belangen des Flugmodellbaues eine Vormachtstellung ein.

Eine Abart des Flugmodells mit Tragflächen ist der Modell-Hubschrauber, früher auch Schraubenzieger oder Drehflügler genannt. Seine Geschichte reicht weit zurück bis zu Leonardo da Vinci. Er hatte die ersten konkreten Vorstellungen eines Schraubenziegers und legte sie in Skizzen fest. Er baute davon ein Modell und bewegte die Drehflügel mit einem Federwerk. M. W. Lomonossov beschäftigte sich schon 1754, Launoy und Bienvenu 1784, Sir George Cayley 1806, Ponton d'Amécourt 1865 wie auch andere mit dem Problem des Schraubenziegers.

Sehr lange Zeit führte das Hubschraubermodell ein Schattendasein gegenüber den Flächenmodellen. Abgesehen von einem wichtigen Modell, das Henrich Focke 1932 als Forschungsmodell für seinen Hubschrauber FW 61 baute und dazu einen 2-Zylinder-Verbrennungsmotor von $2 \times 33,5 \text{ cm}^3$ entwickelte, bewegte sich nur sehr wenig auf dem Sektor des Hubschraubermodells.

Das Modell von Focke-Wulf war das erste Hubschraubermodell der Welt, das bis zu 18 m hoch flog (das Modell ist im Besitz des Deutschen Museums und soll in der Halle für Luft- und Raumfahrt ausgestellt werden).

Sogenannte Funktionsmodelle wurden schon seit 1941 in Amerika gebaut und im freien Flug erprobt. Aber erst die Funk-Fernsteuerung und die Entwicklung

des Glühzündermotors als geeignetem Antrieb brachten das ferngelenkte Hubschraubermodell in die Hände des Modellfliegers.

Dieter Schlüter, Mühlheim/Main, ist es zu verdanken, daß der Hubschrauber als Flugmodell in Deutschland und in der ganzen Welt populär wurde. Dieter Schlüter konstruierte 1967 ein Modell des Bell Hue Cobra und flog es erstmals 1970. Das Modell hatte Weltpremiere, und man nennt deshalb 1970 das Geburtsjahr des RC-Hubschraubermodells.

Eine Vielzahl von Modellfliegern interessierte sich für das neue Gerät, und eine Welle der Begeisterung löste die Nachfrage nach entsprechenden Modellen und Bauteilen aus, die von den Herstellerfirmen nur mit großer Mühe bewältigt werden konnte. Die Ernüchterung ließ allerdings nicht lange auf sich warten, denn das Hubschraubermodell ist nicht leicht zu steuern und ist auch nicht jedermanns Sache. Man benötigt dazu viel Einfühlungsvermögen, Konzentrationsfähigkeit und noch mehr Übung.

Im Laufe der folgenden Jahre erflogen sich Könner des Hubschrauber-Modellfluges mehrere Weltrekorde in Strecke und Höhe.

Die Zukunft der Entwicklung des Hubschraubermodells steht noch weit offen und ist mit abhängig von den wirtschaftlichen Möglichkeiten der Modellflieger und nicht zuletzt von den Umweltschutzbestimmungen der Länder.

Hubschraubermodelle werden wegen der sehr schwierigen Herstellung der Rotormechnik hauptsächlich industriell gefertigt und in Bausätzen den Modellbauern angeboten.

Der Elektro-Segelflug ist das jüngste Kind der Flugmodelltechnik, und wie der Name schon sagt, werden diese Modelle mit einem umweltfreundlichen Elektromotor angetrieben. Diese neue Technik wurde in Deutschland durch Fred Militky versucht und brachte 1959 erste Erfolge. Er experimentierte mit einem Solarzellen-Antrieb und brachte damit ein leichtes Segelflugmodell zum Fliegen.

»Elektro-Motormodelle« wurden im Versuch erprobt, doch bleibt das Problem Nr. 1 der leistungsfähige Akkumulator und damit ver-

bunden die für viele Modellflieger umständliche Aufladung der Akkus. Die Höchstflugdauer eines Modells mit Elektroantrieb beträgt auch nur etwa 5 Minuten. Vielleicht ist deshalb der Weg zum Elektroflug so mühsam und weniger interessant als der Modellflug mit Verbrennungsmotoren.

Die »Drohne«, ein von der Erde aus ferngesteuertes Flugmodell besonderer Bauart und gesonderten Anwendungsgebietes, gehört einem Bereich am Rande der allgemeinen Flugmodelltechnik an. Die Vorstellung von ferngelenkten Flugkörpern ist schon so alt wie die Fernlenkung mit elektromagnetischen Wellen selbst, denn schließlich wurde sie, wie schon erwähnt, speziell für militärische Zwecke entwickelt. Bekannt sind seit 1937 Pläne für ferngelenkte Drohnen als Zieldarstellung für die Flugabwehr. Zu Aufklärungszwecken im Frontbereich wurde von Argus Berlin 1942 das Gerät »Fernfeuer« AS 292 nach Plänen von Dr. Goßlau, die von 1937 stammten, entwickelt. Anfänglich war die AS 292 ein einfaches Flugmodell, das mit einem 2,5-PS-Argus-Flugmodell-Motor ausgerüstet war. Im Laufe der Entwicklung dieses Geräts wurden mehr Reichweite und größere Nutzlast gefordert. Ein stärkerer Motor und ein größerer Rumpf wurden dieser Forderung gerecht.

Das Flugmodell hatte eine Spannweite von 2,40 m und eine Länge von 2,30 m, ein Abfluggewicht von 30 kg und eine Fluggeschwindigkeit von 100 km/h. Als Nutzlast konnte die AS 292 bis zu zwei Kameras aufnehmen. Von den AS-292-Typen wurde 1942/43 eine Serie von 100 Stück produziert.

Alexander Lippisch, der nach dem Krieg in den USA an Deltaflüglern arbeitete, entwickelte 1950 bei der Collins Radio Co. Drohnen mit Deltaflügeln, die von einem 2,5-PS-Dooling-Flugmodellmotor angetrieben wurden. Außerdem entwickelte er Hochgeschwindigkeitsdrohnen mit Strahltriebwerken.

Drohnen wurden nach dem Krieg in Deutschland hauptsächlich für Forschungszwecke und in der Landwirtschaft im Dienst der Schädlingsbekämpfung eingesetzt, während in den USA bevorzugt militärische Drohnen, sogenannte

»Remotely Piloted Vehicles« (RPV) entwickelt wurden. Eine der am längsten und vielseitigsten eingesetzten Drohnen in USA ist die Ryan »Firebee« mit einer Fluggeschwindigkeit von 740 km/h und einer Reichweite von 280 km. Moderne RPVs werden mit speziellen Fernsehkameras für Tag- und Nachteinsätze ausgerüstet, und es gibt im militärischen Bereich kaum eine Situation, bei der RPVs nicht eingesetzt werden können. In Israel zum Beispiel wurden Aufklärungsdrohnen während des Krieges 1968 am Suezkanal eingesetzt, die auf der gegenüberliegenden Seite des Kanals Aufnahmen von Truppenbewegungen machen sollten. Die Drohnen konnten wieder zurückgesteuert werden, gingen bei der Landung zu Bruch, die belichteten Filme aber konnten geborgen und ausgewertet werden.

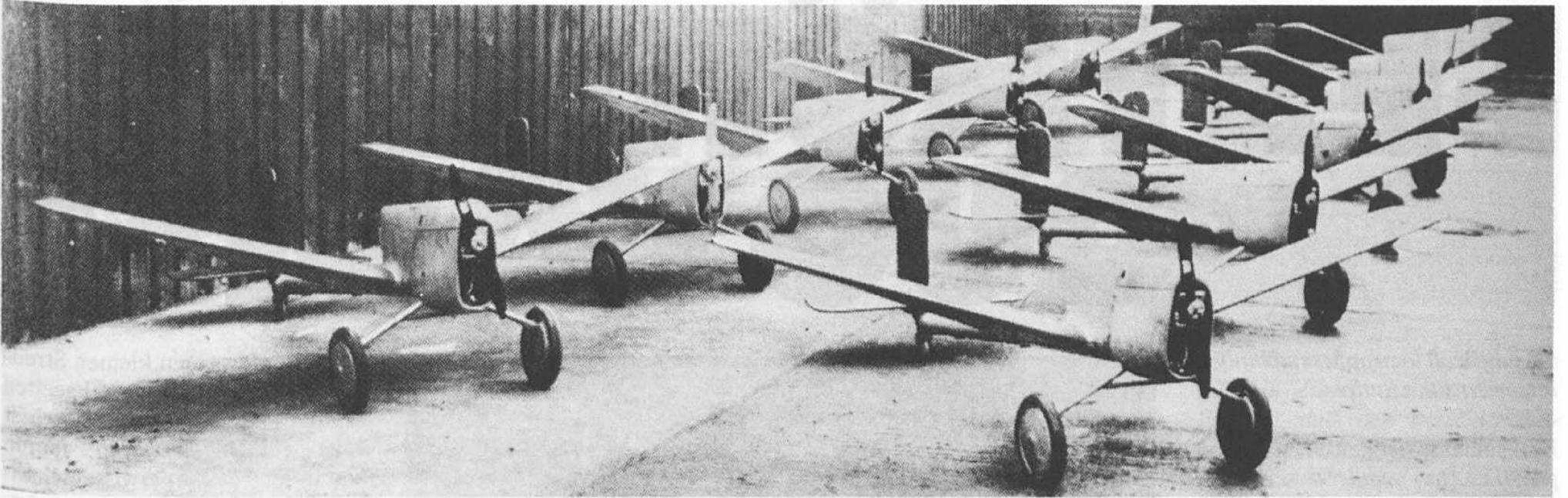
Aus Rußland ist lediglich die Anwendung von Drohnen in der Landwirtschaft bekannt. Zum Beispiel werden Drohnen zur Schädlingsbekämpfung in Weinbergen, Obstplantagen und Feldern eingesetzt. Wie bekannt wurde, hat das Miniflugzeug eine Spannweite von 1,50 m und ein Gewicht von lediglich 6 kg. Die kleine Maschine bearbeitet in einer Stunde die Fläche von 100 ha. Fast alle technisch hochentwickelten Länder der Erde haben Drohnen für zivile und militärische Zwecke entwickelt und erprobt. Die Palette der Anwendungsmöglichkeiten ist besonders im militärischen Bereich fast unbegrenzt. Der amerikanische Flugkörper »Cruise Missile« ist eine vollautomatisch gesteuerte Drohne.

Die Start- und Landemöglichkeiten der Drohnen sind je nach Einsatzgebiet oft sehr schwierig, wenn nicht gar unmöglich. Sie werden deshalb meistens mit einem Katapult gestartet, landen an einem Fallschirm oder werden mit Netzen eingefangen.

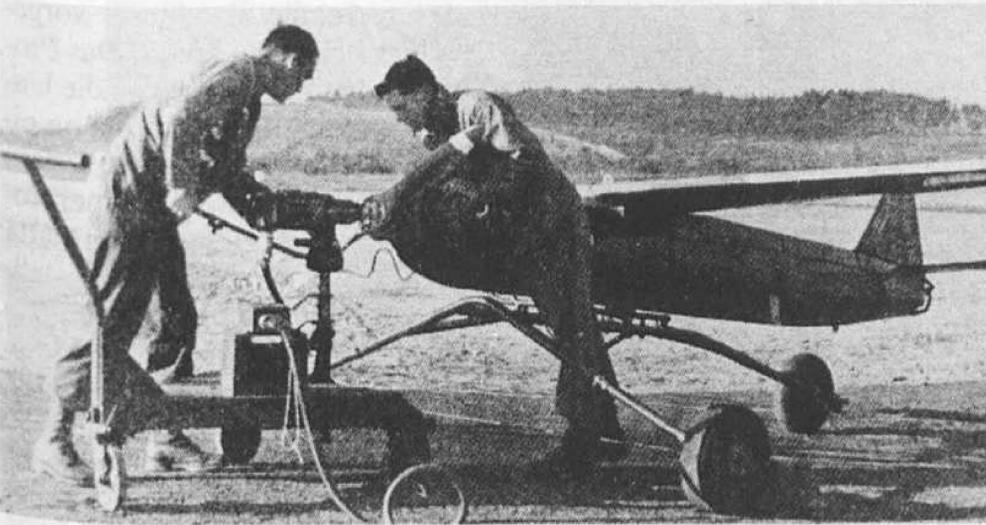
Das Deutsche Museum in München wird erstmals in seiner Geschichte einer neuen Gruppe »Flugmodelltechnik« in der neuen Halle für Luft- und Raumfahrt einen Platz einräumen, um zu demonstrieren, daß die Flugmodelltechnik in ihrer Entwicklung »Meilensteine« der Luftfahrt setzte.



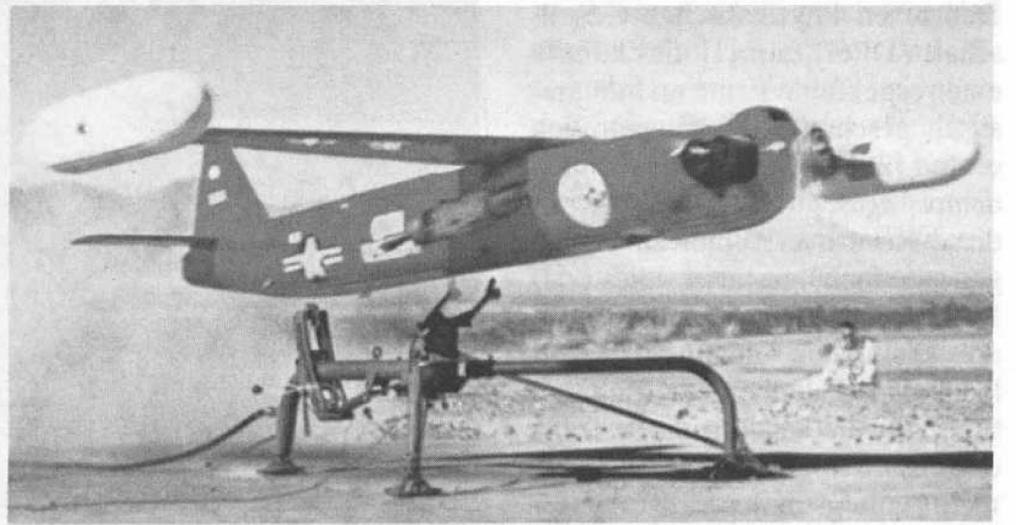
Die Flugmodell- technik



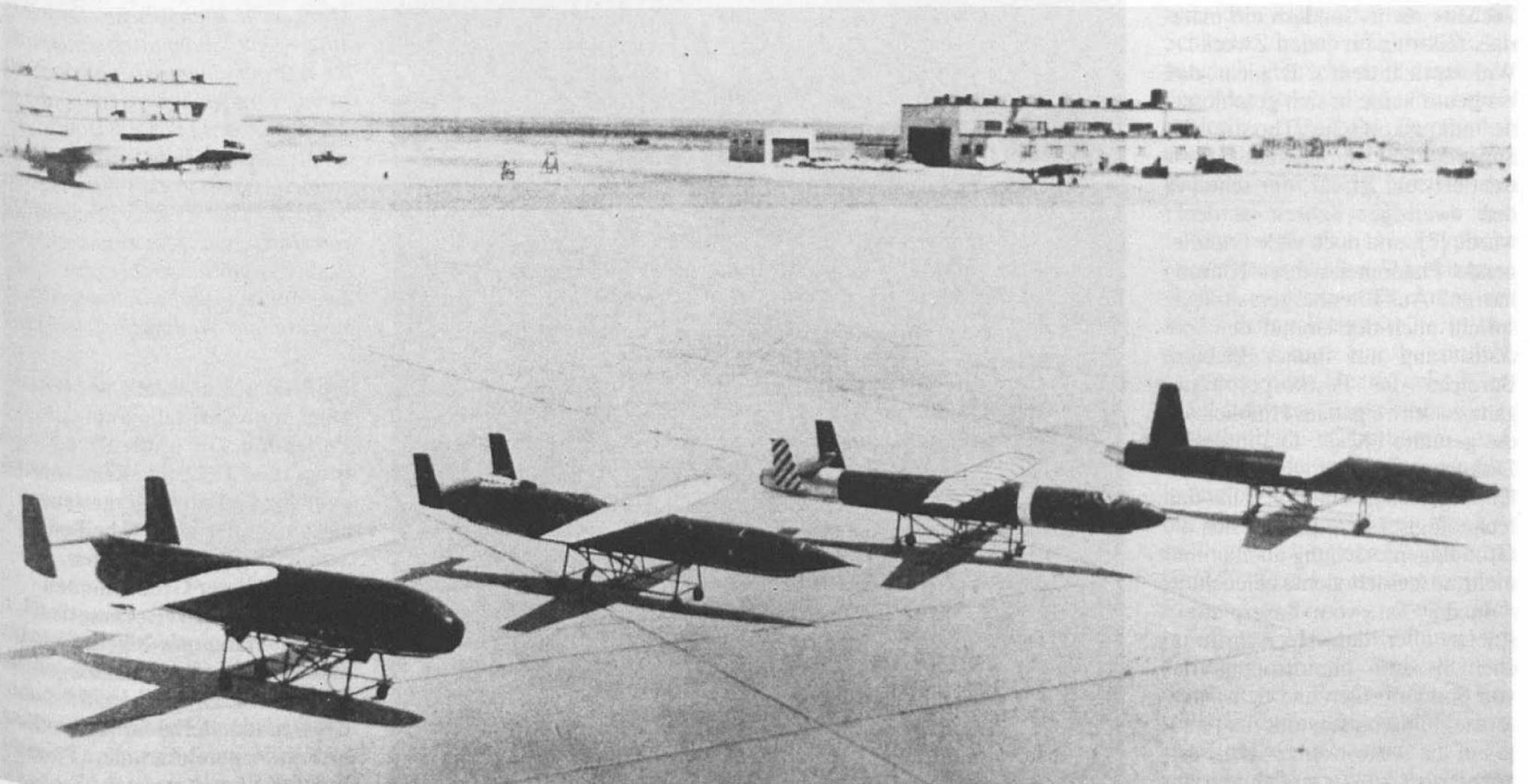
Serie der verbesserten Argus-Drohne AS 292 (1943)



Drohne bei der Wartung, USA (um 1960)



Fernlenkkörper SD-1, USA, für Schulung, Beobachtung u. Aufklärung



Vier amerikanische Drohnen der XQ-Reihe vor dem Einsatz

FESTKÖRPER QUO VADIS?

»It's difficult to prophesy, mainly if it concerns the future«

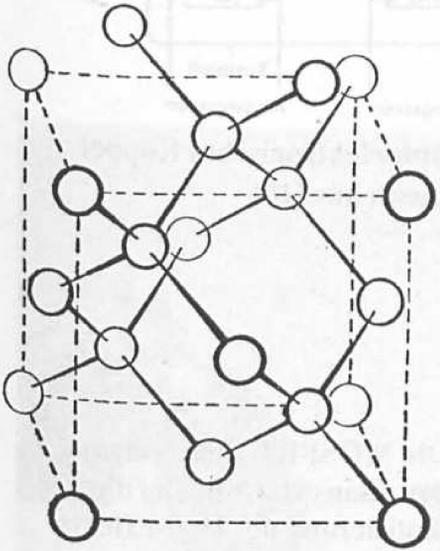
Mit seinem Artikel »Festkörperphysik: Quo vadis?« schreckte Gert Eilenberger im März 1981 die Leser der Physikalischen Blätter, der Verbandszeitschrift der Deutschen Physikalischen Gesellschaft (DPG), auf [1] und konnte eine respektable Ernte an humanistisch geschmückten Gegenreden ernten [2-4]: »Quidquid agis, prudenter agas.« Es wäre reizvoll, diese Kontroverse hier zu verfolgen, jedoch gestattet dies der Raum leider nicht. Woran hat sich die Diskussion entzündet? Vielleicht an Eilenbergers Behauptung, daß die Festkörperphysik, ja die Physik überhaupt, sich immer mehr von grundlegenden Fragestellungen entfernt und zu einer »höheren« Ingenieurwissenschaft entwickelt, also kein »faustisches Suchen« mehr, sondern ein materials tailoring für jeden Zweck... Widerspricht dem z. B. nicht, daß bis heute keine in sich geschlossene mikroskopische Theorie der Suprafluidität von Helium (He-4) existiert, ein Effekt, der schon in den zwanziger Jahren entdeckt wurde [2], und noch viele grundlegende Phänomene ihrer Klärung harren? Aus Eilenbergers Aufsatz spricht auch der Unmut der Spezialisierung auf immer kleinere Bereiche der Festkörperphysik, ganz zu schweigen im Hinblick auf die gesamte Physik. Die intensive Diskussion der provokanten Eilenbergerschen Thesen [1] hat den technologischen Sog, dem sich die Grundlagenforschung auch immer mehr ausgesetzt sieht, beleuchtet. – In der Tat, vom Laserplattenspieler über den Herzschrittmacher bis zum phototropen Glas von Sonnenbrillen und dem Farbfernseh Bildschirm, stößt man heute auf die Auswirkungen der Festkörperphysik. Wir wollen hier zur



Orientierung einen kleinen Streifzug zur Beleuchtung von Facetten heutiger Festkörperwissenschaft unternehmen. Vor 40 Jahren stand der Festkörperwissenschaftler nicht gerade im höchsten Ansehen unter den Kollegen, es war da viel von »Schwarzkunst« bis zu »Schmierphysik« hinter vorgehaltener Hand zu hören. Das Problem jener Frühphase war die Unmöglichkeit, Resultate, die an einem Material gewonnen wurden, mit einer anderen Festkörperprobe, zu reproduzieren. Man hatte noch nicht die modernen Kristallzuchtverfahren zur Hand, die die Herstellung von Materialien bis dahin unbekannter Reinheit (ein Fremdatom auf eine Milliarde Wirtatome) erlauben. In diesen Zeitraum fällt eine charakteristische Anekdote, an die Edgar Lüscher in seiner »Physik – einmal anders« erinnert:

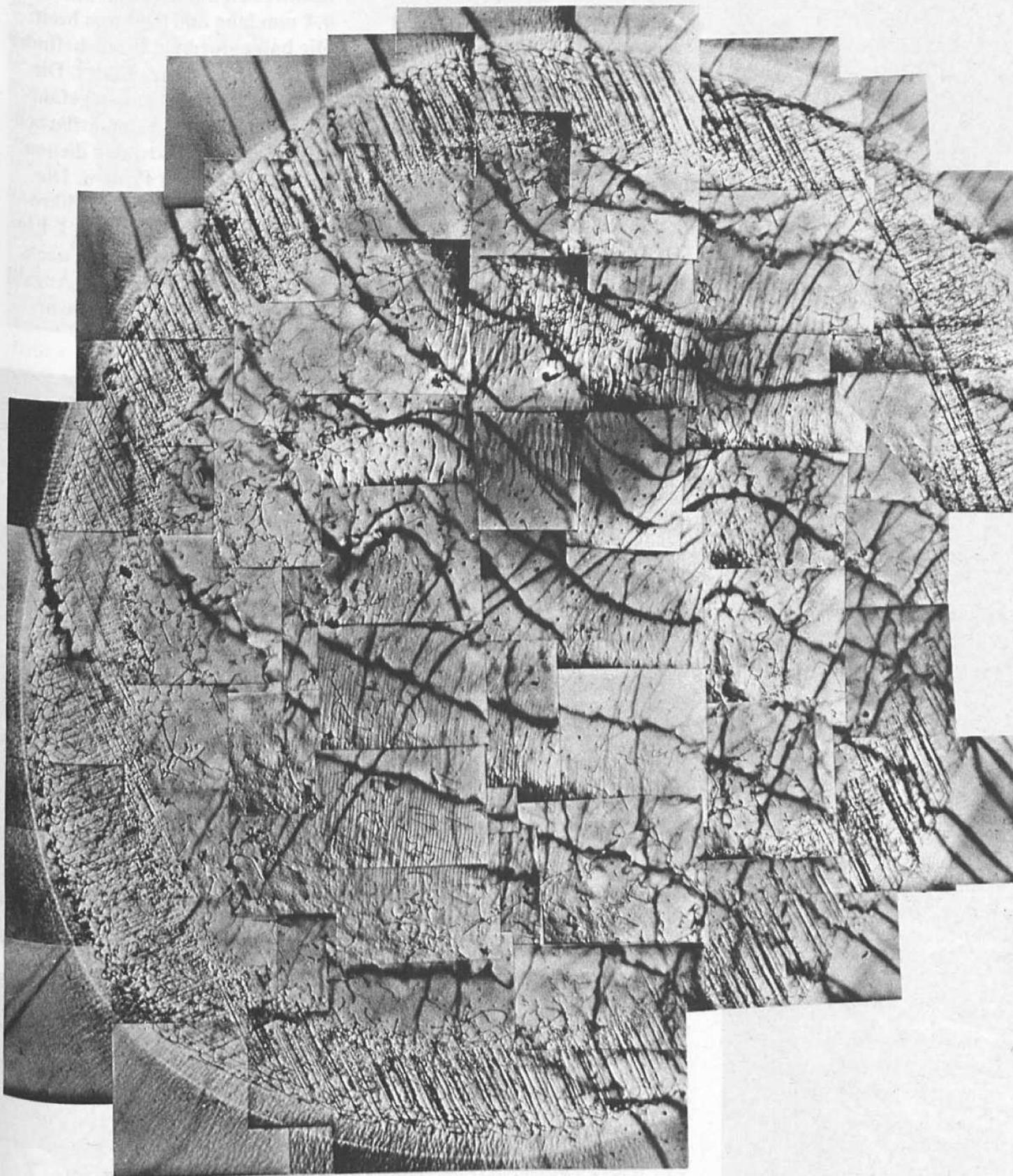
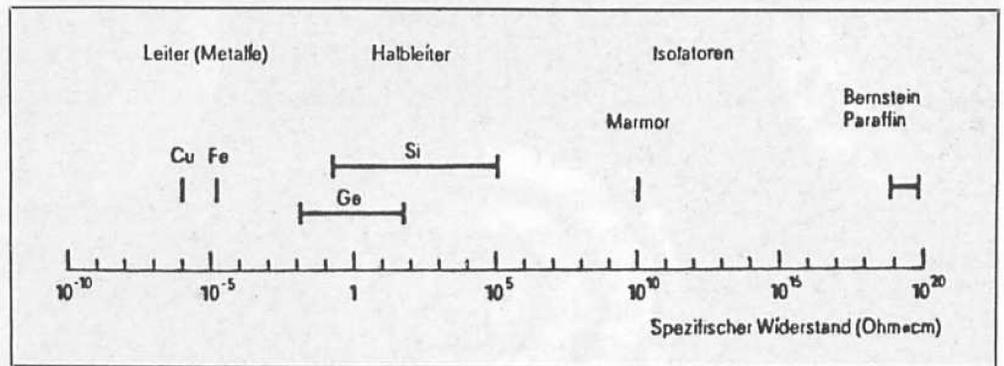
»Eine echt dramatische Entwicklung – mit Spannungsmomenten, die nur mit einem guten Kriminalroman verglichen werden können – hat sich in den beiden letzten Jahrzehnten in der Halbleiterphysik abgespielt. Noch in den 40er Jahren wurden die Festkörperphysiker von ihren viel feineren Kollegen der Kernphysik nicht ganz ernst genommen. Der Schreiber erinnert sich an die Weihnachtsfeier 1949

1 Silizium-Einkristalle hoher chemischer und kristallographischer Perfektion. Der große Kristall wiegt rund 12 kg und kann routinemäßig und computergesteuert aus einer über 1200° C heißen Schmelze gezüchtet werden. Selbst in dieser Größe können solche Kristalle versetzungsfrei und mit extrem niedrigem Gehalt an Fremdatomen technisch gefertigt werden. Diese Kristalle sind das Grundmaterial für die moderne Festkörperelektronik. (Photo Wacker-Chemitronic)



2 Das Diamantgitter, in dem auch Si und Ge, die »Stähle des Elektronikzeitalters«, kristallisieren

3 Einteilung der Stoffe nach ihrer elektrischen Leitfähigkeit; Halbleiter liegen in ihrem Leitvermögen zwischen den Metallen und den Isolatoren; aus [10]



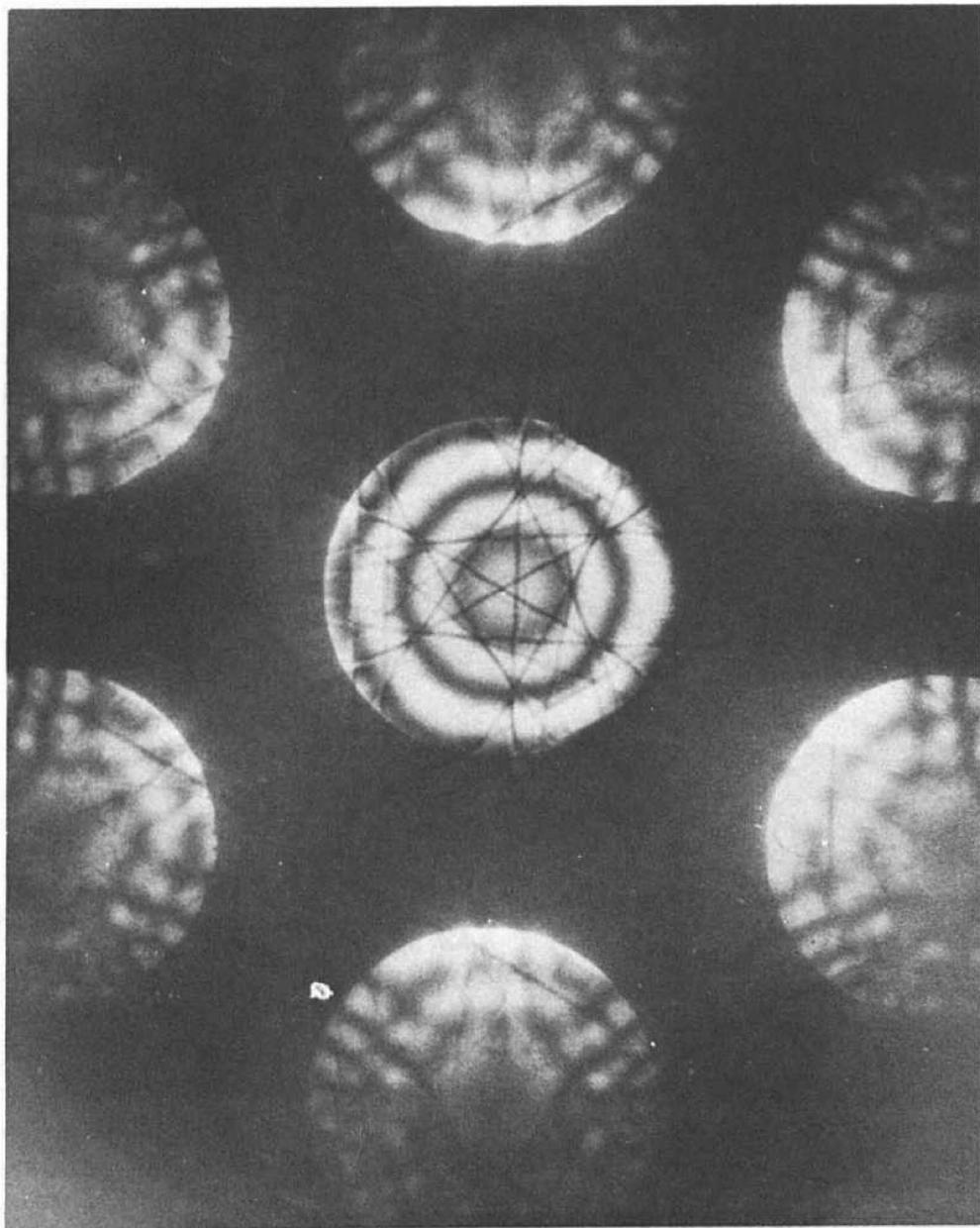
4 Elektronenmikroskopisches Bild einer Siliziumprobe, die zunächst durch Ionenimplantation amorphisiert und dann durch kurzzeitige lokale Erhitzung mit einem Laserstrahl rekristallisiert wurde. In den kristallinen Be-

reich, der von amorphem Silizium umgeben ist, sind auf Grund von Temperaturspannungen Versetzungen hineingeglitten. Die Untersuchung von Fehlstellen in einem derart ausgedehnten Gebiet erfordert ein Hochspannungselek-

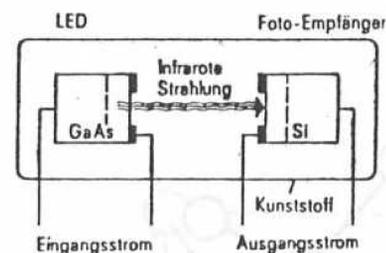
tronenmikroskop, wie es am MPI für Metallforschung in Stuttgart zur Verfügung steht, sowie ein spezielles Verfahren zur Präparation von großflächigen Proben. (Photo MPG)

des Physikalischen Instituts der ETH in Zürich. Es war ein alter Brauch, daß den verschiedenen Gruppenchefs symbolische Geschenke übergeben wurden. Die Kernphysiker überreichten Prof. Georg Busch, einem der Pioniere moderner Halbleiterphysik, einen perfekten Locherleiter – nämlich einen Schweizer Käse. Daß die Geschenkgeber damals vor allem den zweiten Teil des Begriffes »Schweizer Käse« im Sinne hatten, war allen Institutsangehörigen klar. Die Halbleiterphysik fristete lange Zeit ein Schattendasein, da sie mit dem Makel Unsauberkeit, Fehlstellen und Ungenauigkeit behaftet war.« [5]

Eben die alchemistisch anmutenden Untersuchungen, das Durchwühlen des gesamten Fundus der Anorganiker (Gmelin), die unzähligen Versuche der Züchtung reiner Kristalle, das Zonenschmelzen, das Ziehverfahren aus der Schmelze haben Einkristalle zugänglich gemacht und damit erst den Weg für systematische, reproduzierbare, in ihren Parametern kontrollierbare Untersuchungen geebnet. Abbildung 1 zeigt – mit einem charmanten Maßstab zum Größenvergleich – zwei typische Siliziumeinkristalle. Der kleinere Kristall, den man mühelos in der Hand halten kann, stellte in den sechziger Jahren eine beachtliche Leistung dar. Heute gelingt es, 12 kg schwere Einkristalle unter wirtschaftlich vertretbarem Aufwand zu züchten, mit »genauer kristallographischer Orientierung, mit absoluter Perfektion des Kristallbaues, d. h. ohne Versetzungen, ... Das unterste Atom am Ende des Kristalls »weiß« noch genau, wie die Atomordnung vom Keimling her war. Außerdem ist die chemische Reinheit dieses Kristalls so hoch gezüchtet, daß nur jedes milliardste Atom von anderer chemischer Art ist als Sili-



5 Beugung eines konvergenten Bündels von Elektronenstrahlen an einer 1500 \AA dicken, planparallelen Platte eines perfekten Silizium-Einkristalls, eine Aufnahme aus dem Fritz-Haber-Institut der Max-Planck-Gesellschaft, Institut für physikalische Chemie, Berlin. Die Energie der Elektronen beträgt 100 keV . Der Fokus des Strahlenbündels liegt in der Kristallplatte und hat einen Durchmesser von 100 \AA . Die Platte ist senkrecht zur dreizähligen Kristallachse geschnitten; das Beugungsbild läßt diese Symmetrie erkennen. Die Extinktionskonturen, die in den kreisförmigen Beugungsreflexen erscheinen, hängen empfindlich von der inneren Struktur der Kristalle ab. Sie können zum Beispiel Informationen über die Verteilung der Bindungselektronen in reinen und dotierten Kristallen liefern. (Photo MPG)



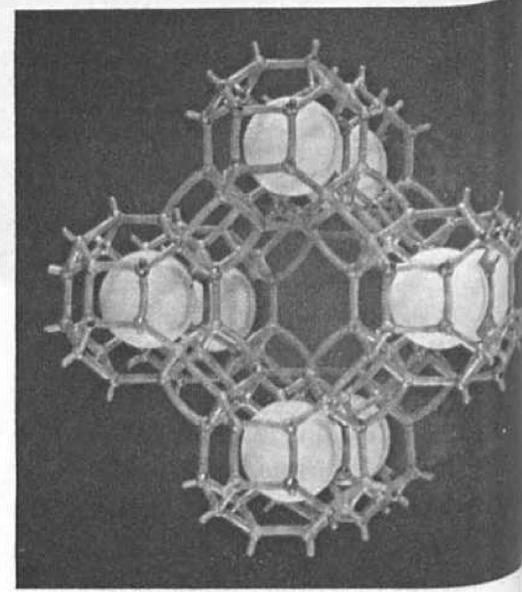
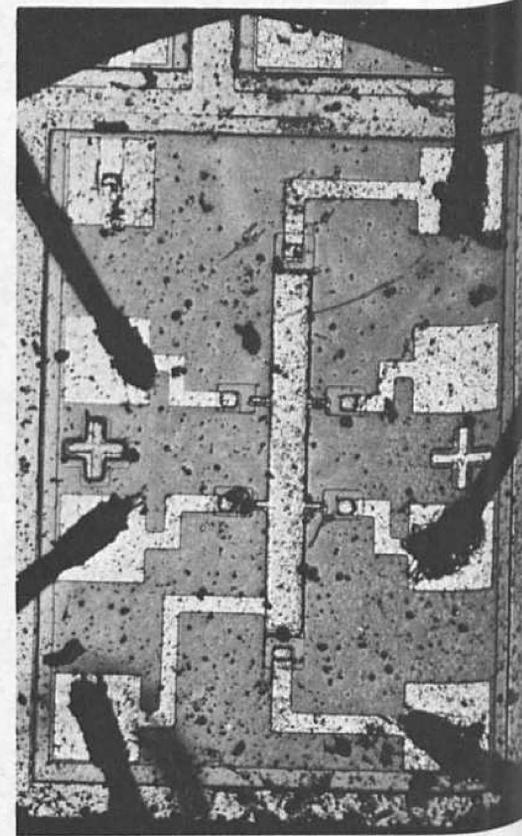
7 Optoelektronisches Koppel element; aus [10]

8 Die MOSFET-Bauelemente, an denen Klaus von Klitzing die Quantisierung des Hall-Effekts nachweisen konnte, sind nur $0,4 \text{ mm}$ lang und $0,04 \text{ mm}$ breit: Die balkenförmige Probe befindet sich in der Mitte des Bildes. Die zur Seite und nach außen geführten in rechteckige Kontaktflächen auslaufenden Elektroden dienen dem Anschluß der Proben. Die Oberfläche des in diesem Mikroskopbild gezeigten MOSFET-Elements ist relativ schmutzig, nachdem damit schon in großer Anzahl Experimente durchgeführt wurden. (Photo MPG)

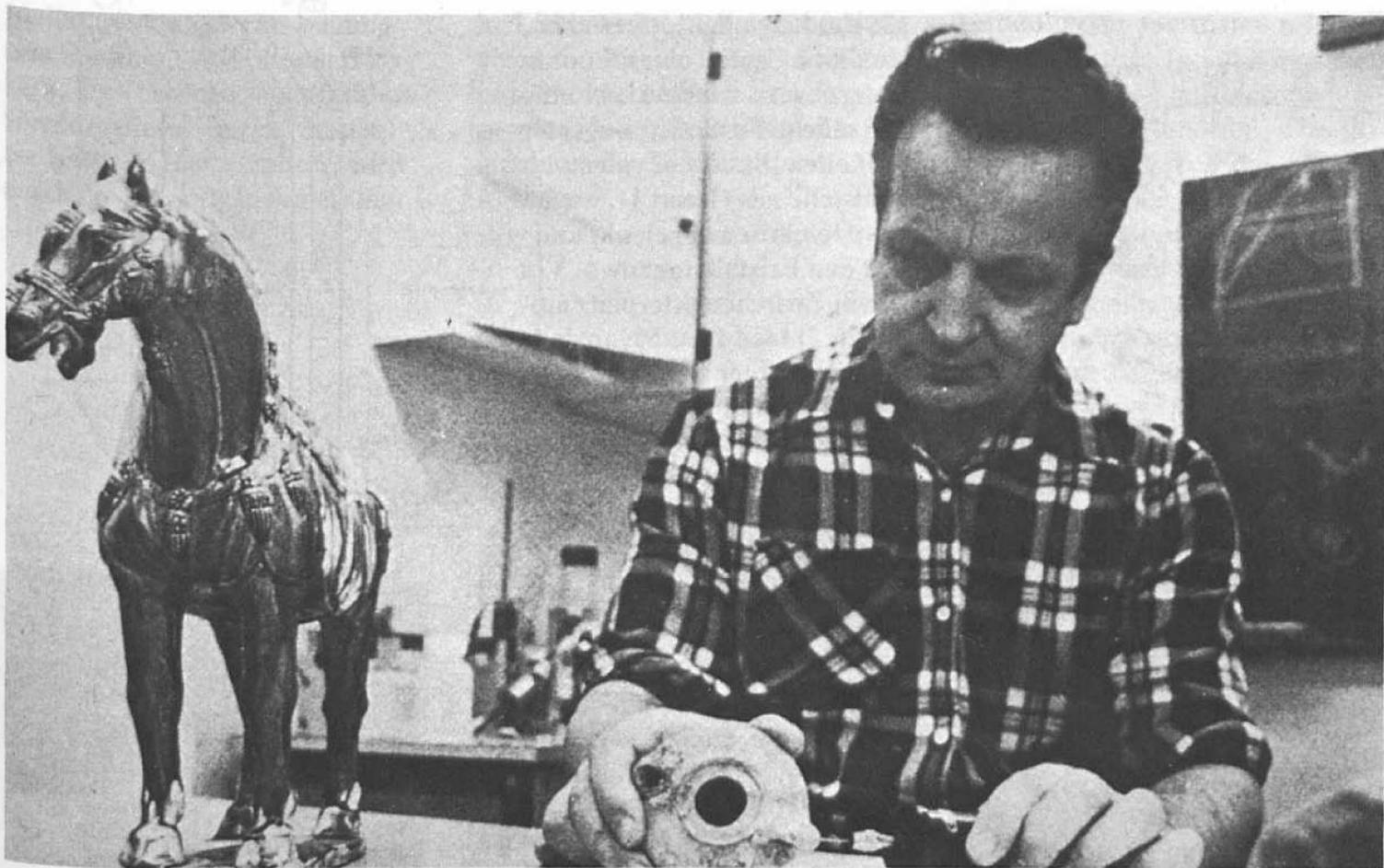


6 Th. Maiman, der Vater des Rubinlasers. Der an den Seitenflächen verspiegelte Rubinstab ist mit einer Xenon-Blitzlampenwendel als Pumpsystem umgeben. (Photo Franzis Verlag)

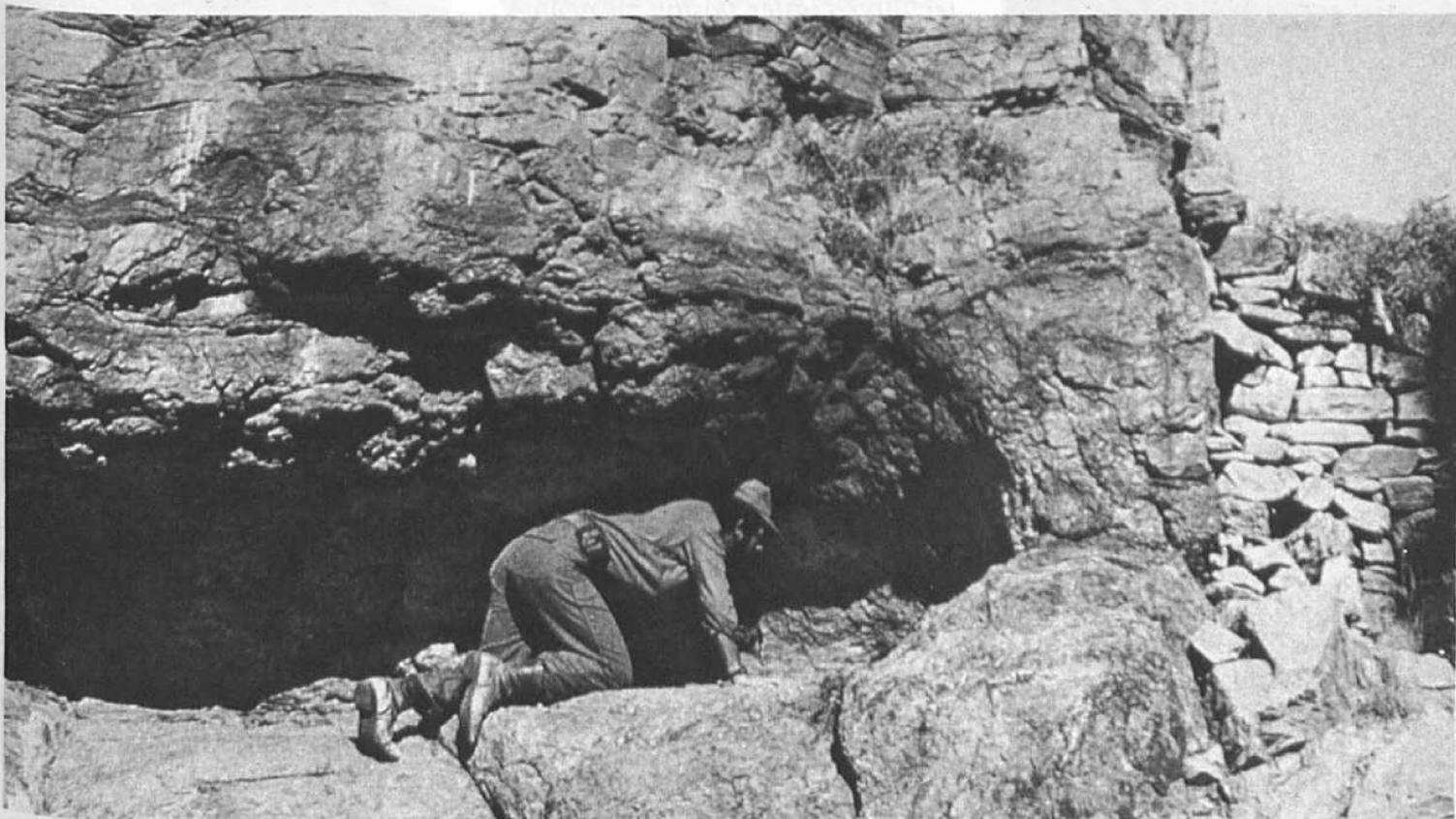
9 Speicherung von Krypton 85 im Kristallgitter von Zeolithen. Die Abbildung zeigt als Modell den Aufbau des Kristallgitters sog. 5A-Zeolithe. Man erkennt im Zentrum einen großen Hohlraum, der von je 4 weiteren kleineren Hohlräumen symmetrisch umgeben ist, in denen das Krypton 85, durch die weißen Kugeln veranschaulicht, gespeichert werden kann. An der Vorderseite der symmetrisch angeordneten kleinen Hohlräume sind die Poren erkennbar, mit denen die Hohlräume untereinander in Verbindung stehen. In kaltem Zustand sind sie kleiner als die in den Hohlräumen gespeicherten Gasmoleküle. Man beachte, daß die Darstellung nicht voll maßstabsgerecht ist. (Photo Kernforschungszentrum Karlsruhe)



**FESTKÖRPER
QUO VADIS?**



10 Kunst- und Gebrauchsgegenstände der verschiedensten Epochen werden im Heidelberger MPI für Kernphysik mit Hilfe der Thermolumineszenz-Methode untersucht und datiert. Das Anbohren erfordert eine ruhige Hand, um die wertvollen Stücke nicht mehr als notwendig zu beschädigen. Das Pferd erwies sich als eine Nachbildung einer altchinesischen Keramikplastik aus der T'ang-Dynastie. (Photo MPG)



11 Auch ein »Arbeitsplatz« für Festkörperforscher, die sich mit Archäometrie befassen. Das Bild zeigt eine antike Bergwerksgalerie auf der Kykladeninsel Sifnos. (Photo MPG)

zium« [6]. Mit den hochreinen Wirten Silizium und Germanium, die im Diamantgitter kristallisieren (Abb. 2), verfügt man über die Ausgangsstoffe der Halbleiterindustrie; diese Materialien werden deshalb auch oft als »moderner Stahl« bezeichnet. Die geziel-

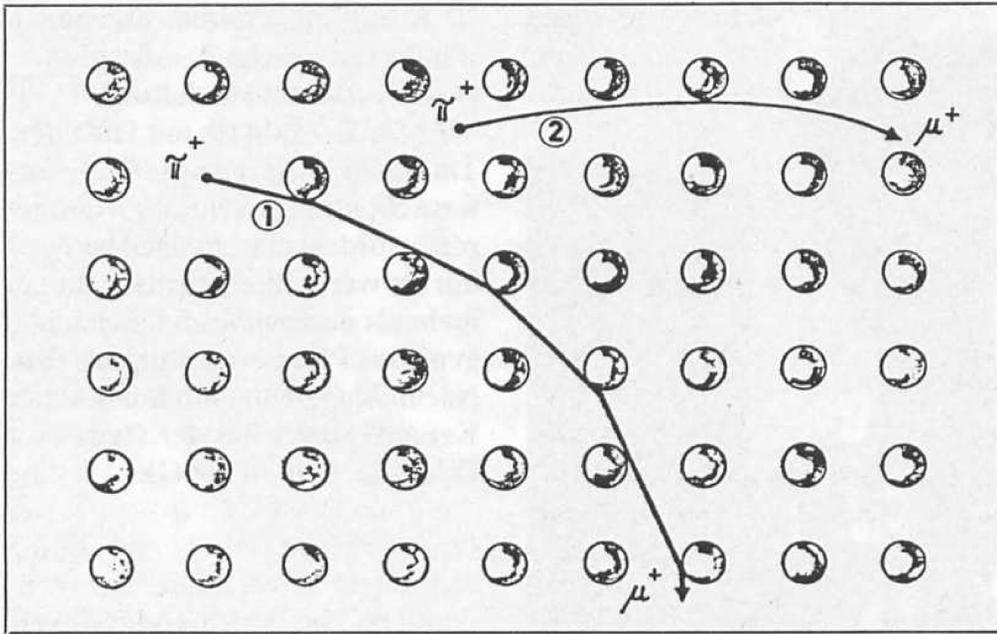
te Veränderung der Leitfähigkeit von Halbleitern durch Variation des Gehalts an Fremdatomen hat über die Ausnutzung des Sperrschichteffekts den Aufbau moderner elektrischer Bauelemente erst ermöglicht. Die Entwicklung des Transistors geht auf Shockley, Brattain und Bardeen Ende der vierziger Jahre zurück [7-9]. Damit begann der Siegeszug der Miniaturisierung durch Hochintegration. Kostete vor 15 Jahren eine Transistorfunktion noch 5 DM, so ist der Preis 1983 auf 0,005 Pfen-

nig gefallen, dies entspricht einem Faktor von 10^5 . Noch 15 Jahre nach der Entdeckung des Transistoreffekts vermochte man nur einige Transistoren auf einem Siliziumeinkristall zu integrieren, zur Zeit sind es zwischen 150 000 und einer Million; die sich abzeichnenden Grenzen werden um 10-100 Millionen Transistoreinheiten pro Baustein geschätzt. Die den Festkörperrwissenschaften entstammenden Halbleiter von der Tunnel- und Lumineszenzdiode über den Halbleiterlaser, den Thyristor

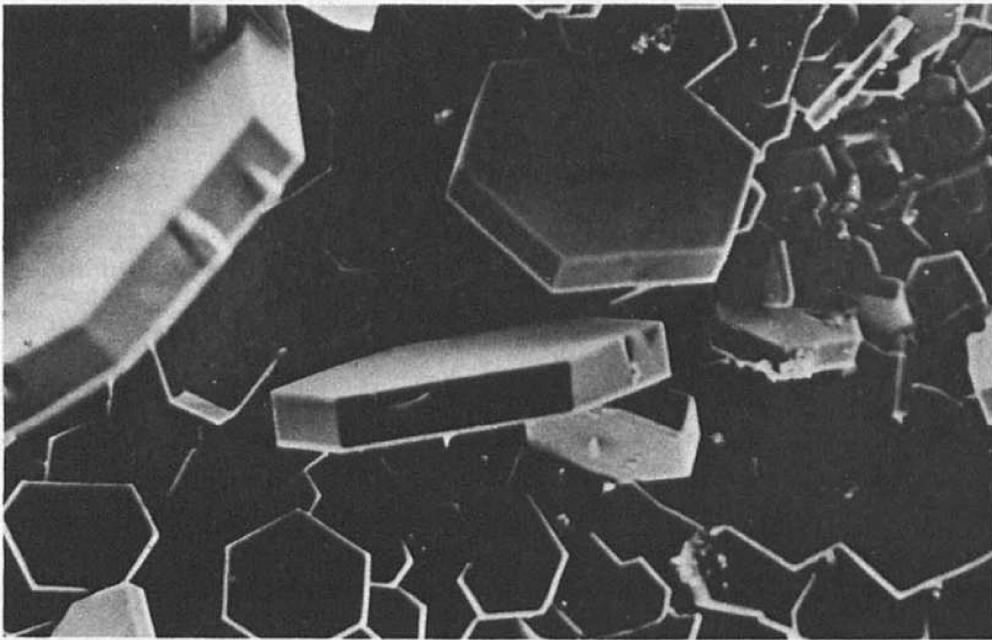
und Triac bis hin zur MOS-Technik und dem Mikroprozessor verändern unser tägliches Leben in noch nicht absehbarer Weise. Die Abwicklung des bargeldlosen Zahlungsverkehrs ist dabei nur ein Beispiel. Allein in New York City wechselten 1980 eine Milliarden Schecks ihren Besitzer, die damit verbundene Zahl von Buchungsvorgängen kann nur mehr ein Computer bewerkstelligen. Die moderne Medizin, sei es nun das Überwachungs-EKG von der Größe einer Zigarettenschachtel, das bequem vom Patienten in der Nachsorgephase ständig getragen werden kann, der Herzschrittmacher, der anschnallbare Insulininjektor, dessen Mikroprozessorsteuerung eine an den Bedarf angepasste Dosierung gestattet, oder die Prozeßrechner in der Nuklearmedizin zur dynamischen Szintigraphie, kommt ohne die Mikroelektronik nicht mehr aus. Der Ausbau der Kommunikationssysteme, z. B. könnte theoretisch die gesamte Weltbevölkerung gleichzeitig über einen Laserstrahl telefonieren, die bemannte Weltraumfahrt und Satellitentechnik, die Glasfaserkabel zum Informationstransport [11] ... entwickeln einen gigantischen Informationsmarkt. Man könnte spekulieren, daß eine Dezentralisierung der Arbeit folgen wird, die es z. B. Behinderten gestatten wird, mit dem heimischen Terminal ein Fenster in die Arbeitswelt zu erhalten und so vom Informationsmarkt zu profitieren.

Waren die Großrechner in den 50er Jahren noch etagenfüllende, aufgrund ihrer Wärmeentwicklung (Röhren) raumbeheizende Einrichtungen, so konzentriert die fortschreitende Miniaturisierung

FESTKÖRPER QUO VADIS?



12 »Im Kristallgitter bestehen für ein durch Zerfall eines Pions in Gang gesetztes Myon sehr unterschiedliche Fortbewegungsmöglichkeiten. Startet es von einer Fehlstelle aus (Bahn 1), wird es unsystematisch abgelenkt und verläßt den Kristall irgendwo. Von einem Zwischengitterplatz aus (Bahn 2) bleibt das Myon dagegen innerhalb einer Kristallebene und stößt »torkelnd« gegen die imaginären Wände des Kristallgitters. Es wird nur in bestimmte, durch die Symmetrieachse des Kristalls festgelegte Richtungen kanalisiert.« (Photo MPG)



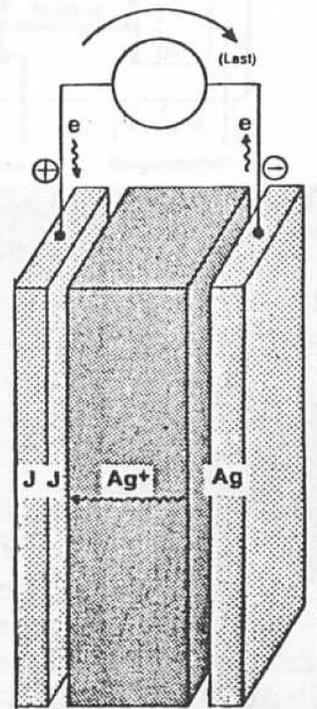
13 Lithiumnitridkristalle aus der Hochdrucksynthese mit charakteristischer hexagonaler Symmetrie im Rasterelektronenmikroskop. (Photo MPG)

höflich sind, wissen sie diesen Fehler ihres Gastes positiv zu deuten. Das Fehlen eines negativen Elektrons ist für die Gastgeber einfach gleichwertig mit dem Vorhandensein eines positiven Loches. Physikalisch ist es tatsächlich so, daß sich diese positiven Löcher wie positive Ladungen benehmen, und man nennt solche Halbleiter p-leitend – p steht für positiv oder

die gleiche Rechenkapazität auf einen handlichen Tischrechner. Wie schon erwähnt, kann die Leitfähigkeit von Halbleitern (Abb. 3) innerhalb weiter Grenzen durch die Einbringung von Fremdatomen variiert werden; das Dotieren kann schon während des Ziehvorgangs des Einkristalls durch geeignete Schmelzzusätze erfolgen oder durch Neutronenbestrahlung, Legierung, Diffusion und oder Implantation.

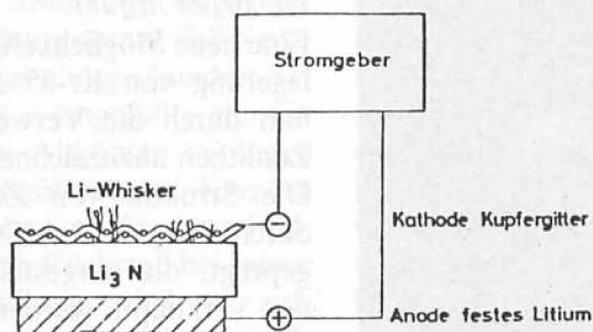
»Werden andererseits Elemente wie Bor, Indium aus der 3. Gruppe in Silizium oder Germaniumkristalle eingebaut, so fehlt pro Gastatom ein Elektron. Da Silizium und Germanium als Wirte sehr

15 In der Inertgasglovebox werden die empfindlichen Lithiumnitrid-Kristalle poliert und mit verschiedenen Elektroden kontaktiert. Ebenso wird, wie hier gezeigt, das Lithiummetall vor der Synthese von der Oxidschicht gereinigt. (Photo Peter Blachian, MPG)



14 Prinzip einer Festkörperbatterie. (Photo MPG)

16 Experimentelle Anordnung zum Studium von Lithium-Whiskern. Der Transport von Lithium von der Anode (festes Lithium) zur Kathode (Kupfergitter) wird durch die Lithium-Ionenleitung



im Lithiumnitrid ermöglicht. Bei einem Strom von einigen Milliampère beobachtet man nach wenigen Stunden Lithium-Whisker, die durch das Kupfergitter wachsen

17 Kleine Kugeln mit gleichem Durchmesser entstehen in einem Taumelbehälter nach einem vom Pulvermetallurgischen Laboratorium des Max-Planck-Instituts (Nils Claussen, Günter Petzow) für Metallforschung gefundenen Anlagerungs-(Agglomerations-) Verfahren. Im Bild verschiedene Größenklassen trocken agglomerierter ungesinterter Aluminiumoxid-Kugeln (Al_2O_3) mit Durchmessern zwischen 0,075 und 3 Millimeter. (Photo MPG)

Akzeptoren. In einem allerdings unterscheiden sich diese positiven Löcher von wirklichen Ladungen. Die angesprochene Höflichkeit bezieht sich nur auf den Gastgeber, nicht aber seine Nachbarn, die dafür überhaupt kein Verständnis haben. Wird ein solcher p-leitender Halbleiter mit metallischen Kontakten versehen, so weist das Metall die positiven Löcher ab; diese haben ihren Existenzbereich nur innerhalb des Gastgeberkristalls. Elektronen von n-leitenden Halbleitern sind dagegen in den Kontaktmetallen sehr wohl willkommen, da sie ja wirkliche Ladungen sind.» [12]

Bei der Bauelementherstellung

18 Querschliff durch gesinterte, aus mehreren Schichten verschiedener keramischer Pulver bestehende Kugeln, die nach einem vom Pulvermetallurgischen Laboratorium des Max-Planck-Instituts für Metallforschung entwickelten Verfahren aufgebaut wurden: Ausgehend von unregelmäßigen, inneren Keimen wird mit zunehmender Schichtfolge eine unregelmäßige Kugelform angestrebt. (Photo MPG)

werden beim Germanium-Legierungstransistor Indiumkugeln auf den n-leitenden Germanium-Kristall aufgeschmolzen. Das Indium löst einen Teil des Germanium an und beim Erstarren werden Indiumatome ins Germaniumgitter eingebaut, wobei p-leitende Kristallbereiche entstehen. Eine andere Vorgehensweise besteht darin, bei etwa 1000°C Siliziumkristallscheiben Bordampf auszusetzen. Die Bor-Atome diffundieren in das n-Silizium ein und erzeugen die p-leitende Zone, n-leitende Zonen gehen auf die Diffusionsbehandlung mit Phosphor zurück. Eine genaue Lokalisation und Dosierung gestattet das Ionenimplantationsverfahren. Der in der Gasphase ionisierte Dotierstoff wird im Vakuum durch ein elektrisches Feld beschleunigt und in den Halbleiterkristall hineingeschossen. Das Arsenal zur Untersuchung von Ausgangsmaterialien für die Halbleiterherstellung reicht übrigens von der Elektronenmikroskopie (Abb. 4), der Elektronen- und Neutronenbeugung (vgl. Abb. 5) usw. bis hin zur photoakustischen Spektroskopie, bei der die Umsetzung von absorbierter Lichtenergie via Wärme in Druckschwankungen der umgebenden Luft untersucht wird [13]. Das Geburtsdatum der modernen Festkörpertheorie läßt sich übrigens »spektroskopisch« indizieren:

Am 8. Juni 1912 legten Max von Laue und Mitarbeiter der Bayerischen Akademie der Wissenschaften ihre ersten Untersuchungen über Röntgenbeugung an Kristallen vor, und untermauerten damit die dreidimensionale Festkörperstruktur. Auch auf einem ganz anderen Teilgebiet waren es die hohe handwerkliche Kunst der Kristallzüchtung und systematische chemische Arbeiten, die im Verein mit den spektroskopischen Hilfsmitteln erst die Voraussetzung für eine große physikalische Entdeckung geschaffen haben, die heute einen ähnlichen Siegeszug der Anwendungen antritt, wie der 15 Jahre zuvor entdeckte Transistor [14]. Gemeint ist der Laser. Abbildung 6 zeigt den ersten Rubinlaser mit seinem Konstrukteur Th. Maiman [15, 16].

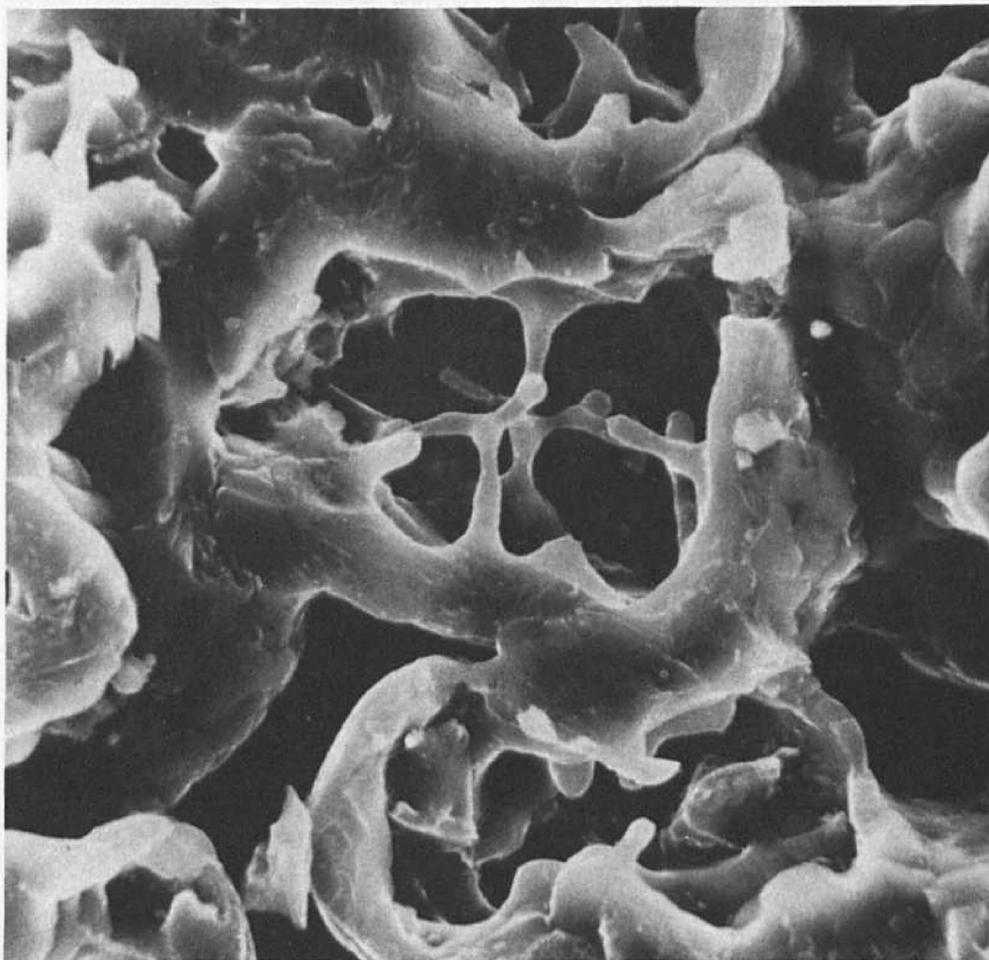
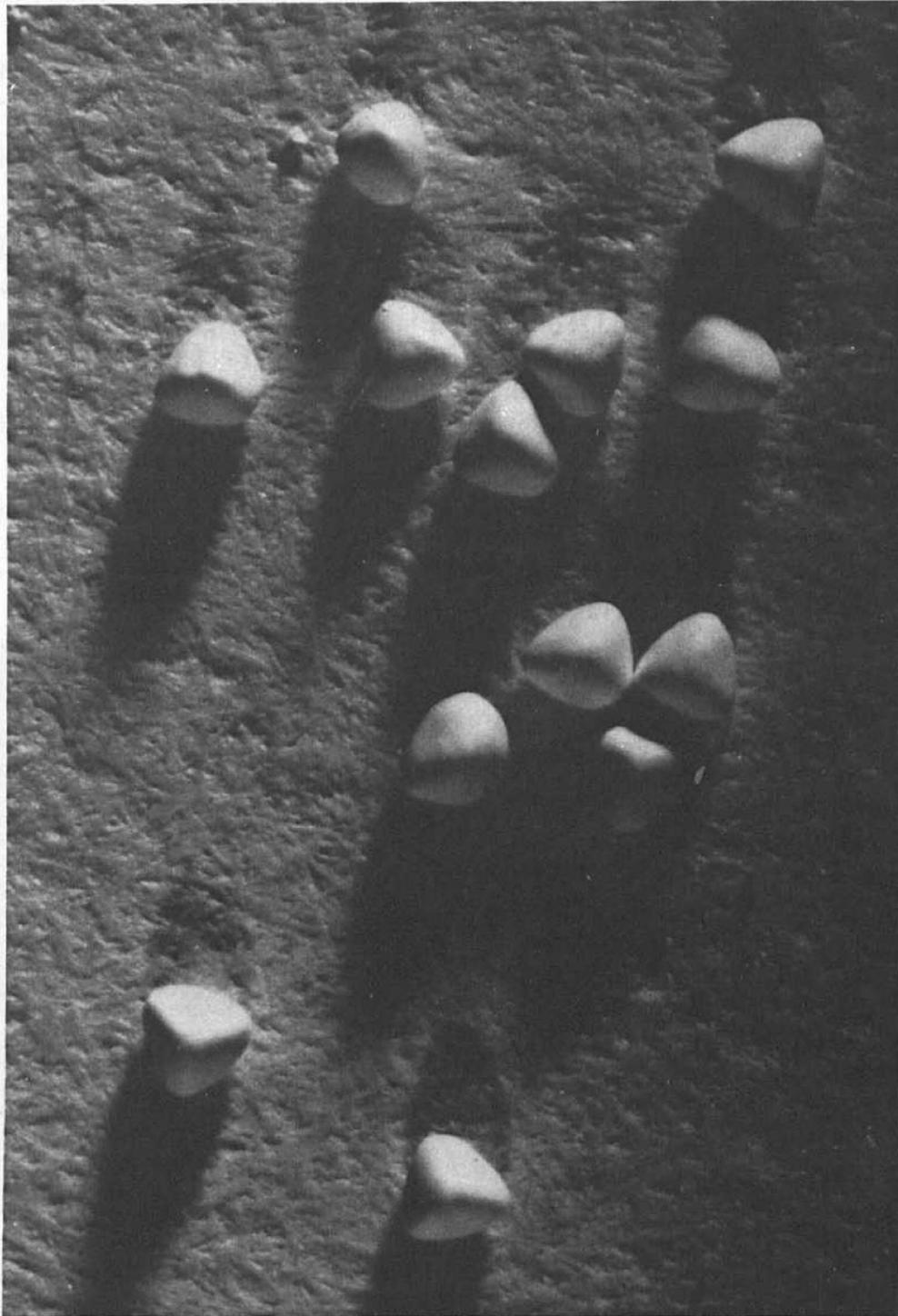
Maiman verwendete einen Rubinstab, dessen Enden unterschied-

lich verspiegelt waren. An einem soll die Reflexion möglichst vollständig erfolgen, während am anderen Ende durch geminderte Reflexion eine Auskoppelung des Strahls erreicht wird. Gepumpt wurde der erste Festkörperlaser mit einer den Rubinstab umgebenden Xenon-Blitzwendel. Die »laseraktiven Zentren« im Korundgitter des Aluminiumoxids sind Chromionen, die gemäß ihrer oktaedrischen Umgebung eine charakteristische Aufspaltung der Energieniveaus zeigen, die für die Emission von Strahlung der Wellenlänge 694,3 nm (Rotlicht) verantwortlich zeichnen.

Die vielfältigen Laseranwendungen reichen von der Medizin (Behandlung von Melanomen; Laserchirurgie; Photokoagulation der Retina; Endoskopieler; Stimulation der Wundheilung) über Landvermessung, berührungslose Materialverarbeitung sowie Etikettierung (z. B. Zerschneiden von Siliziumscheiben in der Halbleiterfertigung), Aufspüren von Luftverunreinigungen mit dem LIDAR (Light-Detecting And Ranging) bis hin zur Laserchemie [17]. In der Umkehrung des »Photodiodeeffektes« wird die radiative Rekombination von Elektronen und Löchern in den Lumineszenzdiolen (LED) auf GaAs-Basis ausgenutzt. Die Farbe des emittierten Lichts ist durch Variation der Zusammensetzung abstimmbaar: GaAs-infrarot; GaAsP je nach Phosphorgehalt rot bis gelb; GaP mit Zink- und Sauerstoffdotierung; rot; GAP mit Stickstoffdotierung grün bis gelb [10]. Die Vorteile gegenüber Glühlämpchen, etwa bei der Beleuchtung von Skalen, bzw. bei Anzeigesegmenen ist die etwa 100fach größere Lebensdauer und die Tatsache, daß die Lichtleistung nicht spontan, sondern langsam im Laufe des Alterungsprozesses zurückgeht. Die Ansprechzeit ist 10^6 mal kürzer, die hohe mechanische Stabilität hervorzuheben. Die große Schaltgeschwindigkeit wird in der Optokopplung (vgl. Abb. 7) ausgenutzt. Auf diese Weise entsteht ein Relais, das gegenüber den herkömmlichen mechanischen Ausführungen sich durch hohe Isolation zwischen beiden Stromkreisen und keinerlei mechanische Abnutzung auszeichnet [10].

FESTKÖRPER QUO VADIS?

19 Mit dem vom Pulvermetallurgischen Laboratorium des Max-Planck-Instituts für Metallforschung entwickelten Verfahren lassen sich auch pyramidenförmige Aluminiumoxid-Agglomerate (Al_2O_3) herstellen: Sie sind aus kleineren Teilchen entstanden, die nicht mehr aus den Tetraederrücken einer sich bewegenden Kugelschüttung herausschlüpfen konnten. (Photo MPG)



Zur rasanten Entwicklung der Optoelektronik siehe [18, 19].

Mit Hilfe eines Metall-Oxyd-Silizium-Feldeffekt-Transistors (MOSFET) (Abb. 8) gelang es die für den gesamten Atombau entscheidende Sommerfeldsche Feinstrukturkonstante mit bisher ungeahnter Genauigkeit zu bestimmen. (Die Sommerfeldsche Feinstrukturkonstante gibt die Verknüpfung der Größen Elementarladung und Lichtgeschwindigkeit über das Plancksche Wirkungsquantum an.)

Damit wurden MOSFET-Bauelemente überraschenderweise zu Werkzeugen für die Grundlagenforschung der Atomphysik. Aufgrund der gefundenen Widerstandsquantelung bieten sich auch Anwendungen im Eichwesen an. Bisher wird der elektrische Widerstand für Eichzwecke durch eine Drahtwicklung realisiert, ähnlich wie ursprünglich das Meter durch einen Platin-Iridiummaßstab festgelegt war. Und wie dort an die Stelle des Stabs eine bestimmte Lichtwellenlänge eines Kryptonübergangs getreten ist, so läßt sich jetzt das Ohm unmittelbar an die Feinstrukturkonstante mit der MOSFET-Methode koppeln. Nach diesem interessanten Aspekt der Grundlagenforschung, der auch für das Eichwesen Relevanz besitzt, zu einem Anwendungsproblem, der nuklearen Entsorgung. F. Baumgärtner gibt mit dem Planungsstand von 1970 folgende Abluftkomponenten einer Auflösekampagne von zwei Tonnen Kernbrennstoff in der Wiederaufbereitung an:

2000 m³ Spül- und Förderluft, die von außen angesaugt wird
200 m³ Stickoxide, die bei der Reaktion von Salpetersäure mit dem Brennstoff entstehen

2 m³ des Spaltproduktes Xenon, die praktisch nicht radioaktiv sind
200 Liter radioaktives Kr-85
50 Liter radioaktives Jod
10 cm³ ¹⁴CO₂, 130 mg T₂O sowie Radiolysewasserstoff ca. 10 dm³/h [21].

Eine neue Möglichkeit in der Endlagerung von Kr-85 scheint sich nun durch die Verwendung von Zeolithen abzuzeichnen [22, 23]. Die Struktur von Zeolithen ist durch SiO₄- und AlO₄-Tetraeder geprägt, die dergestalt miteinander verknüpft werden, daß sich ein hochporöses Hohlräumssystem ausbildet (Abb. 9). In den Kanälen dieses »molecular framework« können beispielsweise H₂O, CO₂, NH₃ und organische Moleküle eingelagert werden, dies wird durch den Porendurchmesser (zwischen 0,3 und 1,2 nm) bestimmt. Bei einem Kanaldurchmesser von 0,35 nm wird z. B. Stickstoff, nicht jedoch Ar aufgenommen. So erklärt sich die Verwendung der Zeolithe als Molekularsieve.

Im allgemeinen verändert sich die Zeolithstruktur bei Ein- und Auslagerung (je nach Druck und Temperatur) nur geringfügig [24] (vgl. Abb. 9). Die kommerziell erhältlichen Zeolithe vom Typ 5A werden auf ihre Einsatzfähigkeit als Festkörpermatrix zur Fixierung von Krypton getestet. Im Kernforschungszentrum Karlsruhe wird versucht, durch Veränderung der gegebenen Grundkörper per Ionenaustausch das Fixiervermögen gegenüber Krypton zu verbessern. Der verwendete 5A-Zeolith weist, wie Abbildung 9 zeigt, zweierlei Hohlräume im Netzwerk auf, die über Öffnungen von 0,2 bzw. 0,4

20 Bruchfläche einer reaktionsgesinterten Legierung aus Beryllium mit einem Volumengehalt von 2,8 Prozent Kobalt: Durch Sintern von pulvermetallurgisch hergestellten Proben aus Berylliumpulver, das mit Nickel oder Kobalt beschichtet war, konnten im Pulvermetallurgischen Laboratorium des Max-Planck-Instituts für Metallforschung in Stuttgart metallische Werkstoffe mit Dichten unter 0,5 Gramm pro Kubikzentimeter hergestellt werden. Der Vergrößerungsmaßstab der Rasterelektronenmikroskop-Aufnahme beträgt etwa 1 : 1600. (Photo MPG)

nm verfügen. Diese Abmessungen sind vergleichbar mit der Größe des als Spaltprodukt anfallenden Kryptons. Zur Bildung der kleinen Hohlräume wird der Zeolith auf ca. 500°C aufgeheizt, durch thermische Dehnung vergrößert sich die Öffnung derart, daß Krypton, das unter einigen hundert bar Druck steht, »eingefüllt« werden kann. Beim Abkühlen verengen sich die Käfigöffnungen, Krypton ist eingeschlossen. Zu einer Freisetzung durch Rückstoß bei seiner Betaumwandlung wird es aufgrund der geringen Masse eines β -Teilchens nicht kommen. Die ersten orientierenden Langzeituntersuchungen wurden im Hinblick auf thermisches Verhalten, Bestrahlung mit hohen Gammadosen sowie Wassereintrich durchgeführt. Bis zu 450°C erfolgt keine nennenswerte Freisetzung des Kryptons.

Eine mehrwöchige Lagerung unter Wasser (Simulation eines Wassereintrichs) zeigte keine signifikante Gasfreisetzung [25]. Kr-85 ist ein weicher Betastrahler mit einer Halbwertszeit von 10 Jahren, das bisherige Entsorgungskonzept schreibt vor, daß Krypton mindestens 100 Jahre von einem Kontakt mit der Ökosphäre abzutrennen ist. Bisher wird dafür die Lagerung in Druckflaschen in Betracht gezogen, was wegen der möglichen Korrosion nicht restlos unbedenklich erscheint. Vielleicht bietet da die Anwendung von Zeolithen eine Alternative [25]. So will man ein radioaktives Edelgas »hinter Gittern« fixieren.

Um gleich bei der Kernstrahlung zu bleiben, moderne Dosimetriesysteme (Glas- und Thermolumineszenzdosimetrie) bauen auf strahlungsinduzierten Festkörpereffekten auf.

Die immerwährende Beimengung von Radionukliden aus den natürlichen Zerfallsreihen sowie des β -Strahlers K-40 führen in natürlichem Ton zu einer Strahlendosis von etwa 1 Gray*/Jahrhundert. Dadurch werden Elektronen ins Leitungsband des Festkörpers angeregt, von dort können sie in Haftstellen gelangen und »eingefroren« werden. Erwärmt man alte Keramik, so rekombinieren die Elektronen nach thermischer Haftstellenbefreiung radiativ,

d. h. es wird Licht emittiert (Thermolumineszenz). Die Intensität der Thermolumineszenz ist ein Maß für die Zeit, die das Material seit dem Brand der Einwirkung seiner radioaktiven Beimengungen ausgesetzt war. Mit Hilfe einer Eichkurve kann bei ermittelter Intensität der Thermolumineszenz das Alter der Probe ermittelt werden. Die Thermolumineszenz-methode ist zu einem Standardverfahren der Archäometrie geworden (vgl. Abb. 10).

Bei der Datierung von steinzeitlicher Bandkeramik erweist sie sich als ebenso hilfreich wie bei der Untersuchung römischer Tonwasserleitungen oder beim Datieren von antiken Bergbauaktivitäten mittels aufgefundener Tonscherben (vgl. Abb. 11). Eine interessante Untersuchungsmöglichkeit von Defektstellen in Kristallgittern bietet die Methode der »torkelnden Mesonen«. Bereits in den dreißiger Jahren forderte der japanische Physiker Hideki Yukawa aus Überlegungen der theoretischen Kernphysik heraus, daß es im Atomkern Teilchen von 200–300facher Elektronenmasse geben müsse, diese sollten für den Zusammenhalt des Atomkerns (gegenüber der Coulomb-Abstoßung) verantwortlich zeichnen. In der kosmischen Höhenstrahlung wurden sie dann entdeckt, und man nannte sie Mesonen (beispielsweise das elektrisch geladene Pion mit 273facher Elektronenmasse und das Myon mit 207facher Elektronenmasse). Pionen können über Kernreaktionen, mit im Isosynchronzyklotron auf 600 MeV beschleunigten Protonen, erzeugt werden. Beschießt man damit einen Festkörper (in der vorliegenden Untersuchung z. B. Tantal [26]), so können die implantierten Teilchen auf Gitterfehlstellen bzw. auf Zwischengitterplätze gelangen, letztere sind Plätze innerhalb des Gitters, an denen ein fremdes Teilchen den weitestmöglichen Abstand von den benachbarten (vier oder sechs) Atomkernen innehat. Da die Pionen ebenso wie die Atomkerne positive Ladung tragen, werden sie sich aufgrund der repulsiven elektrostatischen Wechselwirkung möglichst weit voneinander entfernen. Nach wenigen hundertmillionstel Sekunden zer-

fallen sie zu Myonen, die dabei eine kinetische Energie (von 4,12 MeV) erhalten. Abbildung 12 zeigt, daß die so entstandenen Myonen je nach ihrem Entstehungsort unterschiedliche Wege im Kristallgitter einschlagen, also ihre an der Probenoberfläche angenommene Emissionsverteilung Informationen über die Struktur ihrer Startplätze enthält. Myonen, die von einem Zwischengitterplatz aus starten, torkeln durch das Gitter und stoßen hier und da an die imaginären Gitterwände, allmählich werden sie in Richtung der Symmetrieachsen des Kristalls kanalisiert (»channelling«). Außerhalb treffen diese Myonen dann auf richtungsempfindliche Detektoren, die innerhalb sehr enger Winkelbereiche deutliche Anisotropie des Emissionsverhaltens indizieren. Myonen, die in Leerstellen, also auf regulären Gitterplätzen eingefangen wurden, kommen nicht in diese günstige Situation. Wann immer sie auf einen benachbarten Atomkern zulaufen, werden sie unsystematisch abgelenkt, so daß gerade in jenen Richtungen, in denen die Atomkerne regelmäßig in dichten Reihen angeordnet sind, besonders wenige Myonen aus dem Kristall austreten [26].

Abbildung 13 zeigt die rasterelektronenmikroskopische Aufnahme von Lithiumnitrid, das durch Hochdrucksynthese aus flüssigem Lithium bei 10 Atmosphären Stickstoffdruck gewonnen wurde; die sechszählige (hexagonale) Kristallsymmetrie ist gut zu erkennen. Seit Mitte der siebziger Jahre beschäftigt man sich mit Lithiumnitrid, vor allem im MPI für Festkörperforschung in Stuttgart, da es wegen seines hohen Lithiumgehalts und seines »pathologisch« deformierten Nitridions eine interessante Modellsubstanz für die Festkörpertheorie darstellt. Einkristalle werden nach dem Czochralski-Verfahren in einem Wolframtiegel hergestellt. Das Kristallwachstum liegt in der Größenordnung von fünf Millimeter/Stunde, wobei rubinrote Einkristalle bis drei Zentimeter Durchmesser und fünf Zentimeter Länge erhalten werden, die über längere Zeit der Luft beständig sind.

Lithiumnitrid ist auch im Hinblick auf elektrochemische Anwendun-

gen interessant. Es lassen sich damit z. B. Festkörperbatterien (vgl. Abb. 14) aufbauen, die gegenüber dem konventionellen Bleiakku eine Steigerung der Energiedichte um den Faktor 7 gestatten. Allerdings erfordert eine Batterie, die auf Basis eines Lithium-Ionenleiters arbeitet, eine Betriebstemperatur von 400–450°C.

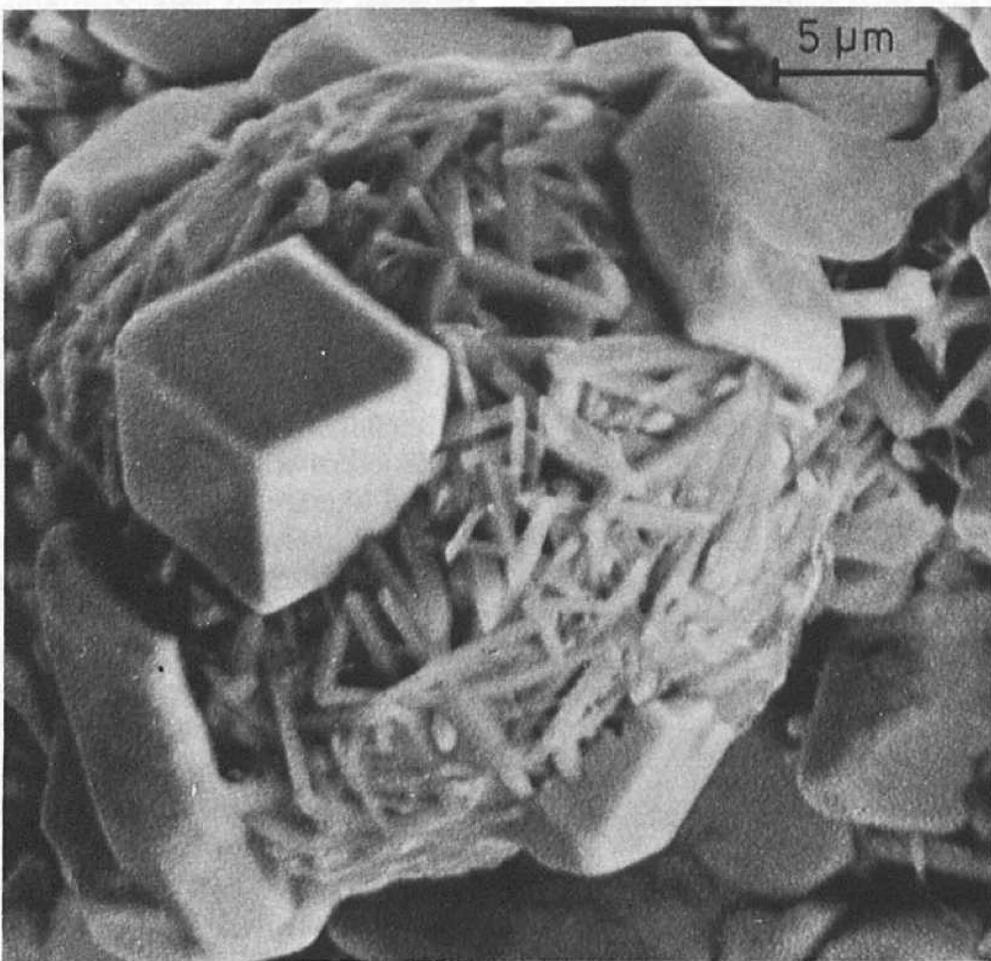
Zur Zeit ist man dabei, auf der Basis von Aluminiumoxid-Trägern sowie in Poly- und Einkristallform Lithiumbatterien zu bauen, ja überhaupt die elektrochemischen Eigenschaften zu bestimmen. Dabei steht die Gefahr der Selbstentzündlichkeit des Nitrids an der Luft im Wege, weshalb man in Inertgasgloveboxen ausweicht (vgl. Abb. 15). Die ionenleitenden Eigenschaften von Lithiumnitrid lassen sich anschaulich mit der in Abbildung 16 dargestellten Anordnung belegen. Auf einen Li_3N -Einkristall wird unter Schutzgasatmosphäre eine Lithiumelektrode als Anode aufgeschmolzen, die Kathode besteht aus einem aufgepreßten Kupfergitter. Bei 80°C wurde ein Strom von 80 mA hindurchgeschickt, worauf man nach einigen Stunden das Ausblühen von sogenannten Lithiumwhiskern (Abb. 16) durch das Kathodennetz hindurch beobachten konnte [27].

Im MPI für Metallforschung in Stuttgart arbeitet zur Zeit eine Gruppe über Herstellungsverfahren von kleinen Kugeln gleichen Durchmessers, wie sie etwa für Kugellager, die Aufbereitung von Rohstoffen oder als Träger für Katalysatoren benötigt werden. Meist wird dabei mit Hilfe eines Siebverfahrens aus einem gegebenen Ensemble eine Auswahl getroffen. Derartige Kügelchen im Bereich von zehntel bis wenigen Millimetern Durchmesser lassen sich in einem Taumelmischer aus Material heterogener Größenverteilung herstellen. Verantwortlich für dieses Verhalten zeichnet der sogenannte Sozialeffekt, denn bei der Methode entstehen aus unterschiedlichen Kügelchen lauter gleichförmige: die großen schleifen sich ab, die kleinen wachsen. Das Mischverfahren ist so zuverlässig, daß man Kugeln einer vorgegebenen Größe durch Taumelmischung einer bestimmten Men-

*1Gy = 1 J/kg

FESTKÖRPER QUO VADIS?

21 Innere Spannungen in einer Al_2O_3 - ZrO_2 -Dispersionskeramik. Aus der Abhängigkeit des Kontrastes von elektronenmikroskopischen Parametern können quantitative Aussagen über die Spannungsverteilung im Aluminiumoxid gemacht werden. (Durchstrahlungselektronenmikroskopische Aufnahme 72 000fach). (Photo MPG)



ge von zwei Kugelsorten erzeugen kann, damit ist die Möglichkeit gegeben, gezielte Gefügekstrukturen keramischer Werkstoffe aufzubauen. Die unsoziale Agglomeration, d. h. die großen Teilchen wachsen à conto der kleinen, wird durch besondere Bewegungsabläufe aufgrund der Wechselwirkungskräfte zwischen einzelnen Pulverteilchen erreicht. Dazu

wird das Pulver in einem taumelnden Zylinder durcheinandergerüttelt. Die Taumelbewegung verhindert, daß sich im Inneren Zonen bilden, in denen praktisch keine Bewegung stattfindet. Statt dessen sind im Taumelbehälter die Druck- und Stoßkräfte der sich aneinanderlagernden (agglomerierenden) Teilchen größer. Dies führt zur Zertrümmerung der kleinen Kügelchen und zu einer perfekten Abrundung der damit stabileren, größeren Spezies. Dadurch gewinnen letztere eine solche große Festigkeit, daß sie sich nicht mehr gegenseitig zerstören können. Einfluß auf die Agglomeration haben Neigungswinkel, Drehgeschwindigkeit und Füllungsgrad des Taumelbehälters sowie, vor allem bei hochgetrockneten Pulvern, die Luftfeuchtigkeit und zusätzlich verwendete Bindemittel. Je nach Wahl lassen sich damit gleiche Kugeln mit Durchmessern zwischen 0,1 und 3 Millimeter herstellen (Abb. 17, 18) sowie Kugeln, die sich aus einzelnen Schalen aufbauen, porös bzw. innen hohl oder mit Einbuchtungen an der Oberfläche versehen sind. Bricht man die Agglomeration bereits in der zweiten Wachstumsstufe ab, entstehen tetraederförmige Gebilde (Abb. 19). Das gemeinsame Prinzip ist die Zusammenballung einzelner Pulverteilchen durch eine systematische Bewegung des Pulverbetts, ohne daß die chemischen Eigenschaften der Pulverteilchen verändert werden. Wir sind am Ende des kleinen Rundgangs in den Festkörperwissenschaften angelangt, der die weitreichende Bedeutung der Festkörperchemie und der Festkörperphysik für die Grundlagen-

22 Bruchgefüge eines kupferreichen Dentalamalgams. Nach dem Amalgamieren ternärer Silber-Kupfer-Zinn-Pulver bildet sich um die Ausgangspulverteilchen netzförmig angeordnet die Kupfer-Zinn-Phase Cu_6Sn_5 . Die Silber-Quecksilber-Phase Ag_3Hg_4 dagegen kristallisiert aus quecksilberreichen Gebieten. Durch die Anordnung und das Wachsen der Kupfer-Zinn-Phase schwellen derartige Amalgame an. Dabei sind die durch die Cu_6Sn_5 -Kristallisation entstandenen Hohl-

forschung sowie die breite Palette der alltäglichen Anwendung zeigt. Die Abbildungen 20–22 stehen noch einmal stellvertretend für den Zyklus der Festkörperwissenschaften; Materialsynthese, Bestimmung und Auslotung der Materialeigenschaften, Suche nach Anwendungsbereichen verknüpft mit Grundlagenforschung auf allen drei Sektoren, womit sich der Kreis schließt. Zum Abschluß dieser knappen, zugegebenermaßen subjektiv beeinflussten Rundschau sei ein Auszug aus der Rede des Bundespräsidenten wiedergegeben, die er anlässlich der Festsetzung der Deutschen Physikalischen Gesellschaft bei der 44. Physikertagung 1980 im Auditorium Maximum der Universität Bielefeld am 5. 3. 1980 hielt [32].
»Es wird oft behauptet, unser Leben habe sich durch die modernen Naturwissenschaften und ihre technische Anwendung in diesem Jahrhundert mehr verändert als in zwei Jahrtausenden vorher. Und es ist nicht zu bestreiten, daß die Einwirkungen des Menschen und seiner Technik das Gesicht seiner Umwelt in unseren Tagen radikaler verwandelt haben als je zuvor. Mit dieser Erkenntnis ist sich wohl die ganze heute lebende Generation der tiefen Problematik dieser Veränderungen bewußt geworden. Neben Stolz und Faszination treten bei der Betrachtung des wissenschaftlich-technischen Fortschritts Beklemmung und Skepsis. Und doch hat der sogenannte technische Fortschritt uralte Menschheitsträume erfüllt. So die Sehnsucht des Fliegens, die Goethe im Osterspaziergang unvergleichlich beschworen hat, wo Faust der untergehenden Sonne nachruft:

räume mit flüssigem Quecksilber aufgefüllt. Im Endstadium der Erhärtung verschwindet reaktionsbedingt das flüssige Quecksilber durch weiteres Eindiffundieren in die Ausgangspulverteilchen unter Porenbildung. Dies ruft einen Schrumpfungsprozeß durch Festphasensintern hervor, der gegenüber dem Schwellung verursachenden Eindringen des Quecksilbers in die Teilchen überwiegt. (Aufgenommen im Rasterelektronenmikroskop mit Kühltischvorrichtung). (Photo MPG)

O daß kein Flügel mich vom Boden hebt,
Ihr nach und immer nach zu streben!

Ich sah im ewigen Abendstrahl
Die stille Welt zu meinen Füßen,
Entzündet alle Höhn, beruhigt jedes Tal,
Den Silberbach in goldne Ströme fließen ...

Freilich sieht die Verwirklichung dieses Traums oft anders aus. Die meisten Menschen erleben ihn in einer Großraummaschine des modernen Massentourismus. Mit der Erschließung der Nuklearenergie ist das Wunschbild einer dem Menschen dienstbaren, nahezu unerschöpflichen Kraft Wirklichkeit geworden – aber zugleich auch die bisher radikalste Bedrohung menschlicher Existenz. Viele Millionen haben im Fernsehen die völlige Lösung des Menschen von irdischer Schwere und seine erste Landung auf dem Mond beobachten können. Aber indem die Mondflüge und der Vorstoß von

Raumsonden zu den Planeten die extreme Unwirtlichkeit der benachbarten Himmelskörper erwiesen, wurde der Menschheit bewußt, daß es keine Flucht von unserem überfüllten Planeten geben wird.

Die Physiker werden fortfahren, mit Raumsonden und Satelliten, mit Radioteleskopen und Zyklotronen immer neue Geheimnisse des Makro- und Mikrokosmos aufzudeckeln. Aber wir werden es hier in unseren Dimensionen mit den wachsenden Problemen einer wachsenden Menschheit aufnehmen müssen. Die Frage, ob die Hervorbringungen unserer Technologie, die rohstoff- und energieaufwendigen Produktionsweisen unserer Industrien überall die richtigen Ansätze für die Lösung unserer Zukunftsaufgaben bieten, wird nicht jeder mit einem zuversichtlichen Ja beantworten. Sicher werden von den Physikern aber auch mehr rohstoffsparende und umweltschonende Verfahren entwickelt werden. «



Literatur:

- [1] Eilenberger, G.: »Festkörperphysik: Quo vadis?«, Physikalische Blätter 37, 69 (1981)
- [2] Pobell, F.: »Quidquid agis prudenter agas – natürlich auch in der Festkörperphysik«, Physikalische Blätter 37, 71 (1981)
- [3] Heywang, W.: »Festkörperphysik – Quo vadis? Ein weiterer Beitrag zur Diskussion während des »Tages der Physik« im Physikzentrum im November 1980«, Physikalische Blätter 37, 152 (1981)
- [4] Bilz, H.: »Festkörperphysik: am Ende? – Eine Gegenrede«, Physikalische Blätter 37, 277 (1981)
- [5] Lüscher, E., H.-J. Jodl: Physik einmal anders, München 1976
- [6] Queisser, H.-J.: Festkörperforschung, Carl Friedrich von Siemens Stiftung, Themen XXI, München 1975
- [7] Shockley, W.: Bell System Technical Journal 28, 435 (1949)
- [8] Bardeen, L. W. H. Brattain: Physical Review 74, 230 (1948)
- [9] Shockley, W., M. Sparks, G. K. Teal: Physical Review 83, 151 (1951)
- [10] Bohle, G., E. Hofmeister: Halbleiterbauelemente für die Elektronik, München 1980
- [11] Grabmaier, I., H. Schneider, E. Lebetzki, N. Douklias: »Preparation of Low-Loss Optical Fused – Silicia Fibers by Modified Chemical Vapour Deposition Technique«, Siemens Forschungs- und Entwicklungsberichte 5, 171 (1976)
- [12] Lüscher, E.: Aktuelle Physik, München 1978

[13] Coufal, H.-J., E. Lüscher: »Photoakustische Spektroskopie – Eine vielversprechende neue Technik?«, Physik in unserer Zeit 9, 46 (1978)

[14] Schwankner, R.: »Laser 1917–1978«, Kultur & Technik 3, 12 (1979)

[15] Maiman, Th. H.: »Stimulated Optical Radiation in Ruby«, Nature 187, 493 (1960)

[16] Maiman, Th. H.: Physical Review Letters 4, 564 (1960)

[17] Schwankner, R.: Laseranwendungen in der Experimentalchemie – Ein Praktikum, München-Wien 1978

[18] Ratheiser, L., H. Pichler: Optoelektronik, München 1976

[19] Gillich, H.: Lichtleiter – Lichtleitstäbe – Lichtleitkabel in Theorie und Praxis, Stuttgart-Botnang 1971

[20] von Klitzing, K. et al: Physical Review Letters 45, 494 (1980)

[21] Der Bundesminister für Forschung und Technologie (Hrsg.): Baumgärtner, F.: Sicherheit und Umweltschutz bei der nuklearen Entsorgung, Bonn 1979

[22] Penzhorn, R.-D.: Long-Term Storage of Kr-85 in Zeolite 5 A, 16th DOE NUCLEAR AIR CLEANING CONFERENCE

[23] Penzhorn, R.-D., P. Schuster, H. E. Noppel, L. M. Hellwig: »Long-Term Storage of Krypton-85 in Zeolites«, IAEA-SM-245/10, 291, Wien (1980)

[24] Semenov, I. N., K. V. Ovčinnikov: Interessante anorganische Verbindungen, Leipzig 1975

[25] Körting, K.: »Endlagerung von Krypton 85: Radioaktives Edelgas hinter Gittern«, Physikalische Blätter 36, 171 (1980)

[26] Maier, K., G. Flik, et al: Physics Letters 83 A, 341 (1981)

[27] Generalverwaltung der Max-Planck-Gesellschaft (Hrsg.): Max-Planck-Institut für Festkörperforschung, Stuttgart, Berichte und Mitteilungen der MPG (1/1978)

München Mosaik
November 1981
Heft 11, 7. Jahrgang
Postverlagsort München
Preis DM 4,-
Mit der Beilage
Kunst in München

Ernst Maria Lang
Respektloses über die
Zeit und Zeitgenossen

Karl Schenker
Nur vom Dichten können
junge Autoren nicht leben

Hans-Peter Rasp
Münchner Hochsaison
der Glaskünstler

Siegfried Sommer
Atombomben-Philosophie

aktuelle Reportage
83 München – Aktive Olympiade der Gärtner aus aller Welt

Lieben Sie München —

die Stadt der Kunst und Kultur und des vielfältigen Münchner Lebens?!

Das »München Mosaik«, die seit zehn Jahren angesehene und beliebte Monatszeitschrift, bringt Ihnen Münchnerisches ins Haus, wie es die Freunde der bayerischen Landeshauptstadt in aller Welt mögen.

Mit dem großen KUNST- und KULTUR-TERMINKALENDER für die Theater, Konzerte und die Bildende Kunst

Kostenlos bieten wir Ihnen die Möglichkeit, das »München Mosaik« kennenzulernen.

Bitte schicken Sie den untenstehenden Abschnitt – frankiert – auf einer Postkarte an den **Verlag »München Mosaik«, Abt. Vertrieb, Viktor-Scheffel-Straße 10, 8000 München 40.** Und nennen Sie uns, wenn Sie wollen, auch Freunde, Bekannte und Geschäftspartner, die an einem kostenlosen Probeheft interessiert sind.

Schicken Sie mir ein kostenloses Probeheft: ✂

Vor- und Zuname

Straße und Hausnummer

PLZ/Wohnort

✓

Eine Neuerwerbung für die M

Gesamtansicht des Hammerflügels, Mitteldeutschland (?), um 1770



Musikinstrumenten-Sammlung

Anlässlich der ersten Eröffnung des Deutschen Museums im November 1906 in provisorischen Räumen konnte schon ein ansehnlicher Bestand an Musikinstrumenten gezeigt werden. Dies war nur möglich, weil seit der Gründung des Deutschen Museums eine

Musikinstrumenten-Sammlung, damals als »Technische Akustik« bezeichnet, als Teil der Abteilung Physik eingeplant war und der Bestand an Instrumenten durch zielstrebig betriebenen Ankauf, durch Tausch oder durch Stiftungen schnell zunahm.

Nach Fertigstellung des jetzigen Museumsbaues (1925) bezog die Musikinstrumenten-Sammlung die im wesentlichen noch heute belegten Räume, deren repräsentativster der sogenannte »Musiksaal« ist. In ihm ist die technisch-historische Entwicklung der Tasteninstrumente, also Klavichorde, Kielinstrumente, Hammerklaviere und Orgeln, dargestellt.

Die im Gegensatz zu anderen Museen geübte Praxis, die Instrumente einem breiten Publikum nicht nur vor Augen, sondern auch vor Ohren zu führen, verlangt jedoch eine intensive technische Betreuung, die seit 1950 erstmals durch eine hauseigene Restaurierungswerkstätte fachgerecht durchgeführt werden kann.

Die Begrenzung der Sammlung auf die Darstellung der technischen Entwicklung der Musikinstrumente bis zu den heute verwendeten bringt es mit sich, daß (auch aus Platzgründen) nicht jedes entdeckte oder angebotene Instrument aufgenommen werden kann. Da und dort klaffen aber noch einige Lücken, die zu schließen weiterhin das Bestreben der Museumsleitung sein wird.

Die Beschaffung originaler Instrumente ist aber, je älter sie sind, um so schwieriger, wenn nicht unmöglich. Dabei sind nicht nur die Angebote rar, sondern auch die dafür notwendigen Geldmit-

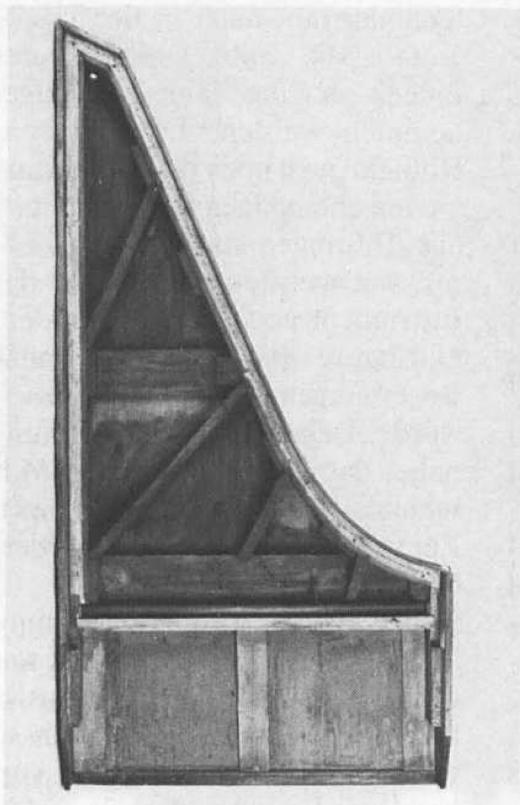
tel. Daß es trotzdem noch möglich ist, durch beharrliches Suchen, aber auch durch glückliche Zufälle, zu wertvollen Instrumenten zu kommen, soll im nachfolgenden am Beispiel eines im vorigen Jahr erworbenen Hammerflügels des 18. Jahrhunderts aufgezeigt werden.

In Roßfeld, einem kleinen Dorf in der nordwestlichsten Ecke Bayerns gelegen und halbkreisförmig von der DDR-Grenze umschlossen, wurde anlässlich der Renovierung eines alten Gutshauses, im Dachgeschoß eingemauert, ein klavierähnliches Objekt entdeckt. Ein zu Rate gezogener Klavierbaumeister erkannte das dick mit Staub bedeckte, hölzerne Etwas als einen alten Hammerflügel. Da dieser Fachmann auch sammelte, bot er sich an, das Instrument zu bergen und zu kaufen.

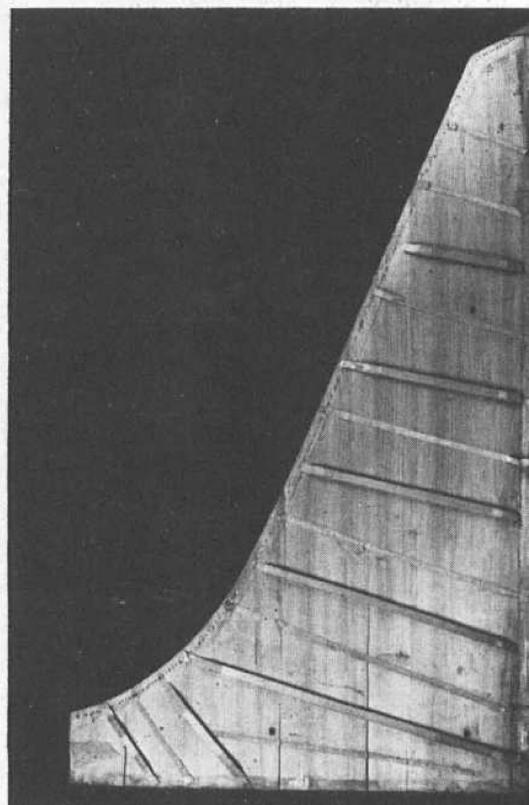
Obwohl sich die Bergung sehr umständlich und aufwendig gestaltete, das Dach mußte zum Teil abgedeckt, die Latten herausgeschnitten und das Instrument von der Höhe des ersten Stockes abgeseilt werden, konnte der Flügel mit all seinen um ihn liegenden Kleinteilen wohlbehalten ans Tageslicht gebracht werden.

Durch den guten Kontakt mit Fachkollegen kam die Nachricht vom Vorhandensein dieses Instrumentes an das Deutsche Museum. Auf Anfrage meinte der Besitzer, daß es sich wahrscheinlich um ein Instrument von Gottfried Silbermann¹ handele. Da dies einer Sensation gleichgekommen wäre, erboten wir uns, bei der Bestimmung des Flügels behilflich zu sein. Leider stellte sich aber schon bei der ersten Untersuchung heraus, daß dieser erst nach Silbermanns Tod entstanden sein kann, obwohl tatsächlich einige Merkmale der Silbermannschen Bauweise festzustellen sind.

Der zierlich wirkende Flügel ist 1920 mm lang, 944 mm breit und



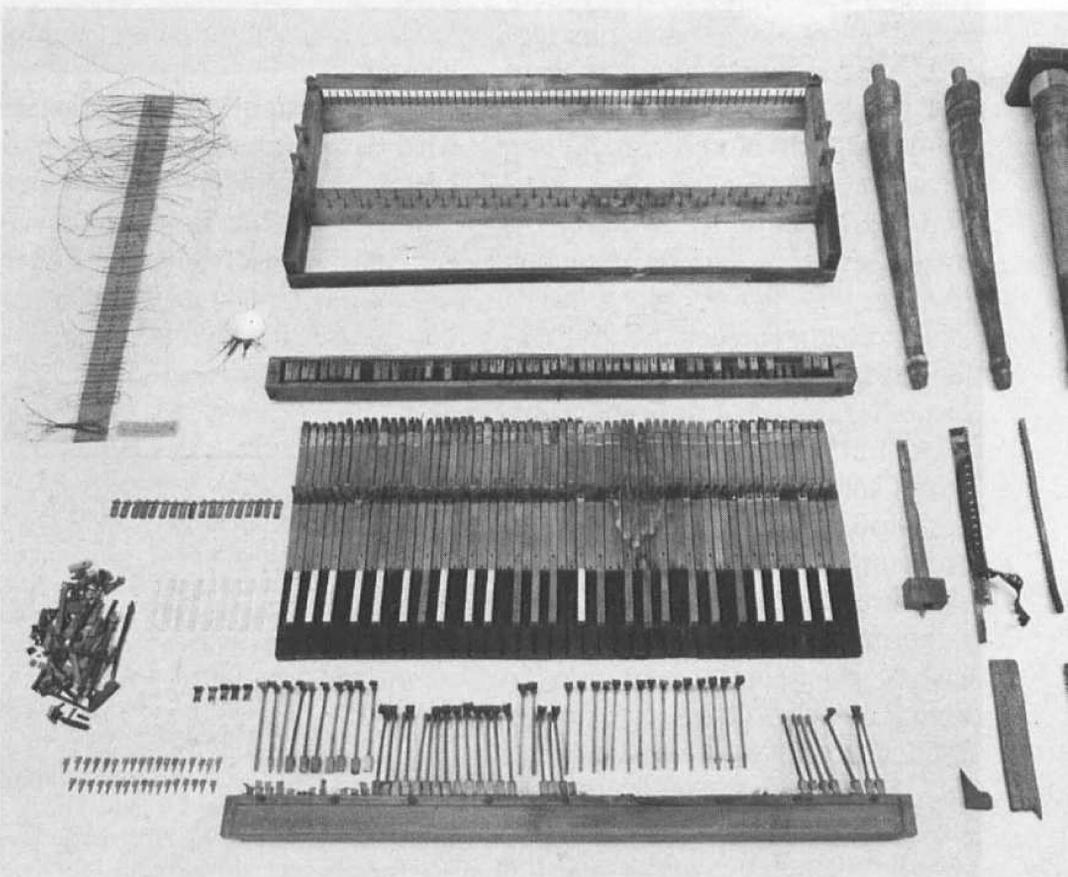
Geöffneter Flügelkorpus



Unterseite des Resonanzbodens mit Rippen und Leinenstreifen gegen Rißbildung

Die geordneten Kleinteile des Flügels, von links oben: Saitenreste, Klaviaturrahmen, Füße, Kastendämpfung, Stoßzun-

gen, Klaviatur, Kniedrücker, Dämpfungsrechen, Stattelsteg, versch. Bruchstücke, Hämmer mit Hammerbalken



Eine Neuerwerbung für die Musikinstrumenten-Sammlung

199 mm hoch, auf den 3 gedrehten seltenen Beinen stehend 794 mm. Das Gehäuse besteht aus massivem Eichenholz, ebenso der dreiteilige, auf Rahmen und Füllung gearbeitete Deckel.

Die Klaviatur hat einen Umfang von F_1-f^3 (5 Oktaven), die Untertasten sind mit Ebenholz, die Obertasten mit Bein belegt. Der Saitenbezug weist zwei Saiten pro Ton auf (zweichörig), wobei besonders interessant ist, daß die Saiten unter dem Stimmstock verlaufen und dort an durchgesteckten Wirbeln aufgezogen sind. Diese Bauart ist schon von Cristofori bekannt (Hammerflügel von 1726 im Musikinstrumenten-Museum der Karl-Marx-Universität, Leipzig, Inv.-Nr. 170) und wurde auch von G. Silbermann übernommen. Die Saiten fehlen, doch sind an den meisten Wirbeln noch Saitenreste erhalten, die auf die Durchmesser und das Material schließen lassen: Die Saiten von F_1-d waren aus Messing mit Durchmessern von 1,1 – 0,67 mm. Die übrigen Saiten bestanden aus Eisen, mit Durchmessern von 0,67 bis 0,39 mm.

Die Saitenlängen sind nur bedingt anzugeben, da der Sattelsteg unter dem Stimmstock abgefallen ist und somit der 2. Fixpunkt zur Messung fehlt: $F_1 \sim 1475$ mm, $C \sim 1255$ mm, $c \sim 855$ mm, $c^1 \sim 470$ mm, $c^2 \sim 235$ mm, $c^3 \sim 130$ mm.

Auffallend und unseres Wissens von keinem anderen Instrument bekannt, ist die Anordnung des Resonanzbodens. Dieser ist nicht wie üblich horizontal eingeleimt, sondern nach hinten um 50 mm steigend. Der Zweck dieser sonderbaren Bauweise konnte bis jetzt noch nicht verstanden werden.

Die Stoßzungenmechanik mit einfacher Auslösung steht der am Ende des siebten Jahrzehntes entwickelten »Englischen Mechanik« schon sehr nahe. Die Anordnung der Stoßzunge und deren Wegbegrenzung durch eine Stellpuppe erinnern allerdings wieder sehr an Silbermann bzw. Cristofori.

Die Kastendämpfung ist von einem Kniehebel über eine 8kantige Eichenholzwehle, gleich den Wellen der mechanischen Orgeltaktur, anzuheben: »Fortex«. Ein zweiter Kniehebel senkt eine mit

einer Stoffrolle garnierte Leiste auf die Saiten F_1-c^1 : »Laute«. Das Innere des Flügels besticht durch seine saubere Verarbeitung. Alle Teile sind ohne Leimüberstand verleimt und mehrfach gedübelt. Das ganze Innere ist mit Bolus² angestrichen.

Nach umfangreichen Recherchen und Gesprächen mit anderen Sammlungen, auch in der DDR, konnte die Entstehungszeit des Flügels um das Jahr 1770 angenommen werden. Es konnte in Roßfeld auch noch die Erinnerung an den ehemaligen Besitzer, einen aus Thüringen stammenden Lehrer, wachgerufen werden, der das Instrument noch vor 1900 in dem Gutshause gelagert haben muß, wo es eingemauert und vergessen wurde. Daher liegt die Vermutung nahe, daß das Instrument in Mitteleuropa, dem damaligen Zentrum des deutschen Klavierbaues, angefertigt wurde.

In der Musikinstrumenten-Sammlung des Deutschen Museums war ein Flügel aus der Zeit der musik- und instrumentengeschichtlich so wichtigen Frühklassik nicht vorhanden. Es war deshalb wünschenswert, dieses Instrument für die Sammlung zu erwerben.

Nach langwierigen Verhandlungen mit dem Besitzer, der als Klavierbaumeister sehr wohl den Wert, aber auch die Schwierigkeit der Restaurierung einzuschätzen wußte, konnte der Flügel zu einem für beide Seiten akzeptablen Preis der Sammlung des Deutschen Museums eingegliedert werden.

In der Restaurierungswerkstätte wird das durch die unsachgemäße Lagerung doch sehr in Mitleidenschaft gezogene Instrument zur Zeit mit aller zur Gebote stehenden Vorsicht in langwieriger Arbeit wieder in spielbaren Zustand versetzt.



¹ Gottfried Silbermann, 1683–1753, in Sachsen wirkend, war einer der berühmtesten Orgel- und Klavierbauer seiner Zeit. Seine Klaviere und die seiner Schüler gaben den Anstoß für die Verbreitung dieses damals noch unbekanntes Tasteninstrumentes, das Bartolomeo Cristofori in Florenz Anfang des 18. Jahrhunderts erfunden hatte.

² Bolus = mit Rinderblut und Schlämme vermischte Leimfarbe, im alten Orgelbau zum Innenanstrich (Oberflächenhärtung) von Holz Pfeifen und Windladen verwendet.



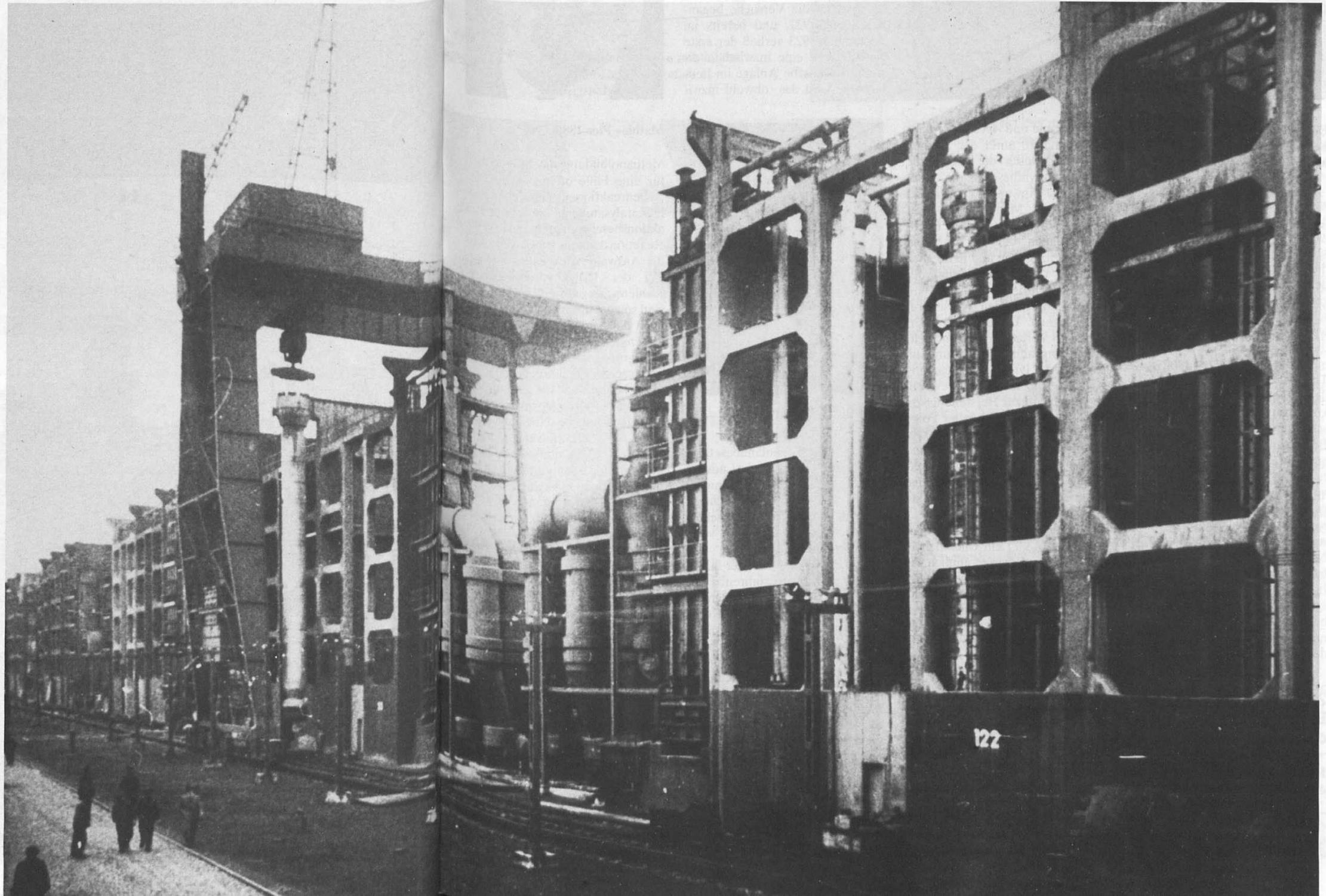
Musiksaal des Deutschen Museums München, 1970

Friedrich Bergius 1884–1949



Zur Geschichte der Kohleverflüssigung

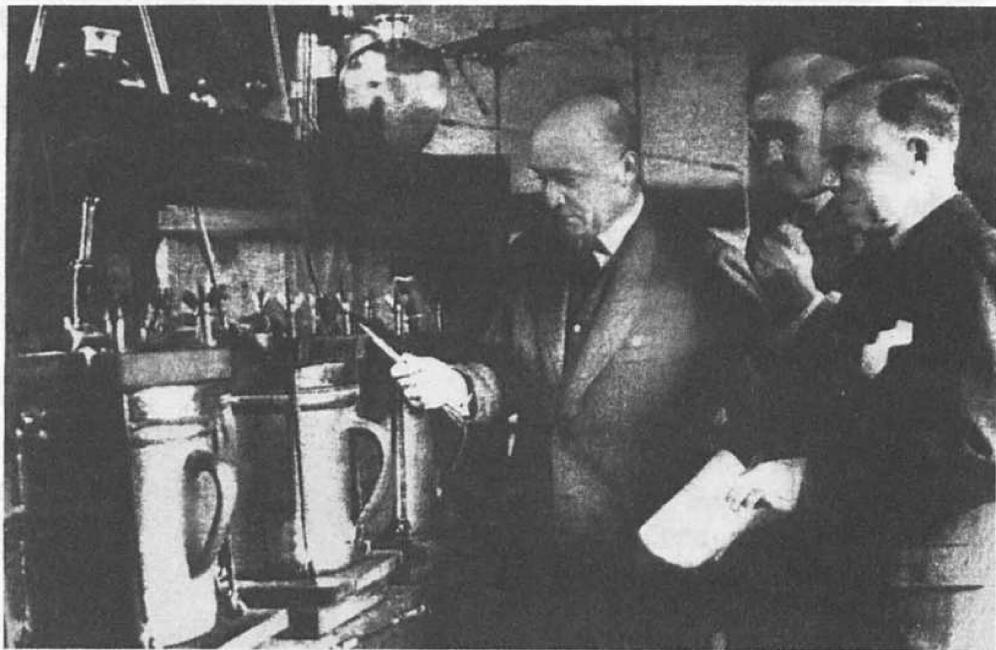
Diese historische Aufnahme zeigt eine Ende der dreißiger Jahre auf Basis des bei BASF zur Produktionsreife entwickelten Bergius-Pier-Verfahrens gebaute Kohlehydrieranlage. Die seinerzeit gesammelten Erfahrungen fließen auch heute noch in die Entwicklung moderner Hydrieranlagen ein.



1. Die grundlegenden Versuche von Friedrich Bergius

Friedrich Bergius (geb. 1884)¹⁾ erhielt 1909 als Assistent von Prof. Haber an der Technischen Hochschule Karlsruhe die Anregung zur Beschäftigung mit Hochdruckreaktionen der Chemie, spez. mit Hydrierung, d. h. der Anlagerung von Wasserstoff an andere Elemente zur Erzeugung neuer Verbindungen. Haber beschäftigte sich und eine Anzahl begabter Mitarbeiter mit der Hydrierung von Stickstoff zu Ammoniak, ein Verfahren, welches später zur großtechnischen Ammoniaksynthese ausgebaut wurde und als Haber-Bosch-Verfahren noch heute vornehmlich zur Erzeugung von Düngemitteln angewendet wird. Bergius blieb nicht lange bei Haber, sondern habilitierte sich 1911 als Privatdozent an der Technischen Hochschule Hannover, wo er zunächst im Institut für Physikalische Chemie von Prof. Bodenstein arbeitete, und zwar von Anbeginn über Hochdruckverfahren. Diese Arbeiten erforderten aber bessere apparative Mittel, als sie damaligen Hochschulinstituten zur Verfügung standen, und Bergius entschloß sich daher zur Gründung eines privaten Laboratoriums. Die Finanzierung geschah zunächst mit eigenen Mitteln, später in Anlehnung an die Th. Goldschmidt AG in Essen, deren einer Inhaber, Dr. Karl Goldschmidt, sich als Freund und großzügiger Förderer erwies. Bergius wurde 1914 verantwortlicher Leiter eines neu errichteten Forschungslaboratoriums auf dem Gelände des Essener Werkes und 1916 sogar Vorstandsmitglied. Das wichtigste Ergebnis der damaligen Arbeiten war die Auffindung der hydrierenden Reaktion des Wasserstoffs unter hohem

Druck und hoher Temperatur mit schweren Rückstandölen und Steinkohle. Aus einem Kilo Kohle wurde neben anderem etwa ein halbes Reagenzglas voll Benzin gewonnen, der verheißungsvolle Beginn eines langen und mühseligen Weges. Auf das Verfahren wurde 1913 das grundlegende DRP 301231 erteilt, dem noch zahlreiche Ausführungs- und Ergänzungspatente in der ganzen Welt folgen sollten. Die »Erdöl- und Kohleverwertungs AG« verwaltete den Patentbesitz als neugegründete Holding-Gesellschaft. Aufgrund der in Hannover und Essen erarbeiteten Ergebnisse wurde eine halbtechnische Versuchsanlage in Mannheim-Rheinau erstellt, wo die »Deutsche Bergin AG«, an der Th. Goldschmidt maßgeblich finanziell beteiligt war, die Versuche in halbtechnischem Umfang begann. Es wurde zunächst in 10-l-Autoklaven immerhin schon mit 150 bar Wasserstoffdruck und 450 °C gearbeitet. Es ergaben sich aber erhebliche Schwierigkeiten bei der späteren Ausdehnung der Versuche auf größere Einheiten (zuletzt mit 4000 l Inhalt), und die Autoklaven erlaubten nur bedingt kontinuierlichen Betrieb. Auch ließ die Ausbeute an niedrig siedenden Kohlenwasserstofffraktionen (Benzinen) zu wünschen übrig. Zu allem kamen die äußerst schwierigen Kriegs- und Nachkriegsverhältnisse, vor allem Probleme der Finanzierung infolge der damaligen rapide steigenden Geldentwertung. Dies machte die Position der Bergin-Gesellschaft immer schwieriger, und man entschloß sich daher, die weitere Verfahrensentwicklung einem leistungsfähigen Unternehmen der chemischen Großindustrie zu übergeben. Die BASF (Badische Anilin- und Sodafabrik) in Ludwigshafen übernahm 1924 die einschlägigen Schutzrechte und führte die Ent-



Eine Batterie Autoklaven im Bergius-Versuchsbetrieb Mannheim-Rheinau

wicklung mit der geballten Kraft eines Großunternehmens ohne die weitere Mitwirkung von Bergius selbständig weiter. Aber es verdient doch festgehalten zu werden, daß die Verfahrensgrundlagen und auch der Beginn technischer Realisierung* mehr oder weniger alleine auf Bergius und die ihm gewährte ideelle und finanzielle Unterstützung durch die Th. Goldschmidt AG und die anderer Geldgeber (im sog. Kohlekonsortium 1918 zusammengeschlossen) zurückgehen.

Bergius wandte sich nach 1927 anderen Arbeiten zu, insbesondere der chemischen Umwandlung von Cellulose zu für Ernährung geeigneten Kohlehydraten, der sog. Holzverzuckerung, die zeitweilig, insbesondere in Zeiten der Nahrungsmittelknappheit, erhebliche Bedeutung erlangte.

Im Jahre 1931 erhielt Bergius zusammen mit Carl Bosch den Nobelpreis für Chemie in Anerkennung der geleisteten Arbeit auf dem Gebiet der Kohlehydrierung.

2. Die frühe Entwicklung bei der BASF

Bei der BASF lagen insofern reiche Erfahrungen in der Hoch-

druckchemie und -technik vor, als dort seit 1910 unter der Leitung von Carl Bosch die Habersche Ammoniaksynthese in die großtechnische Anwendung überführt worden war. Man war gewohnt, mit gewaltigen, stählernen Hochdruckgefäßen bei 200 bar und 450°C umzugehen und hatte auch gelernt, der Versprödung der Stähle durch bei der hohen Temperatur angreifenden Wasserstoff zu begegnen. Diese Synthese erlangte im Verlauf des ersten Weltkriegs ungeahnte Bedeutung im Rahmen der Unabhängigmachung von Chilesalpeter, einem wesentlichen Rohstoff zur Herstellung von Sprengmitteln. In schneller Folge wurden die Ammoniakwerke Oppau bei Ludwigshafen (1914) und Leuna bei Merseburg (1917) errichtet, die heute noch wichtige Produktionsstätten für Produkte aus Luftstickstoff sind.

Im Jahre 1920 trat mit Mathias Pier (geb. 1882) ein Chemiker in die BASF ein, dem es ähnlich wie Carl Bosch bei der Ammoniaksynthese bestimmt sein sollte, die Kohlehydrierung zur technischen Reife zu führen, so daß es völlig gerechtfertigt ist, dieses Verfahren nach Bergius-Pier zu benennen, wie ja auch Haber-Bosch das Kennzeichen der Ammoniaksynthese ist. Die Anekdote erzählt, daß Prof. Nernst seinem scheidenden Schüler und Assistenten das Wort mitgab: »Vergessen Sie das Kohlenoxyd nicht.« So war es nur folgerichtig, daß Pier sich unter Ausnutzung der im Werk vorhandenen Hilfsmittel der Hochdrucktechnik an die Hydrierung von Kohlenoxyd machte mit dem Ziel

der Gewinnung von Methanol. Diese Versuche führten durch Ausnutzung der Erkenntnisse von Alwin Mittasch (geb. 1865) bezüglich optimaler Wahl der Reaktionsbeschleuniger (Katalysatoren) in erstaunlich kurzer Zeit zum Ziel. Das Wort von Carl Bosch »Ein großes technisches Problem braucht 10 Jahre, um fabrikreif zu werden« galt hier nicht, denn die Versuche begannen Ende 1922, und bereits im September 1923 verließ der erste Kesselwagen eine inzwischen erstellte technische Anlage im Leunawerk. Und das, obwohl inzwi-



Mathias Pier 1886–1965

Methanolbildung die Möglichkeit für eine Fülle oft unerwünschter Nebenreaktionen. Der angewandte Katalysator muß außer der Reaktionsbeschleunigung auch eine Reaktionslenkung bewirken, was die Auswahl naturgemäß einengt. Bei der Druckhydrierung von Kohlenwasserstoffen schließlich sind sowohl die Ausgangsstoffe als auch das Endprodukt kompliziert zusammengesetzt, und es ist daher eine große Zahl wiederum oft unerwünschter Reaktionen möglich. Dazu kommt, daß die Zusammensetzung des Ausgangsmaterials je nach Herkunft verschieden ist und daß oft Schwefelverbindungen darin enthalten sind, die zu den gefürchteten Katalysatorgiften gehören, denen man zunächst nur schwer begegnen konnte. Obwohl die prinzipielle Machbarkeit durch die Arbeiten von Bergius bewiesen war, gehörte doch unternehmerischer Mut dazu, die ungewisse wirtschaftlich-technische Realisierung einzuleiten, und eben diesen Mut hatte Carl Bosch, der inzwischen Generaldirektor des Ludwigshafener Werks geworden war. Auf seine Veranlassung wurde 1924 einer Arbeitsgruppe »Hochdruckversuche« die Aufgabe der Katalysatorentwicklung gestellt, und zwar zunächst für die Hydrierung von Braunkohlenteer aus dem Oppauer Werk. Von Anfang an wurde nicht statisch in Autoklaven, sondern in strömenden Gasen gearbeitet, und zwar in Apparaten einfachster Art, die man als Reagenzgläser des Hochdruckchemikers bezeichnet hat.**

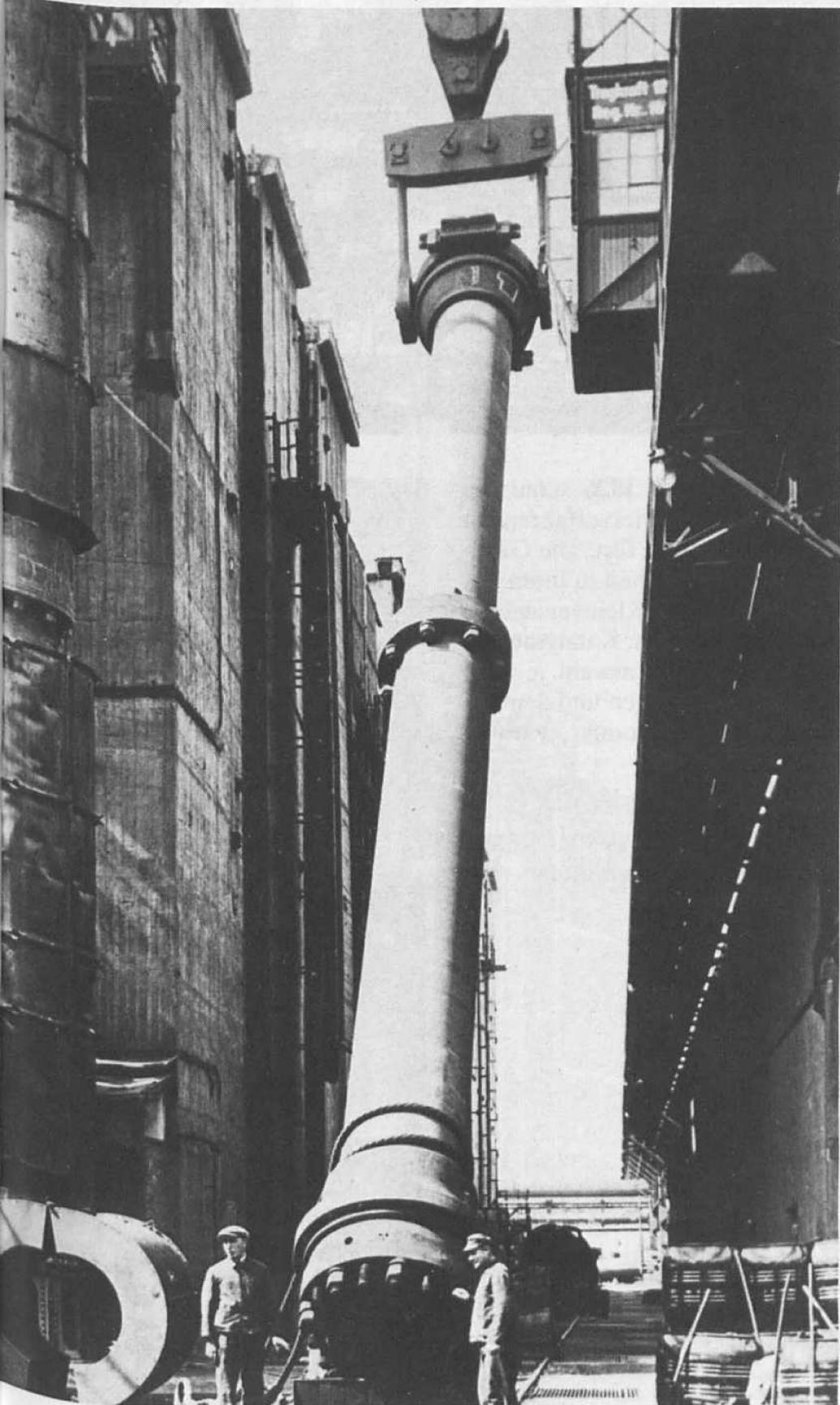
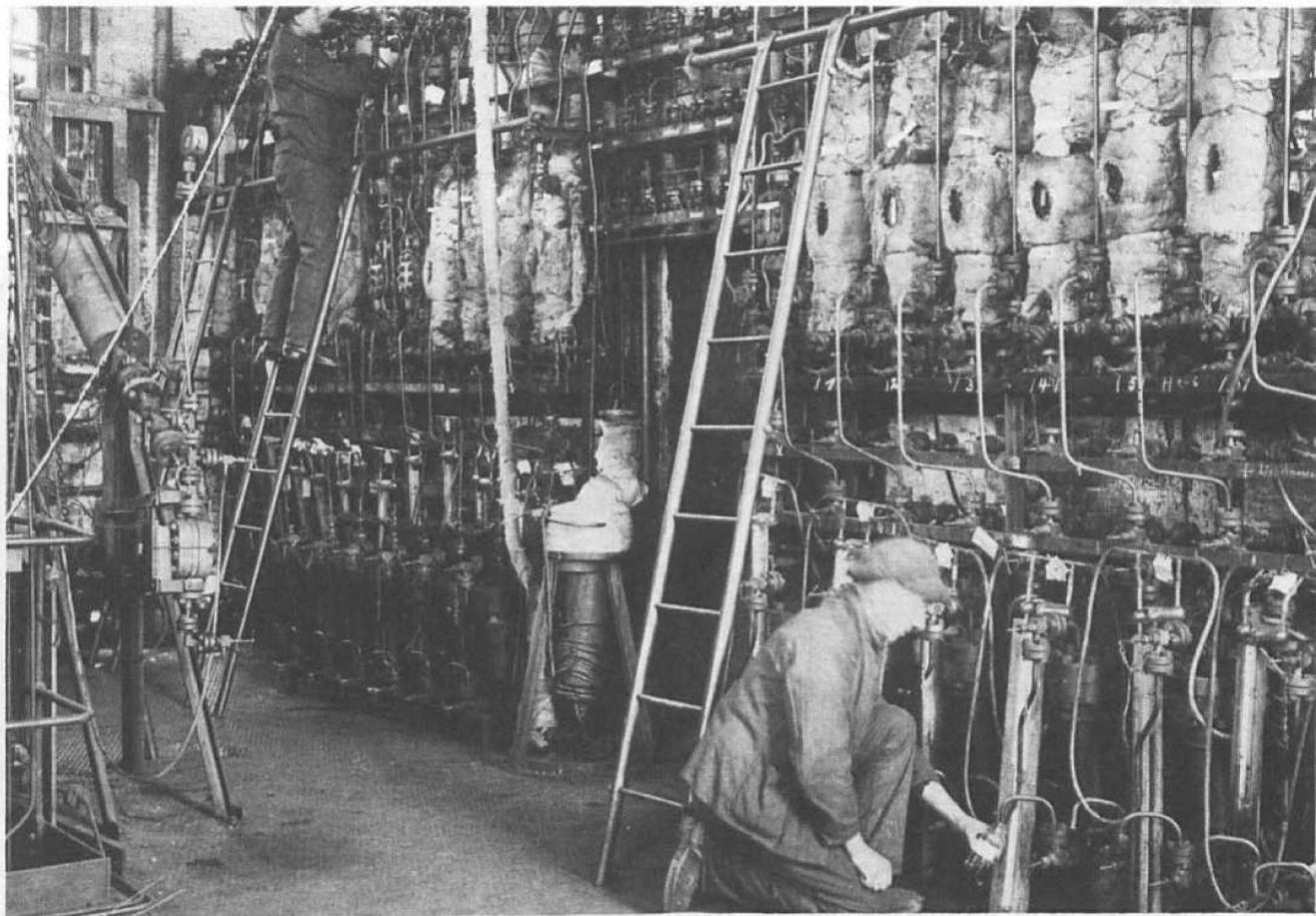
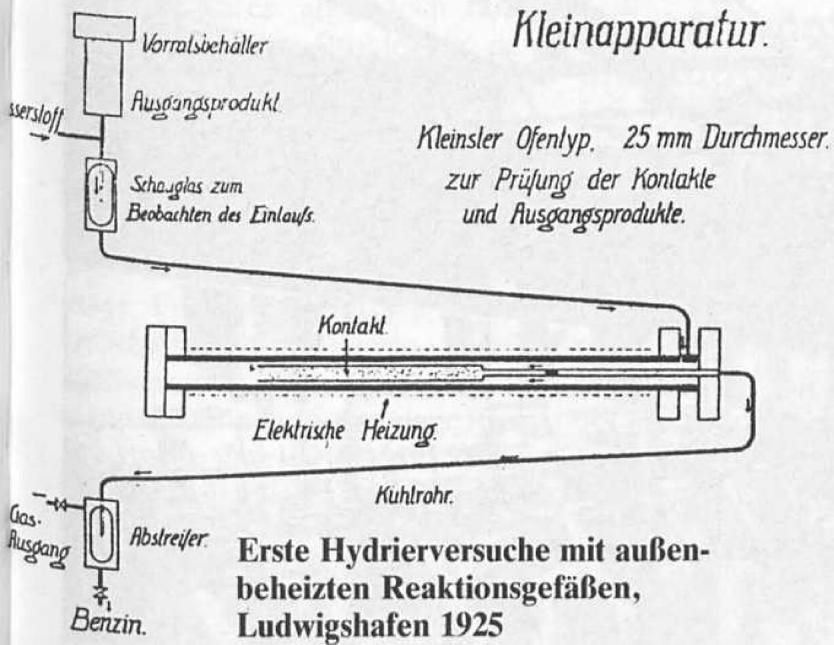


Carl Bosch 1874–1940

schen die Rheinlandbesetzung und damit die des Werks Ludwigshafen durch französische Truppen erfolgt war und alle Versuchseinrichtungen und Protokolle schnell und heimlich nach Leuna verlagert werden mußten.

Der Weg war nun bereitet für das dritte Hydrierverfahren, die Druckhydrierung von Kohlenwasserstoffen und von fester Kohle. Neben mancher Gemeinsamkeit bestehen bei den drei Verfahren doch erhebliche Unterschiede und beim Fortschreiten zur Kohlehydrierung steigender Schwierigkeitsgrad. Bei der Ammoniaksynthese werden zwei einheitliche Gase, Stickstoff und Wasserstoff, zur Reaktion gebracht, und es entsteht ein einziges Produkt, eben Ammoniak. Bei der Methanolsynthese sind zwar auch nur zwei gasförmige Komponenten beteiligt, Kohlenoxyd und Wasserstoff, aber es besteht außer der

*In Rheinau wurde 1922 immerhin ein Materialdurchsatz von 20 Tonnen pro Tag erreicht!



Anfang 1924 hatten Pier und seine Mitarbeiter einen ersten entscheidenden Erfolg. Mit Molybdän-oxyd als Katalysator wurde aus Teer mit fast 100% Ausbeute ein wasserhelles Produkt erhalten, das praktisch vollständig aus Benzin bestand. Nach diesem Erfolg wurde die Arbeitsgruppe wesentlich erweitert; sie umfaßte 1927 etwa 2200 Personen, wobei in 3 Schichten zur Überwachung der inzwischen viel größer gewordenen Apparaturen gearbeitet wurde. Man ging alsbald zu größeren Reaktionsöfen über, um größere Produktmengen zu erhalten. Schrittweise wurden die dabei auftretenden Schwierigkeiten, insbesondere der optimalen Beheizung, überwunden, und schließlich kam man doch zu Öfen mit 800 mm l. W. und 12 m Länge, also schon in durchaus technische Größenordnung. Die Anforderungen an die Werkstoffe dieser Apparaturen konnten nur schrittweise überwunden werden. Die Wandungen mußten nicht nur dem heißen Wasserstoff unter Druck widerstehen, sondern auch dem Schwefel, da man ja mit den inzwischen gefundenen schwefelfesten Katalysatoren arbeitete und deshalb Schwefelgehalte der Ausgangsstoffe tolerieren konnte. V2A, ein Edelstahl mit 18% Chrom und 8% Nickel, erwies sich als brauch-

**Eine solche Einrichtung ist in der Abt. Technische Chemie des Deutschen Museums in München zu sehen.

18-m-Reaktionsgefäß beim Einbau in eine Ofenkammer in Leuna 1927

Eine Batterie von Reaktionsgefäßen in den »Hochdruckversuchen« Ludwigshafen

bar, war aber zu teuer für die immer größer werdenden Reaktoren mit ihren dicken Wandungen und dementsprechendem Gewicht. In Zusammenarbeit mit der deutschen Stahlindustrie wurden niedrig legierte Stähle entwickelt (nur 6% Chrom und ½% Molybdän), die ausreichende Wasserstoffbeständigkeit bei 600 °C und Warmfestigkeit bis 300 bar aufwiesen. Für Rohrleitungen, Wärmeaustauscher usw. bewährte sich Dampfverzinkung auf niedrig legierten Stählen.

Inzwischen hatte man in den »Hochdruckversuchen« den letzten Schritt gewagt und ging vom Rohstoff Teer zur Kohle über. Vorgetrocknete Braunkohle gab bei der Hydrierung 55% Teer, der sich dann ebenso wie der bisher verwendete Schwelteer an fest angeordnetem Katalysator zu Benzin verarbeiten ließ. Man erkannte dabei bald, daß Kohle am besten in 2 Stufen zu hydrieren sei. In der sog. Sumpfhase wird die mit Öl angeteigte Kohle zu Teer und zugleich zu Ölen mittleren Siedebereichs gespalten, und diese werden in der anschließenden Gasphase zu niedrig siedenden Komponenten hydriert.

Während all dieser Arbeiten lief die Katalysatorentwicklung weiter. Es wurden jährlich bis zu 1000 Katalysatorsorten in Verbindung mit den verschiedensten Einsatzstoffen wie Ölschiefer, Torf usw. in den erwähnten Kleinapparaturen untersucht, insbesondere für

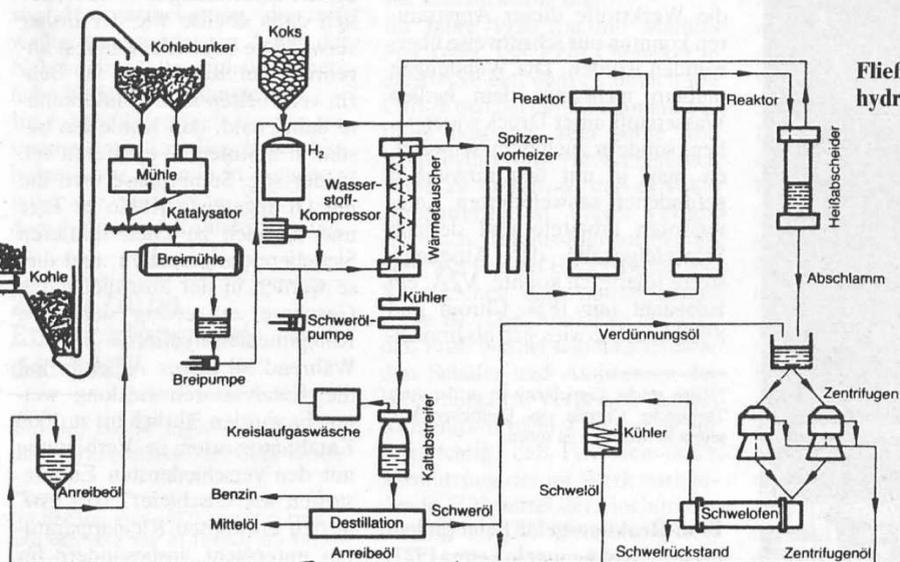


Breipressen zur Hochdruck-Kohlehydrierung im Leuna-Werk

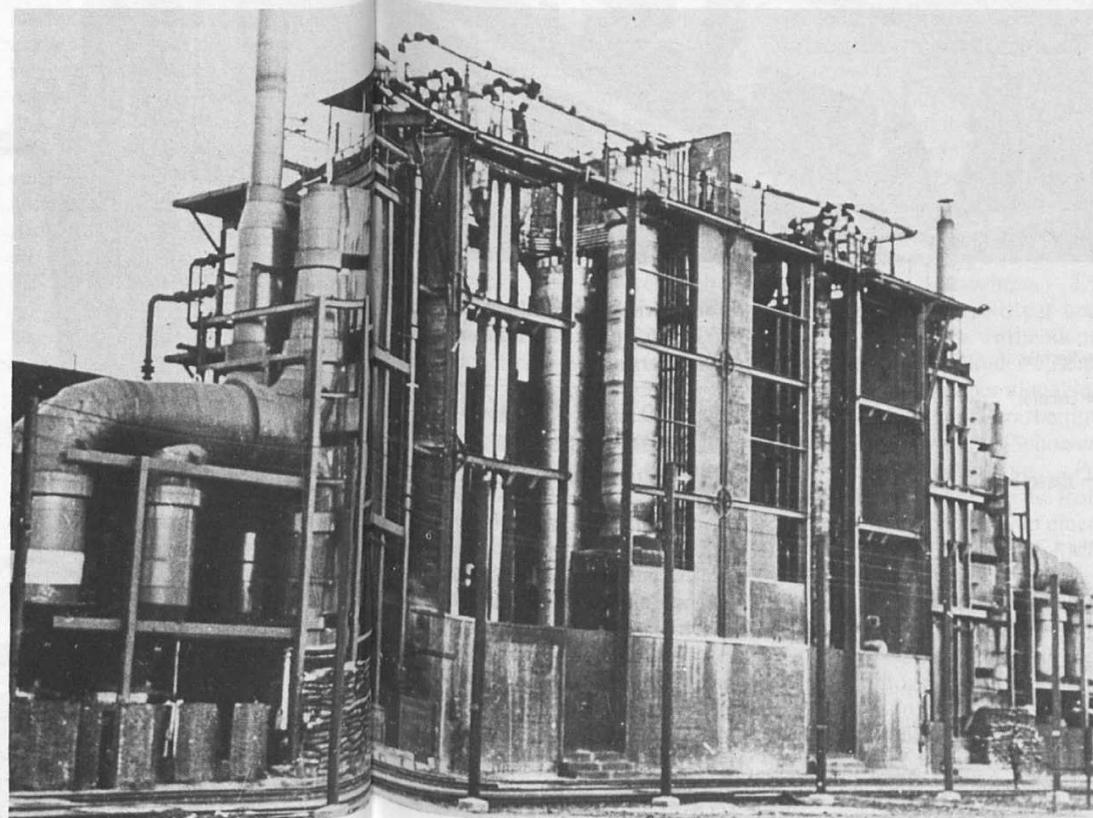
Anwendung in der Gasphase zur Steuerung der Qualität des zu gewinnenden Treibstoffs. Dabei wurde der Wolframsulfid-Katalysator 5058 als besonders wirksam gefunden, weil er bei tieferer

Temperatur höhere Hydrierwirkung und damit motorisch hochwertigeres Benzin ergibt. Dieser Katalysator erlaubte auch (eben wegen der niedrigen Umsetzungstemperatur) Steinkohle und Steinkohleteer zu hydrieren und hat den Weg für die Treibstoffherzeugung aus Steinkohle freigemacht.

Mitte des Jahres 1926 stand die Technik des Hydrierverfahrens in ihren Grundzügen fest: Die Großversuche entsprachen in ihren Ergebnissen den Kleinversuchen, und bezüglich der Katalysatoren war eine reiche Auswahl je nach Betriebsbedingungen und dem gewünschten Endprodukt vorhan-



Fließbild des IG-Kohlehydrierverfahrens



Großtechnische Kohlehydrieranlage nach Bergius-Pier

den. Es waren aber doch noch eine Reihe von Problemen der großtechnischen Anwendung zu klären, insbesondere Wärmeökonomie, Abtrennung und Verwertung nicht abgebauter Kohleanteile, Umweltbelastung usw. Der Vorstand von IG-Farben*, wieder unter Führung von Carl Bosch, entschloß sich daher, eine Großversuchsanlage (heute würde man sagen Demonstrationsanlage) zur Erzeugung von 100 000 jato Treibstoff zu erstellen. Als Standort wurde das Leunawerk gewählt, da dort im Geiseltal und bei Ammendorf große Braunkohlenlager die Rohstoffgrundlage für die Hydrierung bilden konnten und weil die Treibstoffherzeugung an die schon vorhandenen Werkteile Wasserstoffherzeugung, Energieversorgung, Werkstätten usw. angelehnt werden konnte. Am 1. Nov. 1926 wurde der erste Spatenstich zum neuen Werkteil getan, und bereits am 1. April 1927 wurde die erste Hydrierkammer angefahren.

*Die großen deutschen Chemiewerke hatten 1924 zur »Interessengemeinschaft Farbenindustrie« (IG-Farben) fusioniert.

3. Großtechnische Realisierung der Hydrierung im Leunawerk

Wenngleich durch die Technikversuche in Ludwigshafen wesentliche Probleme der Hydrierung als gelöst angesehen werden konnten, war doch zur Erstellung der großtechnischen Anlage in Leuna noch sehr viel Entwicklungsarbeit erforderlich. Man war sich von vornherein klar darüber, daß statt mit vielen Kleinreaktoren mit großen Einheiten hydriert werden mußte, denn mit steigender Größe der Reaktionsgefäße sinken die Betriebs- und Unterhaltungskosten, und es wird Energie gespart. Und scharf kalkulieren mußte man von vornherein! Die aufziehende Weltwirtschaftskrise (Schwarzer Freitag an der New Yorker Börse im Oktober 1929) hatte Preiskämpfe der großen internationalen Ölkonzerne zur Folge, die den Benzinpreis unter die Herstellungskosten von Leunabenzin (die Älteren erinnern sich noch an die weißbroten Zapfsäulen) sinken ließen. Ein

Mindererlös von nur 1 Pfg pro kg Treibstoff bedeutet bei einer Erzeugung von 100 000 jato immerhin einen Verlust von 1 Million Mark. Das kann nur die Finanzkraft eines Großunternehmens ausgleichen, und es bedurfte großen Mutes der Verantwortlichen (hier ist auch Karl Krauch, der spätere Generalbevollmächtigte der IG-Farben zu nennen), um durchzuhalten. Aber nach Rückschlüssen zeichneten sich immer wieder technische Fortschritte ab, und man hatte wohl auch erkannt, daß die Hydrierung nicht nur für die Treibstoffwirtschaft, sondern als Petrochemie allgemein für die Herstellung chemischer Ausgangsprodukte zukünftig von großer Bedeutung sein mußte. Im Zuge des Übergangs zu größeren Einheiten kam man allmählich an die Grenze dessen, was auch die leistungsfähigsten Stahlwerke, die zunächst überhaupt nicht auf die Verarbeitung großer Einheiten aus legiertem Stahl eingerichtet waren, herzustellen vermochten. Die geforderten Gefäßabmessungen bei Drucken bis 700 bar und die sich damit ergebenden Gewichte waren mit den vorhandenen Schmiede- und Preßeinrichtungen nicht zu bewältigen. Man behalf sich zunächst mit Zweiteilung und Zusammenflanschen der Reaktoren, was wiederum Probleme mit sich brachte. Die BASF nahm die Sache daher selbst in die Hand und entwickelte in ihrer Oppauer Hauptwerkstätte das Wickelverfahren für Hochdruckgefäße (Schierebeck, geb. 1888). Hier wird ein relativ dünnwandiges Kernrohr mit einem rillenprofilierten heißen Stahlband umwickelt, welches nach dem Erkalten mit Vorspannung auf das Kernrohr bzw. die darunterliegende Lage aufgeschraubt wird. Diese Technik war vom Geschützbau des 16. Jahrhunderts bekannt und wurde hier zweckentsprechend abgewandelt. Für die Gefäßdimensionen sind jetzt kaum noch Grenzen gesetzt, und die Behälter werden wesentlich billiger, da nur noch das Kernrohr zum Schutz gegen Korrosion aus legiertem Stahl bestehen muß, während für

das Wickelband lediglich hohe Festigkeit verlangt wird. Auf diese Weise werden heute noch mit verbesserten Verfahren die großen Hochdruckbehälter der chemischen Industrie hergestellt. Während die Wasserstoffherzeugung großtechnisch als Wirbelbettvergasung von Kohle nach Winkler mit anschließender Reinigungs- und Konvertierungsanlage sowie die Kompression auf den hohen Betriebsdruck von der Ammoniakherzeugung bekannt war und reiner Wasserstoff auch sonst in der chemischen Industrie vielfache Verwendung findet, mußten für Aufbereitung und Förderung der zweiten Reaktionskomponente Kohle teilweise Wege beschritten werden, die schon Bergius gewiesen hatte. Die getrocknete und fein vermahlene Kohle wurde mit Abfallöl zu Brei angerührt und dann mit neu entwickelten Breipressen mit bis zu 700 bar in die Reaktion gepreßt. Hier waren große Probleme der Erosion an Zylindern und Ventilen durch das körnige Fördergut zu überwinden, und auch die Wärmewirtschaft mit Wärmeaustauschern, Spitzenvorheizern usw. stellte immer wieder Probleme wiederum von der Materialseite in Kombination der Beanspruchung durch hohen Druck, hohe Temperatur, chemische und mechanische Aggressivität. Immer wieder mußten neue Wege begangen werden, aber am Ende wurden die Apparaturen immer einfacher und damit betriebssicherer. Die Betriebssicherheit war nicht zuletzt ein Erfolg der Regelungstechnik. Die Temperatur im Reaktionsraum muß genau eingehalten werden. Infolge des exothermen Charakters der Hydrierreaktion kann eine relativ geringfügige Temperatursteigerung zum »Durchgehen« des Reaktors und damit zu schweren Betriebsstörungen oder gar Explosionen führen. Die Regelung geschieht durch Zuführung von kaltem Wasserstoff an geeigneter Stelle des Reaktionsraums. Anfangs wurde das anhand einer Temperaturanzeige durch ein handbewegtes Hochdruckventil bewerkstelligt. »Auf Strich fahren der Anlage«, was konstante Aufmerksamkeit und viel Personal erforderte. Später wurden selbsttätige Regelung und Fernüberwachung der Anlage



Franz Fischer 1877-1947

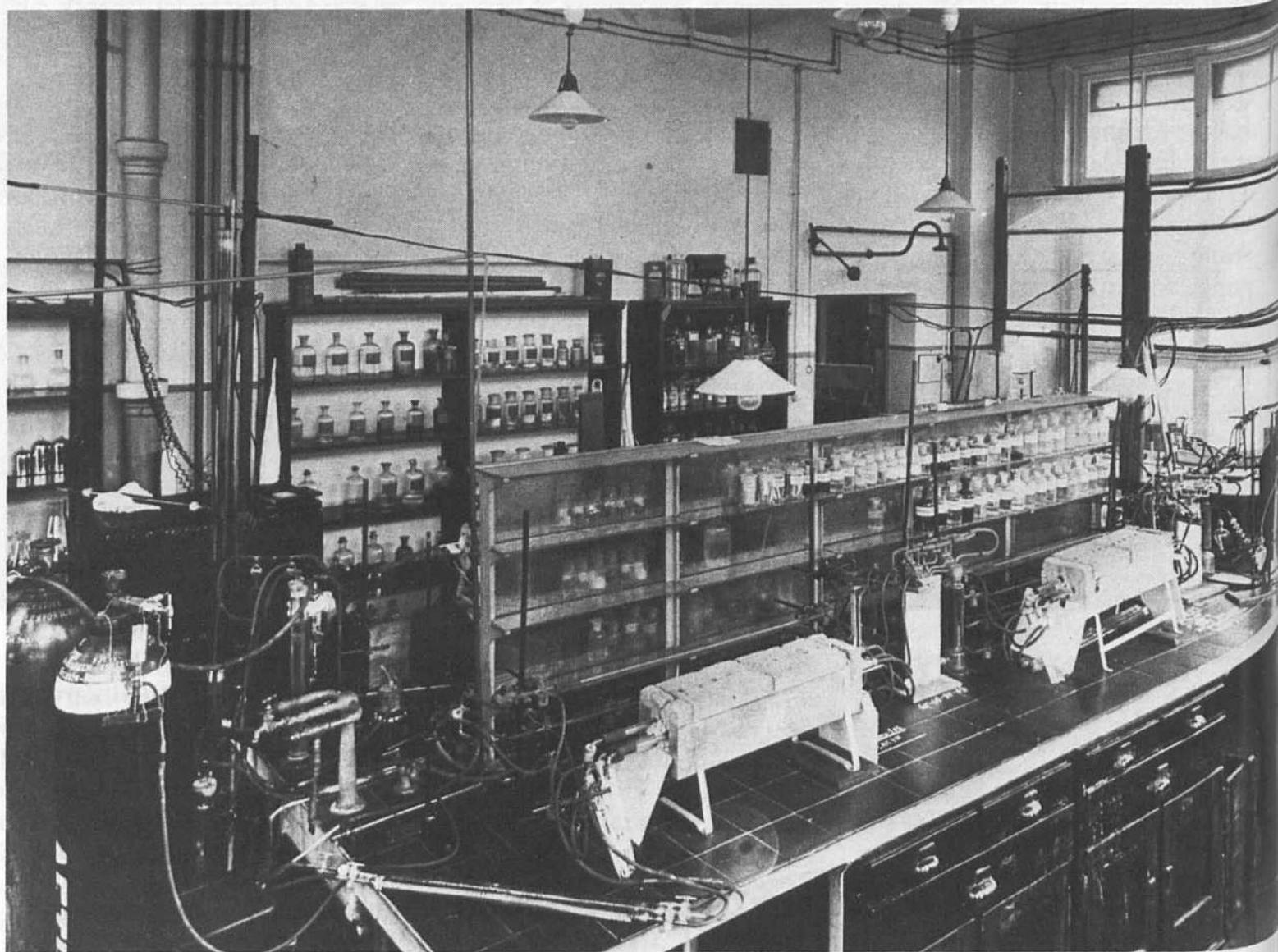


Hans Tropsch 1889-1935

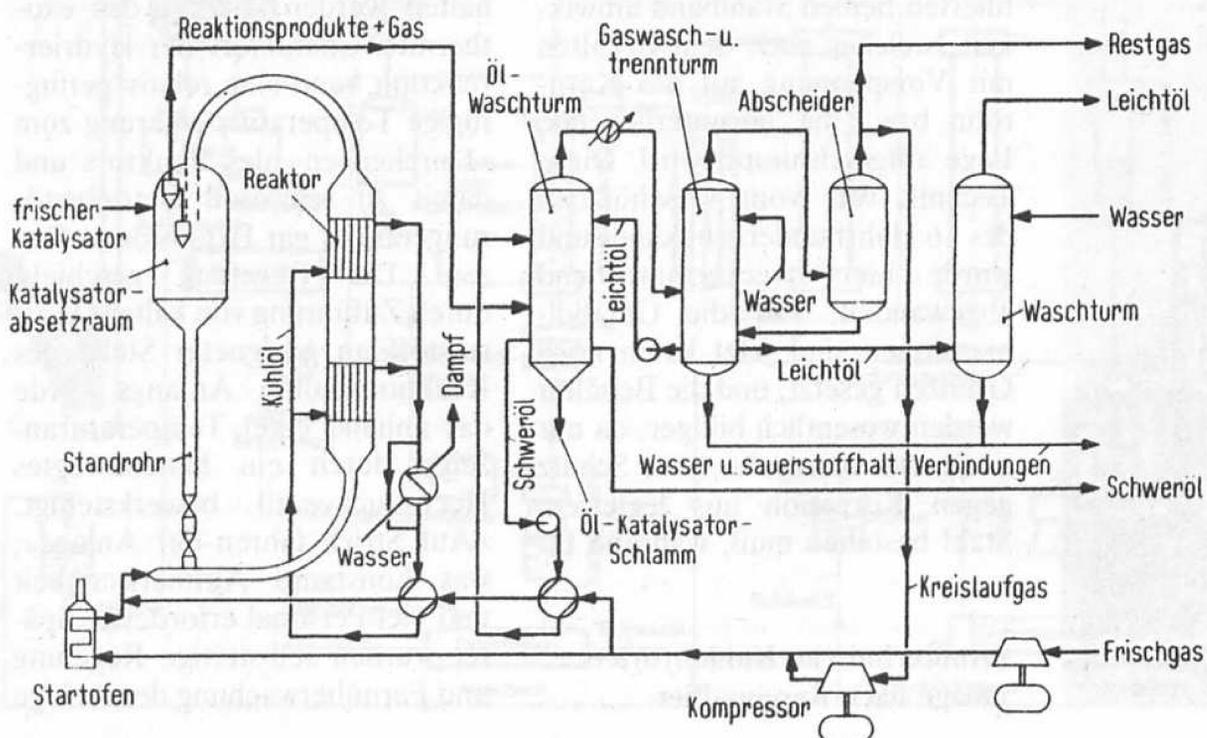
dann wurde in Schwelöfen der letzte noch vorhandene Ölinhalt entzogen und dieser erneut in den Prozeß gegeben. Das Schwelen war allerdings auch ein Problem, denn der Zentrifugentrückstand war zäh klebrig und für die herkömmliche Schweltechnik nicht geeignet. Man entwickelte sog. Kugelöfen, die Stein- oder Eisenkugeln enthielten, welche bei Dre-

hung des Ofenzylinders immer wieder herunterfielen und die zähen Massen zerkleinerten. Alle zu lösenden Probleme können selbst andeutungsweise hier nicht behandelt werden; aber jedenfalls: Sie wurden gelöst durch unermüdlischen Einsatz aller Beteiligten, und Leuna wurde seit 1932 das Vorbild für alle später noch zu errichtenden Werke.

eingesetzt. Aber vieles mußte dabei erst entwickelt werden, denn die Meß- und Regelungstechnik befand sich ja noch in den Kinderschuhen! Und immer wieder muß man an den Hochdruck denken. Schon der Einbau eines Thermoelements in ein Druckgefäß mit 700 bar stellt Probleme, wieviel schwieriger sind Mengmessungen aggressiver Materialströme und die Messung sonstiger für die Betriebsführung erforderlicher Parameter. Auch am anderen Ende des Prozesses waren Probleme zu lösen. Hier fiel eine Menge Schlamm an, unverarbeitete Kohle, asphaltartige, nicht aufgeschlossene Anteile, Asche usw. Natürlich bemühte man sich, die Kohle tunlichst restlos auszunutzen, und das gelang auch bis 95 %, aber etwas blieb eben doch übrig. Deshalb kam der Rückstandverarbeitung große Bedeutung zu. Der Abschamm wurde in kontinuierlich arbeitenden Zentrifugen, die allerdings auch erst entwickelt werden mußten (de Laval-Schweden), vom Restöl getrennt, und



Fließbild des Fischer-Tropsch-Verfahrens zur Hydrierung in der Gasphase



Laboratorium im Mülheimer KWI-Institut mit 2 Syntheseföfen im Vordergrund

4. Arbeiten des Kaiser-Wilhelm-Instituts für Kohleforschung

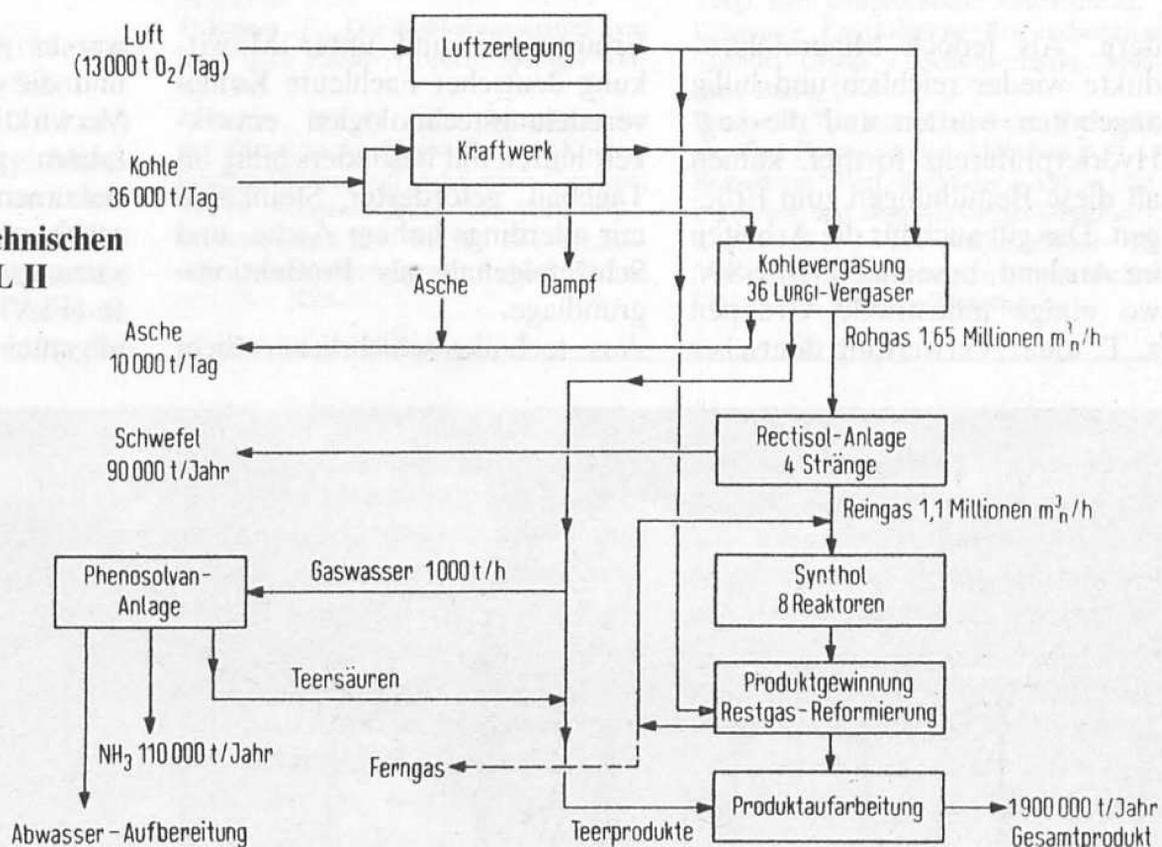
Am damaligen KWI in Mülheim/Ruhr wurde, etwa gleichzeitig mit den Versuchen der BASF, zur Hydrierung von flüssigen und festen kohlenwasserstoffhaltigen Produkten versucht, in der Gasphase treibstoffähnliche Produkte zu synthetisieren. Das führte schließlich zum Fischer-Tropsch oder FT-Verfahren, wie es heute allgemein bekannt ist (DRP 411 216). Ähnlich wie bei der Me-



thanolsynthese werden Kohlenoxyd und Wasserstoff, die auf bekannte Art durch Kohlevergasung gewonnen werden, zur Reaktion gebracht, aber jetzt in Richtung höherer Kohlenwasserstoffe, wie sie als Treibstoffe und Chemierohstoffe Verwendung finden. Die Art des entstehenden Produktes hängt weitgehend von der Wahl des auch hier unerläßlichen Katalysators ab, wobei auch unerwünschte Nebenreaktionen, z. B. Rußbildung, die die Oberfläche des Katalysators inaktiviert, vermieden werden müssen. Die Synthese wurde ursprünglich bei Atmosphärendruck durchgeführt, erst später ging man wegen besserer Ausbeute zu etwa 30 bar Reaktionsdruck über. Zunächst glaubte man, bei der drucklosen Bauweise zu billigeren Apparaturen zu kommen, als sie die Hochdrucksynthese erfordert, aber die umfangreichen Einrichtungen für Gasreinigung und überhaupt die großen Apparatedimensionen machten in Verbindung mit der größeren Reparaturanfälligkeit der dünnwandigen Reaktionsgefäße diesen Vorteil zunichte.

Am KWI wurden außer der unerläßlichen Katalysatorentwicklung auch die verschiedenen Syntheseverfahren (fest angeordneter Katalysator oder in Flüssigkeits- bzw. Gasstrom suspendiert) untersucht. Ein großes Problem war die Abführung der Reaktionswärme, was besondere Ofenkonstruktionen (Röhrenöfen, Lamellenöfen usw.) erforderte. Diese Arbeiten führten am Institut immerhin schon zu einer halbtechnischen Versuchsanlage, an der bis 1934 die Voraussetzungen für eine großtechnische Anlage erarbeitet wurden. Die Ruhrchemie AG erwarb eine Generallizenz für das Fischersche Verfahren und baute in Holten eine erste FT-Synthesanlage für 70 000 t Kohleeinsatz, die 1929 in Betrieb ging. Es zeigte sich aber, daß die Produktionskosten für FT-Benzin erheblich höher lagen als für Hydrierbenzin. Das führte zur Anwendung erhöhten Druckes wegen der besseren Kohlenwasserstoffausbeute und zur Entwicklung verbesserter Katalysatoren auf Kobaltbasis. Bei dieser Weiterentwicklung war das KWI maßgebend beteiligt.

Massenströme im großtechnischen FT-Synthesewerk SASOL II in Südafrika



5. Die Entwicklung in den Jahren 1933–45

Wirtschaftliche Überlegungen spielten in jener Zeit eine neben-sächliche Rolle. Wesentliches Ziel war die Unabhängigmachung von ausländischen Rohstoffen und Deviseneinsparung im Rahmen der Autarkiebestrebungen²⁾ des sog. »Dritten Reichs«. Den Werken wurden zumindest kostendeckende Preise geboten (Hydrierpräferenz). So entstanden in relativ kurzer Zeit eine ganze Reihe von Hydrierwerken, die schließlich eine Jahresproduktion von 4 Millionen Tonnen, vorzugsweise Motorentreibstoff, erreichten. Die Werke lagen wie bereits das Leunawerk in der Nähe vorhandener Braunkohlelager (Böhlen, Zeitz, Wesseling, Brüx), aber allmählich ging man auch zur Verarbeitung von Steinkohle über (Scholven, Gelsenberg, Blechhammer, Pölit, Welheim), schon um die Rohstoffbasis zu verbreitern. In einem Großversuch in Ludwigshafen war 1934 bestätigt worden, daß sich die Hydrierung von Gasflamkohle aus dem Ruhrgebiet technisch einwandfrei durchführen ließ. Allerdings war ein höherer Umsetzungsdruck (bis 700 bar) erforderlich, und auch die Wärmeregeneration machte einige Schwierigkeiten, da der Steinkohle bei Erwärmung zähflüssig

wurde und nicht mehr fließfähig war. Andererseits war aber die Treibstoffausbeute bei Steinkohle besser als bei Braunkohle, und es wurden wertvolle Nebenprodukte für die Chemie gewonnen. Der gewonnene Treibstoff war zudem sehr hochwertig und, weil besonders kloppfest, als sog. Fliegerbenzin geeignet. Der schon erwähnte Katalysator 5058 war auch für die Steinkohlehydrierung brauchbar. Nichtsdestoweniger lief die Katalysatorentwicklung weiter, nicht zuletzt, um unabhängig von den während des Krieges schwer zu beschaffenden Metallen Wolfram, Molybdän usw. zu werden. Der hohe Reaktionsdruck gestattete schließlich sogar die Verwendung von billigem alkalischem Eisensulfid als Katalysator der Steinkohlehydrierung. Außer den Hydrierwerken wurden auch neun FT-Anlagen errichtet, die zusammen allerdings nur eine Jahresproduktion von 600 000 Tonnen erreichten. Dafür war deren Produktspektrum reichhaltiger als bei der Hochdruckhydrierung, und es konnten je nach Bedarf auch mannigfache Chemierohstoffe erzeugt werden. Die verschiedenen Werke haben ohne nennenswerte Störungen fortlaufend produziert, und sie haben immerhin die Hälfte des damaligen deutschen Treibstoffbedarfs erzeugt, selbst unter Berücksichtigung des enorm gestiegenen Bedarfs der Kriegsjahre 1939–45. Erst als die Werke in der letzten

Phase des Krieges durch Fliegerangriffe zunehmend gestört wurden und die russischen und rumänischen Ölfelder verloren gingen, »standen alle Räder (und Propeller) still«, und das Ende des Krieges war abzusehen. So ist die Frage vielleicht nicht unberechtigt, ob ohne synthetischen Treibstoff der sinnlose Krieg vielleicht gar nicht angefangen, zumindest aber schneller beendet worden wäre! Diese Frage scheint auch Carl Bosch tief bewegt zu haben. Er starb nach schweren Depressionen 1940, also bald nach Kriegsbeginn.

6. Ausblick

Nach 1945 waren gerade die modernsten und nicht restlos zerstörten Hydrierwerke (Pölit, Brüx, Blechhammer) in polnischen bzw. tschechischen Besitz übergegangen. Die Wiederaufnahme der Herstellung von synthetischen Treibstoffen in Deutschland war durch Beschluß der Besatzungsmächte verboten worden, und auch einschlägige Forschungsarbeiten an den Hochschulen waren nicht erlaubt. Diese Verbote wurden erst allmählich gelockert. So erlaubte die britische Besatzungsbehörde die Hydrierung von Erdölrückständen in den noch vorhandenen Anlagenteilen z. B. in Wesseling schon Ende der 40er Jahre, um die akute Treibstoffnot in ihrer Besatzungszone zu mil-

den. Als jedoch Mineralölprodukte wieder reichlich und billig angeboten wurden und die sog. Hydrierpräferenz fortfiel, kamen all diese Bemühungen zum Erliegen. Das gilt auch für die Arbeiten im Ausland, besonders den USA, wo einige industrielle Gruppen z. T. unter Verwertung deutscher

Erfahrungen und unter Mitwirkung deutscher Fachleute Kohleveredelungstechnologien entwickelt hatten mit besonders billig im Tagebau geförderter Steinkohle mit allerdings hohem Asche- und Schwefelgehalt als Produktionsgrundlage.

Aus technikgeschichtlicher Sicht

war es gut, daß die Grundlagen und die bei der großtechnischen Verwirklichung der Syntheseverfahren gemachten Erfahrungen dokumentiert wurden. Das geschah zunächst durch von der Besatzungsmacht geforderte Berichte (FIAT, BIOS usw.), die heute allgemein zugänglich sind. Außer-

dem wurden seitens der damals aktiv Beteiligten mehrere Monographien verfaßt⁽³⁾⁽⁴⁾⁽⁵⁾, und es gibt interne Firmen- bzw. Hochschulsehrbücher⁽⁶⁾⁽⁷⁾, die wesentliches Wissen, soweit überhaupt dokumentierbar, festhalten. Größtenteils verloren sind allerdings die persönlichen Erfahrungen der

alten Meister und Operateure in der Prozeßführung und Instandhaltung der Anlagen; die alte Generation ist am Aussterben, und Nachwuchs gibt es nach Lage der Dinge nicht.

Für die Bewahrung von praktischem Know-how war es ein glücklicher Umstand, daß ab 1955

eine große Anlage zur Kohleveredelung in Südafrika (Sasol = South African Synthetic Oil Ltd.) mit deutscher Hilfe (Lurgi Mineralöl GmbH) erstellt und im Laufe der Jahre mehrfach erweitert wurde. Es handelt sich dabei um ein fortgeschrittenes Fischer-Tropsch-Syntheseverfahren mit billig zu

Literatur

- 1) Schmidt-Pauli, E. von; Friedrich Bergius, Mittler u. Sohn, Berlin 1943
- 2) Birkenfeld, W.; Der Synthet. Treibstoff 1933-45, Musterschmidt, Göttingen 1964
- 3) Krönig, W.; Katalytische Druckhydrierung, Springer, Berlin-Göttingen-Heidelberg 1950
- 4) Kainer, F.; Die Kohlenwasserstoff-Synthese nach Fischer-Tropsch, Springer Verlag 1950
- 5) Pichler, H.; 25 Jahre Benzinsynthese durch katalytische Umwandlung von Kohlenoxyd und Wasserstoff, Advances in Catalysis, Vol IV, Academic Press, New York 1952
- 6) Autorenkollektiv BASF; Die katalytische Druckhydrierung von Kohlen, Teeren und Ölen 1924-45

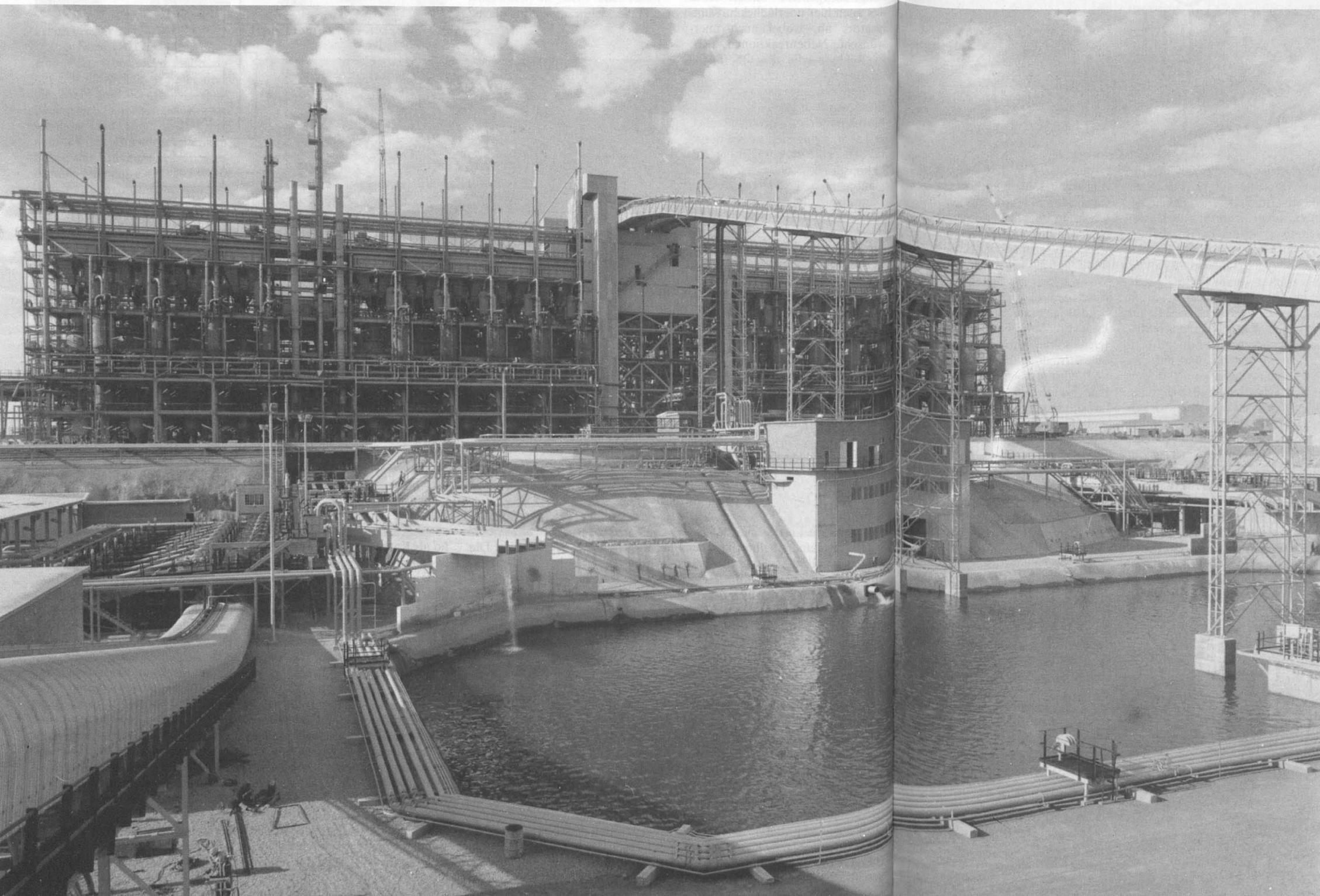
7) Pichler/Krüger; Herstellung flüssiger Kraftstoffe aus Kohle, Gersbach u. Sohn, München 1971

8) Krönig, W.; Chemische Rohstoffe durch direkte Kohlehydrierung, S. 105-138 Forschung Aktuell - Kohleverflüssigung, Umschau Verlag 1978

Vergl. auch entsprechende Abschnitte in: Ullmann's Encyklopädie der technischen Chemie, Urban u. Schwarzenberg, München-Berlin 1957

Winnacker/Küchler, Chemische Technologie, Carl Hanser Verlag, München 1959

Bemerkung: Verf. dankt der BASF in Ludwigshafen und dem Max-Planck-Institut f. Kohleforschung in Mülheim/Ruhr für freundliche Überlassung von historischen Bildern und sonstigen Unterlagen.



fördernder, allerdings sehr asche-reicher Steinkohle als Rohstoffbasis. Diese wird in 72 Lurgi-Druckvergasungseinheiten vergast und in Lurgi-Festbettreaktoren bzw. Flugstaubreaktoren (Kellog-Synthol) vorzugsweise zu Treibstoff synthetisiert. Nach Fertigstellung der Ausbaustufen SASOL III werden 4,5 Miojato flüssiger Treibstoff erzeugt, womit der Treibstoffbedarf von Südafrika zur Hälfte gedeckt wird.

Bezüglich der Hochdruckhydrierung liegen die Verhältnisse nicht so günstig. Da ist sicher manches

Know-how verlorengegangen. Dazu kommt, daß moderne Anlagen um eine Größenordnung größer sein müssen als die der Kriegszeit, wenn sie überhaupt interessant sein sollen. Außerdem bestehen heute schärfere Bedingungen für Bau und Betrieb solcher Anlagen. Die Umweltbestimmungen sind sehr viel einschneidender geworden, was wiederum Auswirkungen auf das Verfahrensprinzip hat. Anstelle des klassischen IG-Verfahrens scheint eine fortgeschrittene Art der Rückstandsaufarbeitung vorteilhaft, die auf die Vielzahl der Zentrifugen und die wenig umweltfreundliche Rückstandsschwelung verzichtet und statt dessen die schweren Rückstandsöle des Abschlamms zur Wasserstoffherzeugung einsetzt. Dabei fällt relativ wenig Asche an, und der Fremdkoksverbrauch wird entscheidend gesenkt.⁽⁸⁾ Da die schwer hydrierbaren Komponenten herausgezogen werden, ist auch eine Verringerung des Reaktionsdrucks auf 300 bar möglich geworden, wodurch die Anlagekosten verringert werden.

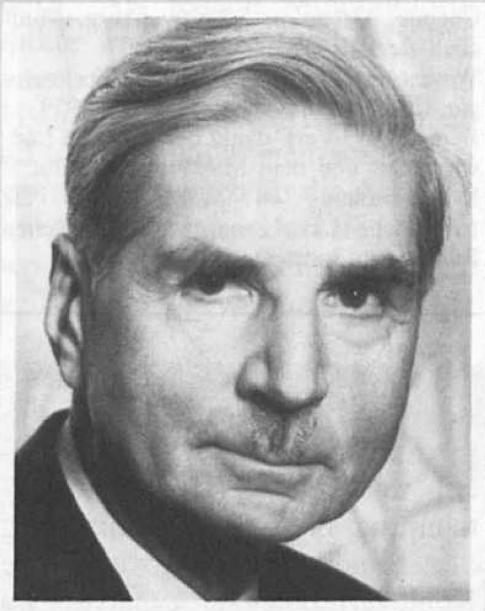
Die Energiekrise des Jahres 1973 hat das Bewußtsein unserer Importabhängigkeit von Erdölpro-

dukten wachgerufen, und dementsprechend wurden die Bemühungen um »alternative Energiequellen« wesentlich verstärkt. Im Rahmenprogramm Energieforschung der Bundesregierung wurde die Kohleverflüssigung zunächst im Rahmen von Laborversuchen wieder aufgenommen. Das Ergebnis dieser Versuche waren wesentliche Erneuerung von Know-how und neue Erkenntnisse, wie sie für die Konzeption von Großanlagen erforderlich sind. Auf solchen Vorarbeiten aufbauend, wurde das Kohleveredelungsprogramm der Bundesregierung vom 31. Januar 1980 vorgelegt, welches nicht weniger als 11 Vergasungsanlagen verschiedener Konzeption und 4 Hydrierwerke vorsieht, letztere mit durchaus interessantem Ausstoß von insgesamt 5 Miojato Flüssigkeitsprodukten.

Einiges aus dieser ehrgeizigen Konzeption konnte inzwischen verwirklicht werden. Es entstand, größtenteils mit öffentlichen Mitteln gefördert, in Bottrop eine Pilotanlage, die aus 200 t Kohle etwa 90 t Flüssigprodukte erzeugt, und an der die Ruhrkohle AG und VEBA-Öl zu 60 bzw. 40% beteiligt sind. Auch an der Saar ist man aktiv geworden. Die Gesellschaft für Kohleverflüssigung in Saarbrücken hat eine allerdings kleinere Pilotanlage erstellt, die aus 6 t Kohle als Endprodukt Kohleöledestillate als Kraftstoff herstellt. In die Zukunft weisend wurde von der gleichen Gesellschaft eine Planungsstudie für eine großtechnische Demonstrationsanlage zum Einsatz von 2 Miojato Kohle zur Umwandlung in 0,9 Miojato Superbenzin vorgelegt. Wenngleich dieses Benzin preislich mit dem aus Erdöl gewonnenen noch nicht wettbewerbsfähig ist, erlaubt es doch das beruhigende Gefühl, bei einer ernsthaften Verknappung des Naturprodukts zu eigener Großherzeugung befähigt zu sein.

Synthesanlage SASOL III, Gesamtansicht





Walter Schottky 1961

Die Bedeutung des deutschen Physikers Walter Schottky (* 1886, † 1976, Abb. oben) auf dem Gebiet der Naturwissenschaften ist allen technisch interessierten Menschen wohl bekannt. Erinnert sei hier nur an seine grundlegenden Arbeiten zur Elektronik und Halbleiterphysik, insbesondere zur Glühemission (Schottky-Effekt; 1914), zum Schroteffekt (1919) und über die Raumladung in Elektronenröhren, über Störstellen und Fehlorderungen in Kristallen (1935) sowie vor allem über die Sperrschichttheorie der Halbleitergleichrichter (1938/39; zusammen mit Eberhard Spenke). Aber nicht diese bekannteren Arbeiten, die Schottky zahlreiche, auch internationale Ehrungen eintrugen, sollen im Mittelpunkt des folgenden Berichts stehen. Es geht vielmehr darum, auf eine Erfindung hinzuweisen, die, im Unterschied zu anderen Erfindungen Walter Schottkys, niemals einen größeren Bekanntheitsgrad erreichte. Es handelte sich um ein »Handgerät zum Entzünden von festem Brennstoff in Feuerungen mittels eines elektrischen Heizkörpers« (DRP 592312, bekanntgemacht 1934), also um einen elektrischen Ofenzünder, der das Anfeuern der damals noch hauptsächlich mit Kohle beheizten Öfen wesentlich erleichtern sollte. Bevor wir die genaue Wirkungsweise und den Aufbau des Geräts betrachten können, müssen wir zunächst einen Blick auf die rechtlichen Umstände werfen, unter denen Schottky zur damaligen Zeit arbeitete. Schottky, der

schon in früheren Jahren eng mit der Firma Siemens & Halske AG (heute Siemens AG) zusammengearbeitet hatte, gab 1927 seine ordentliche Professur in Rostock und damit seine Hochschullaufbahn ganz auf. Er trat damals als wissenschaftlicher Mitarbeiter in das Forschungslaboratorium der Firma Siemens in Berlin ein und blieb in dieser Stellung, später in Pretzfeld/Oberfranken, bis zu seinem Tode. Mit seinem Eintritt bei Siemens hatte sich Schottky verpflichtet, sämtliche Erfindungen, die er während seines Beschäftigungsverhältnisses machen würde, der Firma zur Verfügung zu stellen, die diese dann, unter namentlicher Nennung des Erfinders, selbst beim Patentamt anmeldete. Tatsächlich sind auch alle späteren Erfindungen Schottkys, deren letzte, von der ich weiß, 1962 bekannt gemacht wurde, durch die Firma Siemens beim Reichspatentamt und später beim Deut-

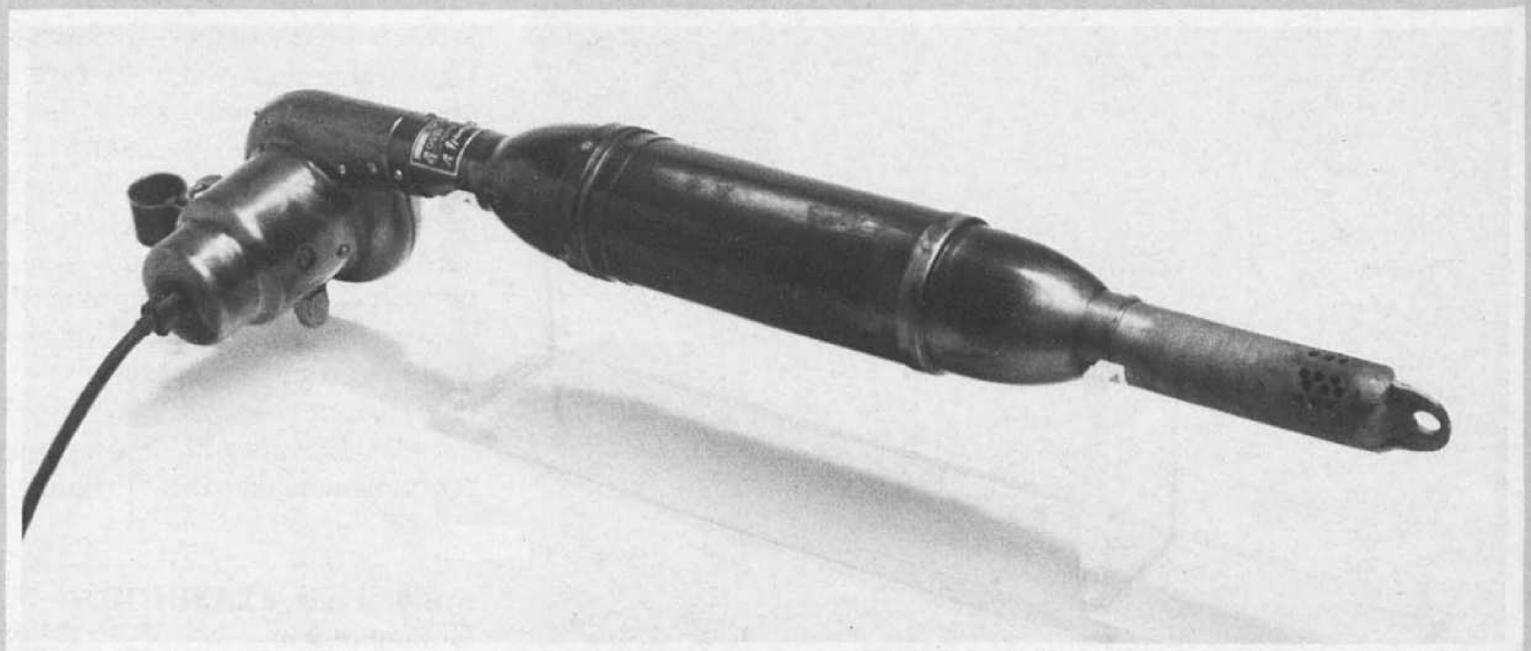
schen Patentamt angemeldet worden. Dasselbe gilt für das oben zitierte Reichspatent, das allerdings, außer Schottky, noch zwei weitere Siemens-Mitarbeiter, Reinhold Reichmann und Stephan von Bogdandy, als Mit-Erfinder an zweiter und dritter Stelle nennt. Man hätte also erwarten können, daß Siemens bald damit begonnen hätte, diesen elektrischen Feueranzünder in großem Stil zu produzieren und auf den Markt zu bringen. Statt dessen wurde Schottky seine Erfindung freigegeben, und dieser entwickelte Teile des Geräts selbständig, ohne seine beiden Mitarbeiter, weiter. Zwei weitere Reichspatente (DRP 696144 und 735982) von 1940 und 1943, beide rückwirkend zum 3. März 1937, nennen Schottky als alleinigen und diesmal eigenverantwortlichen Erfinder einer »Einrichtung zur Erhitzung strömender Luft oder Gase mit Hilfe von keramischen Siebrohren

M. Schottky

Eine weitgehend unbekannt gebliebene Erfindung WALTER SCHOTTKYS

(Abb. S. 176), in denen eine Vielzahl enger Kanäle angeordnet ist, welche durch elektrische Heizdrähte einzeln aufgeheizt werden« bzw. einer »Anordnung zur elektrischen Erhitzung strömender Luft oder Gase auf hohe Temperaturen«. Was war hier geschehen?

Nach Aussage der Witwe Walter Schottkys, Frau Elisabeth Schottky in Pretzfeld, hatte ihrem Gatten sehr viel daran gelegen, diese eine Erfindung frei zu bekommen und selbst produzieren zu können, eine Marotte, wenn man so will, auf die die Firma schließlich einging. Dies konnte sie, wieder nach Aussage von Frau Schottky, um so eher, als ein Feueranzünder dieser Art nicht so recht ins Programm der Siemens-Elektrogeräte gepaßt hätte. Auch hätte Siemens die oben erwähnten keramischen Siebrohre nicht in Eigenproduktion herstellen können, sondern wäre auf Zulieferfirmen angewiesen gewesen.



Ein Original-Flammwolf (im Deutschen Museum)

Schottky, der bisher fast nur als theoretischer Physiker gearbeitet hatte, begann also selbst einen industriellen Kleinbetrieb aufzubauen. Zunächst war die rechtliche Lage zu klären und das Patent auf Schottkys Namen auch im Ausland anzumelden. Dies geschah bereits um die Mitte der dreißiger Jahre, wovon noch heute einige Patentschriften im Besitz der Familie Schottky zeugen. Dann sollte die eigentliche Produktion beginnen. Schottky selbst, der ja bei Siemens beschäftigt war, konnte sich naturgemäß wenig darum kümmern und stellte deshalb den Ingenieur Gerhard te

Reh aus Dinslaken ein, der in Berlin, Reichsstraße 38, ein Kontor eröffnete. Der Feueranzünder, der die Verkaufsbezeichnung »Flammwolf« erhielt, wurde in Handarbeit aus vielerlei Einzelteilen, die sich Schottky von mehreren Zulieferfirmen schicken ließ, zusammengesetzt. Diese Arbeit übernahm te Reh in seinem Kontor in der Reichsstraße, wobei ihm Frau Schottky, die außerdem noch die Buchführung und Verwaltung besorgte, zur Hand ging. Alles weitere über Arbeitsweise und Aufbau des Flammwolfs entnimmt man am besten einem 1937 erschienenen Prospekt:

Elektrisch Feuer anzünden



mit dem FLAMMWOLF

Feueranzünden — eine Kunst?

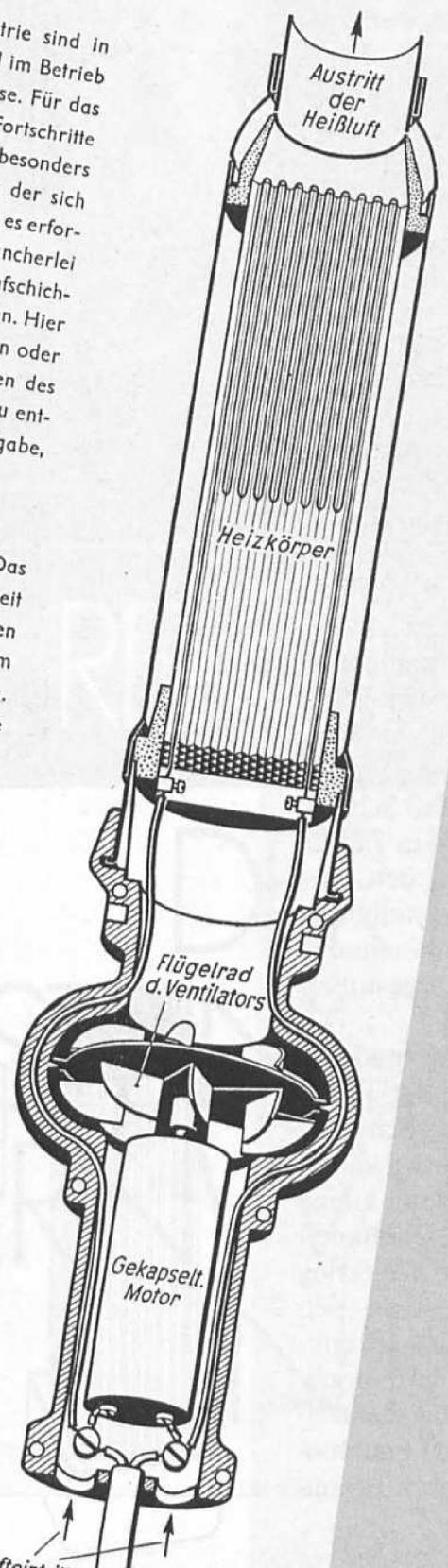
Die Heizanlagen des Haushalts und der Industrie sind in jüngster Zeit ständig verbessert worden; einmal im Betrieb tun sie ihren Dienst in nahezu vollkommener Weise. Für das Feueranzünden haben jedoch diese technischen Fortschritte kaum eine Erleichterung zu bringen vermocht, und besonders im Haushalt ist das Feueranzünden eine Arbeit, zu der sich niemand drängt. Denn Feueranzünden ist mühsam; es erfordert Geschicklichkeit und Erfahrung und überdies mancherlei Vorarbeiten, wie Herbeischaffen, Zerkleinern und Aufschichten von Brennholz, Papier oder anderen Anzündstoffen. Hier Wandel zu schaffen, die Hausfrau, das Hausmädchen oder den Hauswart von einer in den frühen Morgenstunden des Winters besonders unangenehm empfundenen Arbeit zu entlasten oder sie zumindest zu erleichtern, ist eine Aufgabe, die mit dem

elektrischen Feueranzünder Flammwolf

(DRP 592312 und Auslandspatente) gelöst worden ist. Das Feueranzünden mit dem Flammwolf ist jetzt weder eine Arbeit noch eine Kunst. Man hat lediglich den Flammwolf vor den Ofen zu stellen bzw. in den Ofen einzuführen und mit dem Stecker den Anschluß an die elektrische Leitung herzustellen. Dann steht nach wenigen Minuten die aufgeschüttete Kohle in hellen Flammen, und man braucht sich um das Weiterbrennen keine Sorge zu machen. Brennholz und Papier fallen weg; abgesehen von ein paar Schaufeln Steinkohle, die zum Anfeuern von Koksheizungen gebraucht werden, ist jeweils nur der Brennstoff einzufüllen, mit dem auch das Feuer unterhalten wird.

Wirkungsweise und Aufbau

Bei den Flammwolf-Feueranzündern hat die Verbrennungsluft, die sonst nur das einmal angezündete Feuer nährt, auch den Brennstoff (Kohle) vorzuheizen und zu entflammen. Braunkohlen (Briketts) glimmen bereits in einem Heißluftstrom von etwa 450°, Steinkohle braucht Temperaturen von 600 bis 650°. Zu einer flotten Entflammung, auch unter ungünstigen Bedingungen, benötigt man jedoch Lufttemperaturen von über 700°. Diese Temperaturen lassen sich mit dem Feueranzünder Flammwolf innerhalb kurzer Zeit erreichen, und zwar dadurch, daß die Luft durch einen keramischen Körper mit einer großen Zahl nebeneinander angeordneter enger Kanäle hindurchströmt, die durch Glühdrähte elektrisch geheizt werden, so daß der Luftstrom die Heizzone mit einer Temperatur von über 800° verläßt. Dem von einem Blech-Kleinmotor ausgerüstet ist. Eine fest eingestellte Düse sorgt für die Regelung der Luftzufuhr. Auf diesem Prinzip sind alle Flammwolf-Geräte aufgebaut.



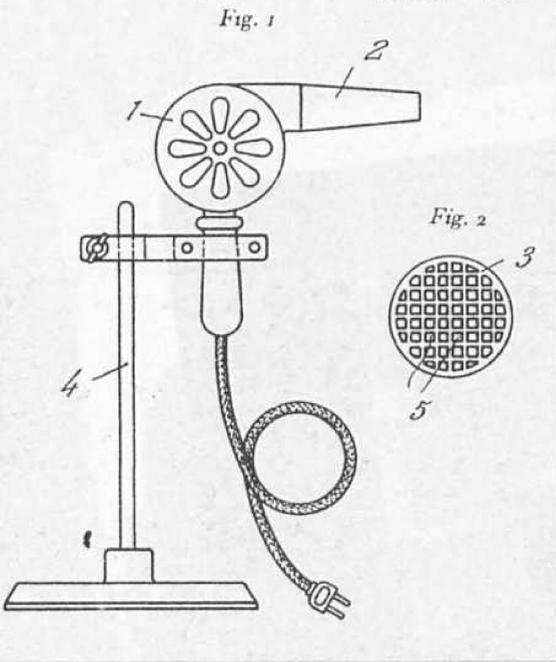
- ▲ Die erste Seite des Flammwolf-Prospekts von 1937 (im Original dreifarbig)
- ◀ Die zweite Seite des Prospekts

Zunächst schien die Produktion eines reichhaltigen Angebots geplant zu sein. Hergestellt werden sollte ein

- Flammwolf E für Einzelheizungen, ein
- Flammwolf Z für Zentralheizungen und ein
- Flammwolf T für Industrieheizungen.

Außer den bereits geschilderten Vorzügen wies der Prospekt noch auf folgende Vorteile des Feueranzünder mit dem Flammwolf hin: rasches und regelmäßiges Hochheizen - Wegfall besonderer Anzündstoffe - Brennstoffersparnis - Wahl günstiger Ofenform und Brennstoffe - leichte und keinen Schmutz verursachende Ofenbedienung - zuverlässige, sichere Entzündung. Die ziemlich weitreichenden Produktionspläne kamen jedoch nur im beschränkten Maße zur Ausführung. Schon 1938 gab te Reh bekannt, daß nur eine Einheitstyp-

Eine weitgehend
unbekannt gebliebene
Erfindung WALTER
SCHOTTKYS



Die erste Version des Flammwolves, konstruiert von W. Schottky, R. Reichmann und St. v. Bogdandy

pe für Herde, Öfen und Heizungen bis 600 mm Feuerraumtiefe hergestellt werden sollte, der Flammwolf V (Abb. oben). Dieser besaß ein etwa 12 cm langes Mundstück aus hochfeuerfestem Material mit vollkommen neuer Lochanordnung. Außerdem wurde anstelle des axial angeordneten Gebläses ein Föngebläse im Blechgehäuse verwendet, das mit dem Heizkörpermantel starr verbunden war. Diese Einheitstypen, für die eine schriftliche Garantie von einem Jahr geleistet wurde, konnte an jede mit 6 Amp. gesicherte Lichtleitung von 220 Volt Wechselstrom angeschlossen werden, außerdem war geplant, später auch Geräte für andere Stromarten auszurüsten.

Der Preis des Flammwolves einschließlich eines zweiadrigen Gummikabels mit Normalstecker betrug immerhin 48,- RM und erhöhte sich für ein dreiadriges Gummikabel mit Weißpunkt-Erdschutzstecker (anstelle des zweiadrigen Kabels, bei Stein- und Betonfußboden) um 1,50 RM.

Die Produktion dieses reduzierten Angebots ließ sich zunächst gut an. te Reh und ein paar Angestellte fertigten einige hundert Flammwölfe an, während Frau Schottky mehrere Male vor dem Krieg das Gerät auf der Leipziger Messe vorstellte, wo es ihr auch gelang, einige Käufer zu gewinnen. Tatsächlich wurde der Flammwolf von den Kunden auch gut aufgenommen. Als Beispiel dafür mag ein noch heute existierender Brief eines blinden Mannes dienen, der einen Flammwolf bestellt hatte, da er glaubte, mit seiner Hilfe endlich wieder allein Feuer anzuzünden zu können.

Der Flammwolf schien also gerade einige Marktanteile zu erobern, als der Zweite Weltkrieg ausbrach und die Produktion eingestellt werden mußte. Die Firmen, die die Mundstücke, die Föngebläse und die keramischen Heizkörper herstellten, waren gezwungen, ausschließlich für den Rüstungsbedarf zu produzieren und stellten ihre Lieferungen an Schottky ein. Dieser mußte daher seine Angestellten entlassen und behielt nur te Reh, der sich in den folgenden Jahren hauptsächlich mit dem Vertrieb bereits fertiggestellter Stücke und mit Reparaturarbeiten beschäftigte.

Ende 1943 wurde Schottkys Haus in Berlin von einer Brandbombe getroffen und brannte völlig nieder. Schottky, der mit seiner Familie obdachlos geworden war, erhielt die Möglichkeit, ins Forschungslaboratorium der Firma Siemens in Pretzfeld einzutreten und zog Anfang 1944 dorthin. Unter dem wenigen, das er mitnehmen konnte, befanden sich die letzten ca. 200 noch nicht verkauften Flammwölfe, die in der Reichsstraße gelagert gewesen und unbeschädigt geblieben waren. Dieser Restbestand hat auch zahlreiche weitere Umzüge überlebt und befindet sich noch heute im Besitz der Familie Schottky.

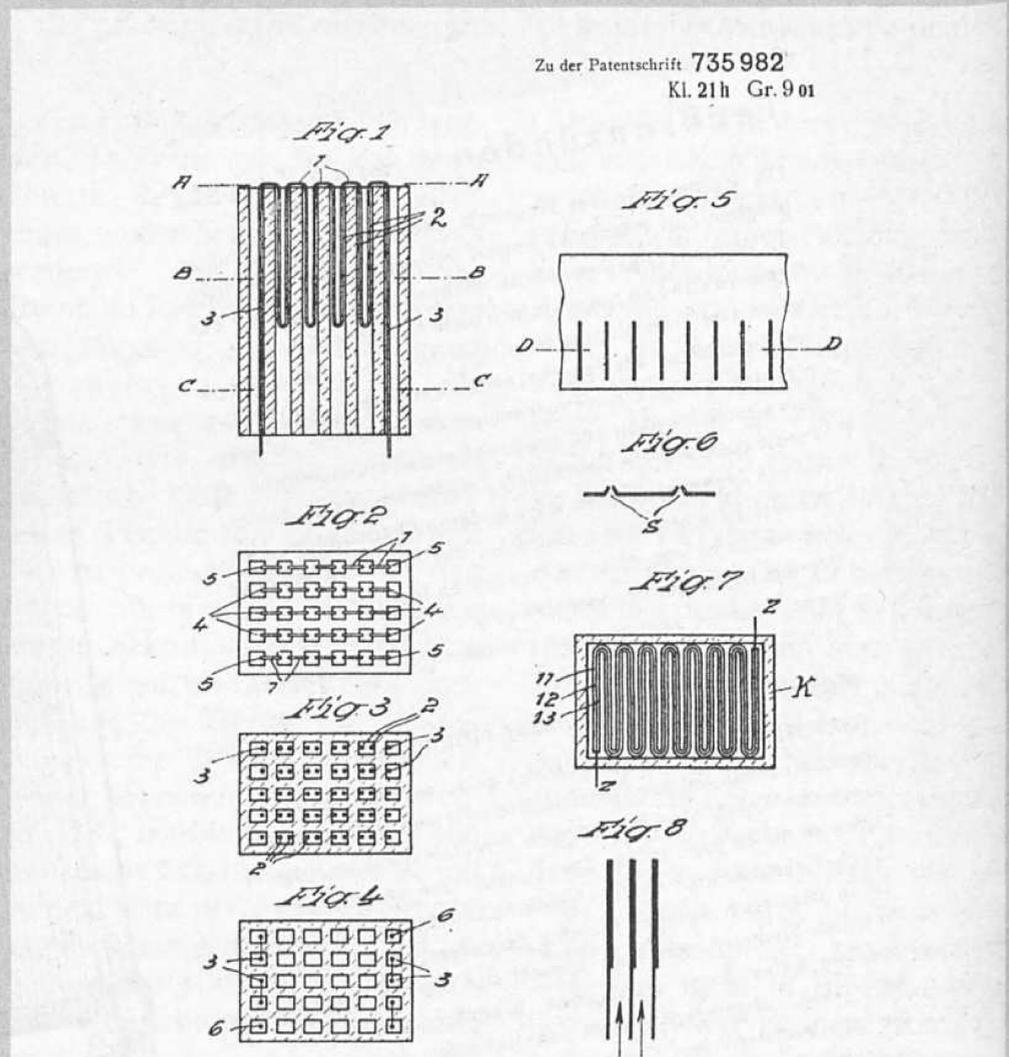
Nach dem Krieg mag Schottky eine Zeitlang erwogen haben, Produktion und Vertrieb des Flammwolves wieder aufzunehmen, sah sich aber bald gezwungen, diesen Plan aufzugeben. Als vordergründige Erklärung dafür könnte man angeben, daß Schottky Gerhard te Reh, der in Berlin geblieben war, bald aus den Augen verlor und der Herstellungsprozeß dadurch auf unüberwindliche Schwierigkeiten gestoßen wäre.

Stichhaltiger ist ein anderer Grund. Man muß wohl der Tatsache ins Auge sehen, daß Schottky mit einer an sich gut entwickelten und praktischen Erfindung einige Jahrzehnte zu spät gekommen war. Nach dem Zweiten Weltkrieg setzten sich, zumindest in den Städten, die mit flüssigen Brennstoffen betriebenen Heizeinrichtungen und besonders die Zentralheizungen durch. Ein Feueranzünder, der für mit festen Brenn-

stoffen beheizte Einzelöfen konzipiert war, war daher schlicht veraltet.

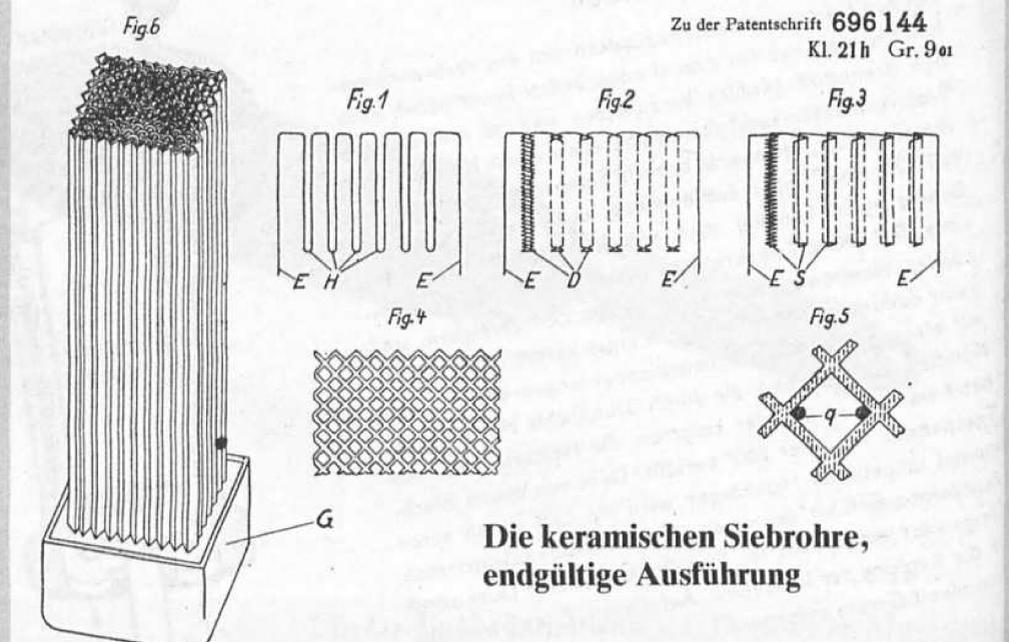
Schottky selbst hatte in jener Zeit auch wirklich Wichtigeres zu tun. Er, der gegen Ende der vierziger Jahre nochmals eine Gastprofessur an der Universität Erlangen angenommen hatte, erreichte in den fünfziger Jahren den Höhepunkt seiner wissenschaftlichen Laufbahn, wovon die berühmte, von ihm begründete Buchreihe »Halbleiterprobleme« (später »Festkörperprobleme«) Zeugnis

gibt, deren erste vier Bände er in den Jahren 1954–1958 herausgab. Vom Flammwolf dagegen benutzte er nur noch ab und zu ein einzelnes Exemplar selbst, da er seine eigene Wohnung bis in die sechziger Jahre hinein mit altertümlichen Kohleöfen beheizte. Die übrigen 200 Stück dagegen sind seit jener Zeit auf einem Dachboden eingelagert und hätten wohl schon längst ihren Weg zum Alteisenhändler angetreten, wenn man sie nicht aus Pietätsgründen aufheben müßte.



Zu der Patentschrift 735 982
Kl. 21h Gr. 9 01

Die von Schottky allein entwickelten keramischen Siebrohre



Zu der Patentschrift 696 144
Kl. 21h Gr. 9 01

Die keramischen Siebrohre, endgültige Ausführung

Jeder Bürger
einmal
ein Astronomen-
Landgraf



Ludolf von Mackensen

DIE REKONSTRUKTION

DER ERSTEN FESTEINGERICHTETEN STERNWARTE EUROPAS IN KASSEL

Die südwestliche Beobachtungsalane der ersten europäischen Sternwarte auf dem alten Kasseler Stadtschloß, im Maßstab 1 : 2 rekonstruiert im Hess. Landesmuseum in Kassel in der Haupthalle des Astronomisch-Physikalischen Kabinetts. Links der originale Azimutalquadrant, eine Urform des Theodoliten, aus Messing und Eisen, sowie rechts gefolgt von dem großen kupfernen Himmelsglobus zur Markierung und analogen Umrechnung von Sternpositionen, daneben der nachgebaute benutzbare Sextant aus Nußbaumholz und das nach dem Gemälde von 1577 rekonstruierte funktionsfähige Torquetum aus Messing.

* Auszug aus einem Vortrag auf dem 16. Internationalen Kongreß für Wissenschaftsgeschichte in Bukarest, 27. 8.-3. 9. 1981.

Jeder Bürger einmal ein Astronomen- Landgraf



Ölgemälde des Sternwartengründers Wilhelm IV. mit Gattin von dem niederländischen Hofmaler Kaspar van der Borcht. Rechts unter Wilhelm IV. ist Tycho Brahe wiedergegeben, der etwas tiefer auf der Sternwarten-Altane des Kasseler Stadtschlusses steht. Die beiden Gemälde von der Größe 117 x 109 cm sind zunächst offensichtlich unzertrennt gewesen und auf einer Leinwand gemalt worden.

Im Astronomisch-Physikalischen Kabinett des Hessischen Landesmuseums der Staatlichen Kunstsammlungen Kassel ist 1982 eine für die Astronomiegeschichte im besonderen und die Kulturgeschichte im allgemeinen bedeutsame Rekonstruktion vollendet worden: Die südwestliche Beobachtungaltane der ersten, 1560 festingerichteten Sternwarte der europäischen Neuzeit auf dem alten ehemaligen Kasseler Landgrafenschloß, bestückt mit den damals üblichen Instrumenten der messenden Astronomie.¹⁾

Zwei der Geräte sind als besondere Kostbarkeiten noch im Original erhalten, wie ein Gemälde von 1577 mit belegt. Es handelt sich

dabei um den größten überlieferten metallenen Himmelsglobus der Renaissance und den ältesten Ganzmetall-Azimutalquadranten der Welt, eine Urform des Theodoliten. Nachbildungen befinden sich davon im Deutschen Museum, ausgestellt in der Abteilung Astronomie, und im Nationalmuseum of American History der Smithsonian Institution in Washington (dort leider nicht ausgestellt).

Zwei andere Beobachtungsinstrumente von nicht geringerer Bedeutung waren bislang nur auf dem Gemälde zu sehen: ein Stück des Sextanten und ein Gewirr von ziemlich genau gemalten Messingstangen, die sich schließlich als ein sog. Türkengerät oder Torquetum entpuppten. Beide Instrumente sind jetzt in langwierigen Detailarbeiten nach Plänen des Verfassers in Originalgröße wiederhergestellt und voll funktionsfähig, wie sie es vor ihrem wahrscheinlichen Untergang im Dreißigjährigen Krieg gewesen sein müssen.

Jedermann kann nun gleich dem Sternwartengründer Wilhelm IV. auf die Altane treten und mit mindestens einem zeitgetreuen



und funktionsgerechten Gerät versetzen und am Tage Positionsmessungen in einer für die damaligen Verhältnisse phantastischen Genauigkeit von einer Bogenminute durchführen, wie sie nur Wilhelm IV. mit seinen Astronomen und nach ihm oder gleichzeitig Tycho Brahe erreichte und schließlich noch übertraf. Dazu funkelt das Sternbild Löwe mit 36 größenverschiedenen, auch am Tage hell leuchtenden Sternpunkten von der Wand der Haupthalle des Museums auf den Besucher herunter. Jeder Besucher also einmal ein Astronomen-Landgraf! Schrieb doch der französische Professor Pierre de la Ramée bereits 1567: »Landgraf Wilhelm von Hessen scheint Alexandria nach Kassel versetzt zu haben ... es scheint, Ptolemäus sei mit seinen Armillarsphären und Linealen aus Ägypten nach Deutschland gekommen.«²⁾

Mit dergleichen Instrumenten unter anderen mehr wurden zunächst in Kassel und dann auf der dänischen Sternwarte von Tycho Brahe auf der Insel Hven jene auf rund eine Bogenminute genauen Beobachtungen durchgeführt, die Anfang des 17. Jahrhunderts Kep-

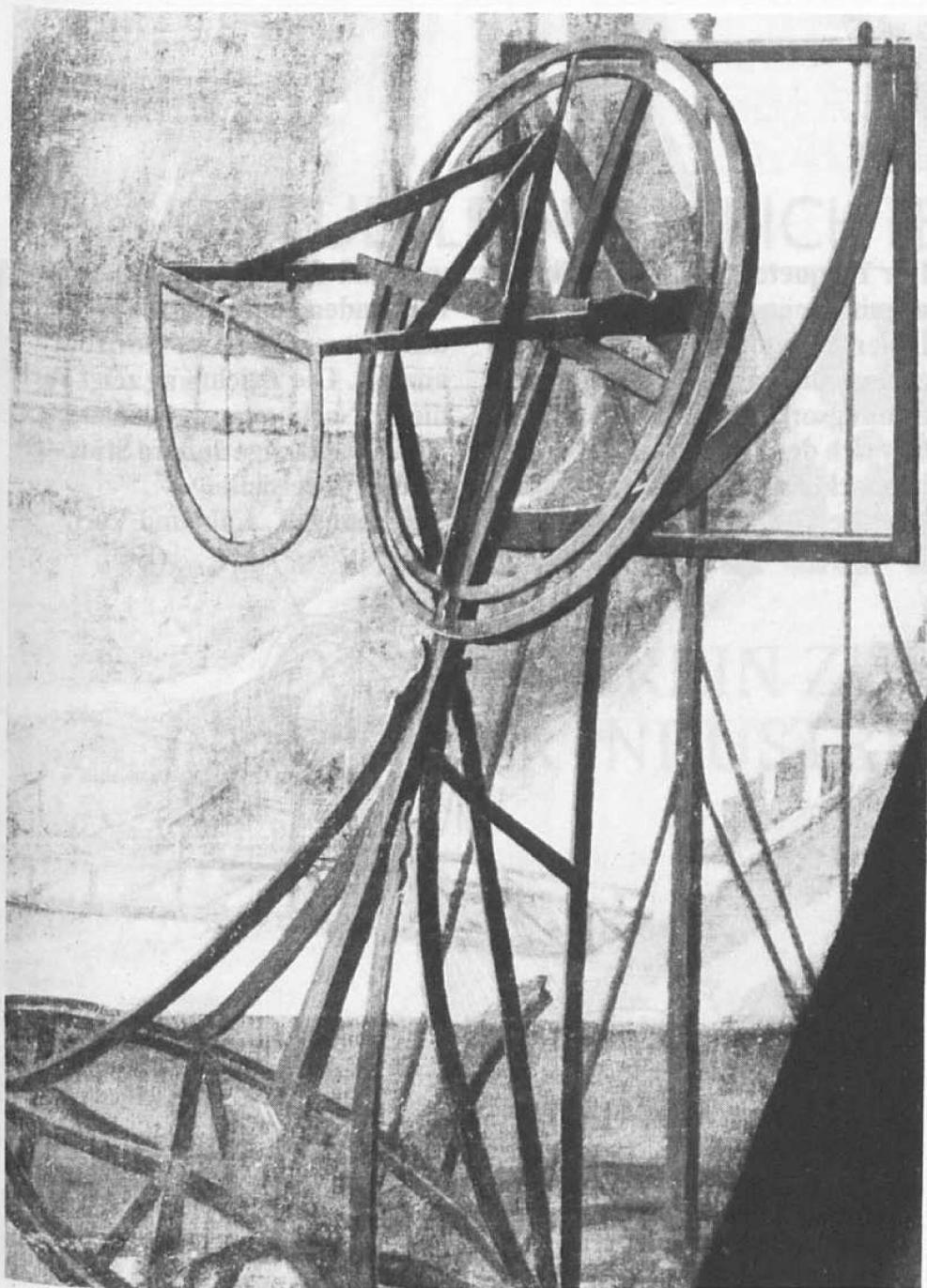
ler die Aufstellung seiner bahnbrechenden Keplerschen Gesetze erlaubten.

Nachdem auf der Insel Hven alle astronomischen Instrumente vernichtet worden sind, ist es für die Wissenschaftsgeschichte von besonderem Interesse, anhand der Kasseler Objekte und Quellen zu erforschen, mit welchen instrumentellen Hilfsmitteln die neuzeitliche Astronomie in Gang kam.

Daß in Kassel bereits in den Gründungsjahren der Sternwarte um 1560 Beobachtungen auf Bogenminuten genau zumindest abgelesen wurden, belegt ein 1979 erstmals veröffentlichtes Meßprotokoll von 1559.³⁾

Die Rekonstruktion des Riesentorquetums

Das Torquetum oder sog. Türkengerät, welches das Gemälde neben der Landgräfin zeigt, war an ausgesprochenen Präzisionsmessungen offensichtlich weniger beteiligt. Heißt es doch in der größtenteils noch unveröffentlichten lateinischen Beschreibung der Kasseler Sternwarte von Christoph Rothmann aus dem Jahre 1586: »Des-



halb haben wir zu diesen unseren Beobachtungen vor allem drei Instrumente benutzt, nämlich den Sextanten, den Quadranten und eine genaue Uhr, die uns die einzelnen Sekunden und Minuten der Zeit anzeigt.« (Usi itaque sumus ad has nostras observationes tribus potissimum instrumentis Sextante, Quadrante et horologio exacto singula secunda temporis (et minuta nobis exhibente.)⁴⁾

Das Torquetum stellte, seitdem es im Spätmittelalter in Gebrauch kam, sowohl ein Lehr- und Demonstrationsgerät als auch ein Meßinstrument dar, indem es die Hauptkreise des Himmels, nämlich den Äquator, die Ekliptik, den Deklinationskreis (äquatoriale Breite) und den Höhenbogen, anschaulich und manipulierbar machte bei der Ausmessung eines Sternortes nach Länge, Breite und Höhe über dem Horizont. Ferner diente das Türkengerät zur Zeitbestimmung durch Beobachtung der Sonne.

Der große Universalgelehrte und Philosoph Nikolaus von Kues (Cu-

sanus) besaß beispielsweise im 15. Jahrhundert das abgebildete älteste Torquetum⁵⁾, welches er vermutlich auch auf Reisen mit sich führte und das heute noch im Cusanusstift in Bernkastel-Kues gezeigt wird.

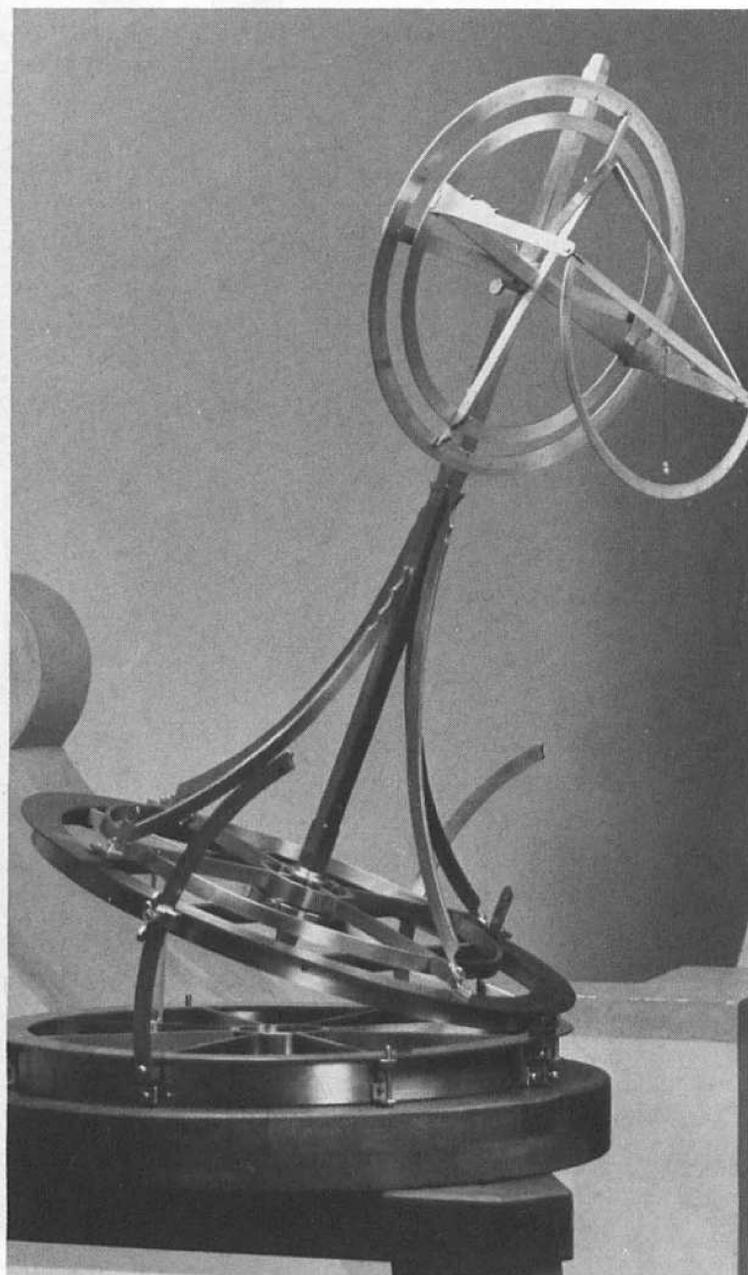
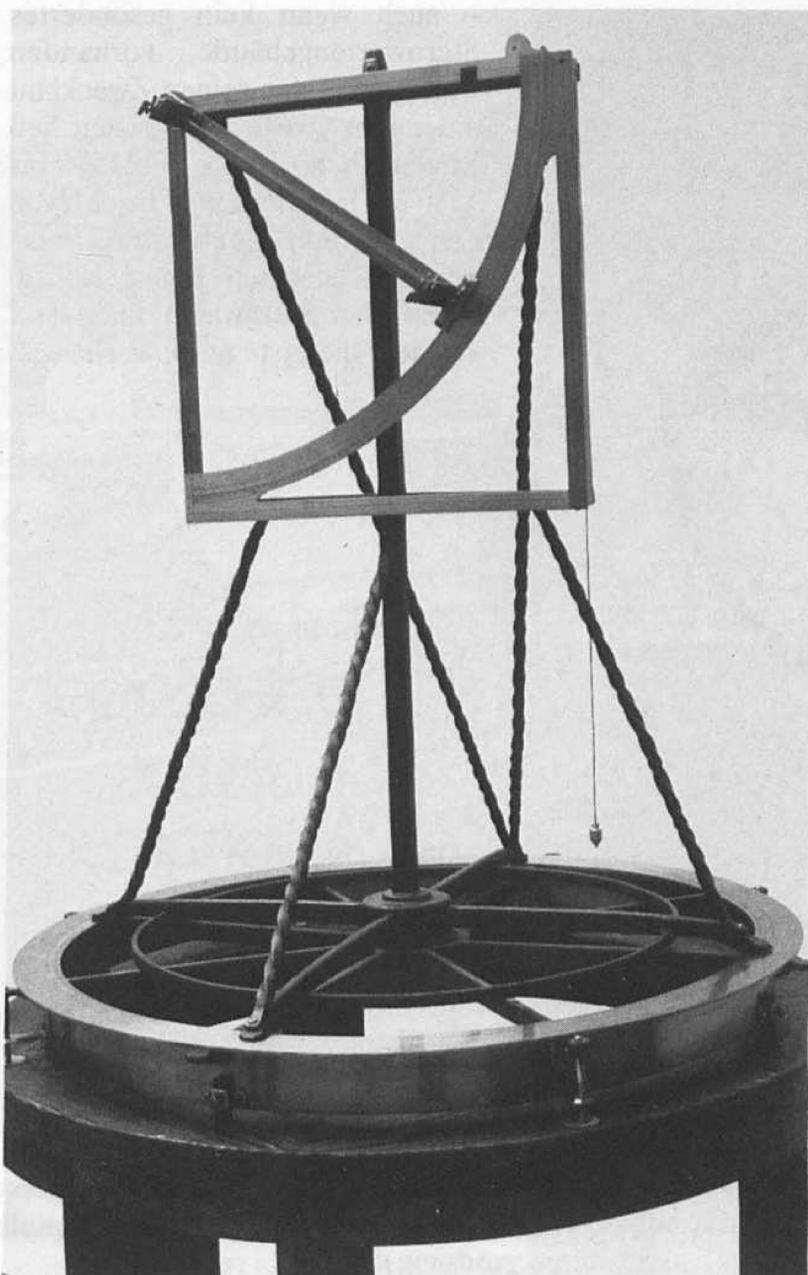
Das Kasseler Torquetum im Astronomisch-Physikalischen Kabinett ist das größte derartige Gerät, welches man überhaupt nachweisen kann. Es belegt eindrucksvoll jene Tendenz zu Beginn der wissenschaftlichen Revolution, Naturerfahrungen und Meßergebnisse dadurch zu verfeinern, daß man bekannte Meß- und Demonstrationsgeräte zu Großinstrumenten weiterentwickelte. Im Kasseler Fall wurde ein Tischinstrument gleichsam aufgeblasen zum großen Freilichtgerät, dabei zur Gewichtsersparnis nicht mehr massiv, sondern skelettiert ausgeführt und etwas vereinfacht durch Weglassen einer drehbaren Ebene, der Ekliptik.

Die Meßkreise des derart vergrößerten Instrumentes konnten riesige Skalen tragen, auf denen man

Detail des Torquetums (Türkengerät) und Azimutalquadranten (Viertelmeßkreis) aus dem Gemälde. Der Vergleich der beiden gemalten Instrumente mit dem im Original erhaltenen ganz ähnlichen Quadranten ergab einen verlässlichen Anhalt für die einzigartige Größe des Kasseler Torquetums von rund 1 m Höhe (oben).

Der Azimutalquadrant (auch Wilhelmsquadrant) der ersten festingerichteten Sternwarte der Neuzeit in Kassel, sehr wahrscheinlich von Eberhard Baldewein ausgeführt. Dieses älteste erhaltene derartige Metallgerät stellt die Urform des später entwickelten Theodoliten dar. Der vertikale Viertelmeßkreis und der horizontale Vollkreis haben einen Radius von rund 40 cm und sind auf $\frac{1}{2}$ bzw. 1 Grad geteilt. Der hölzerne Sockel und das verlorengegangene Lot zum Senkrechtrichten des Quadranten mittels der Stell-schrauben am Horizontalring wurden 1979 ergänzt (rechts).

Das gemäß Abb. oben vom Verfasser nachkonstruierte Riesentorquetum der Kasseler Sternwarte von vor 1577, ausgeführt 1981 von G. Weber (rechts außen).



Jeder Bürger
einmal
ein Astronomen-
Landgraf

mehr Meßpunkte unterbrachte und mithin präziser ablesen konnte – genaue Skaleneinteilung vorausgesetzt. Der Preis dieser Entwicklung war jedoch ein schweres und unhandliches Gerät, das schließlich aus der Astronomie verschwand, ähnlich wie die Saurier aus der Erdgeschichte. Sextanten und Quadranten aber, auch das kann man auf der rekonstruierten Sternwarten-Altane nachvollziehen, waren besser geeignet, sich allgemein durchzusetzen.

Das Kasseler Riesentorquetum ohne Ekliptikebene fand jedoch als Tischgerät noch kleinere Nachfahren, wie ähnliche Geräte im Adler-Planetarium in Chicago und im Historischen Museum in Frankfurt belegen. Die Entwicklung des Torquetums geht auf diese Weise über in die Entwicklung der sogenannten Universalinstrumente.

Das Torquetum des Kardinals Nikolaus von Kues von 1434 im Cusanusstift in Bernkastel-Kues an der Mosel.

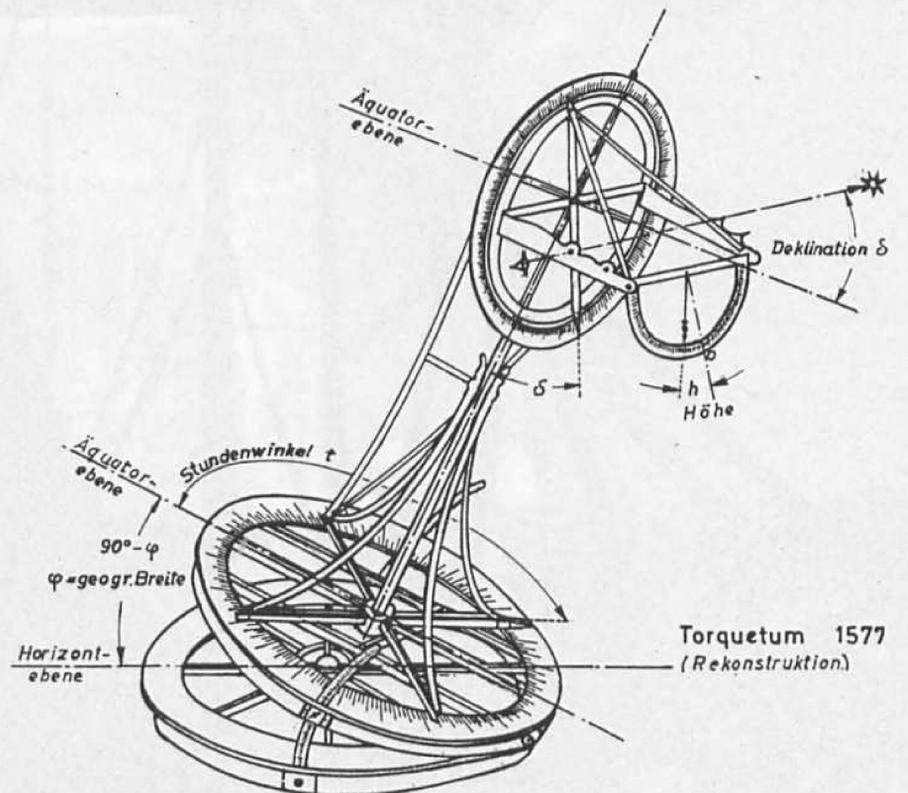
Moderne Nachrechnungen

An der heutigen Universitäts-Sternwarte in Göttingen hat in dankenswerter Weise Herr Dr. Axel Wittmann die 60 Sonnenbeobachtungen von Wilhelm IV. aus den Jahren 1559 und 1561 mittels elektronischer Datenverarbeitung nachgerechnet, weil es sich hier »um einige der ersten zuverlässigen Meßreihen von Sonnenhöhen in Europa« handelt, wie er uns am 29. 2. 1980 schrieb. Wittmann errechnete den tatsächlichen Fehler der Meridianhöhen und damit der Deklination der Sonne zu 2 bis 3 Bogenminuten für diese über 400 Jahre alten Beobachtungen.

In Kassel waren unter Landgraf Wilhelm IV. an der Sternwarte jahrzehntelang mehrere festgestellte Observatoren, Mathematiker und Instrumentenbauer beschäftigt. Das Observatorium erfüllte somit die Forderung nach einer »wissenschaftlichen Anstalt für dauernde Forschung«⁶⁾, wie sie das Mittelalter noch nicht kannte

Der Torquetum ohne Ekliptikebene mit seinen Meßmöglichkeiten. In der Äquatorebene, die auf die geographische Breite des Beobachtungsortes eingestellt wird, läßt sich der Stundenwinkel des beobachteten Sternes, am oberen Kreis seine Deklination ablesen,

während das Lot am frei herunterhängenden Halbkreis die Höhe des Sternes über dem Horizont anzeigt. Die Zeichnung zeigt auch die im Nachbau weggelassene, weil überflüssige äußere Stützstrebe der Mittelsäule. Zeichnung: T. Kahl und Verf.



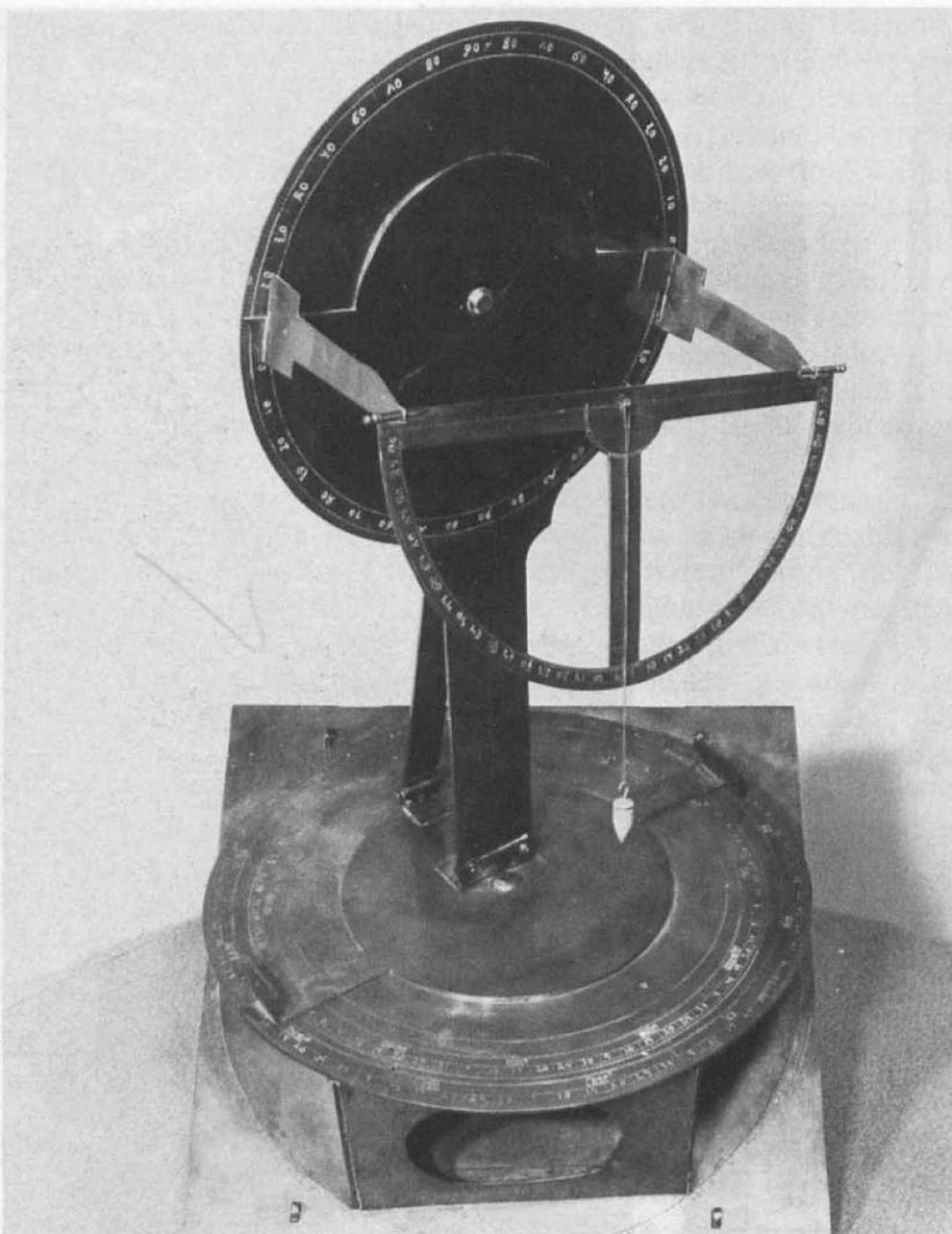
– auch wenn kein gesondertes Sternwartegebäude vorhanden war. Den ersten reinen Zweckbau einer Sternwarte der Neuzeit ließ ja erst Tycho Brahe von 1576 bis 1580 auf der dänischen Insel Hven errichten und nannte ihn Uraniborg, zu deutsch Himmelsburg. Doch die Sternwarte in Kassel »bildete die erste europäische und

neuzeitliche Einrichtung dieser Art überhaupt und war ohne bekanntes Vorbild – sieht man von einzelnen Beobachtungsständen ab, wie etwa Bernhard Walther im letzten Drittel des 15. Jahrhunderts einen in Nürnberg besaß, wo auch Regiomontanus einige Jahre beobachten konnte«, wie es Fritz Krafft ausgedrückt hat.⁷⁾

Anmerkungen

- 1) Ludolf v. Mackensen mit Beiträgen von Hans v. Bertele und John H. Leopold. Die erste Sternwarte Europas mit ihren Instrumenten und Uhren – 400 Jahre Jost Bürgi in Kassel, München. 2. vermehrte Auflage, 1982 (broschiert im Museum für 23.– DM, gebunden im Buchhandel, Verlag Callwey, für 36.– DM).
- 2) Petrus Ramus, Prooemium mathematicum, Paris 1567.
- 3) Anm. 1, S. 11.
- 4) Christophori Rothmanni Bernburgensis illustrissimi principis Guilielmi Landgravii Hassiae etc. Mathematici, observationum stellarum fixarum liber primus. Handschrift der Gesamthochschulbibliothek, Murhardsche und Landesbibliothek Kassel, Handschriftenabteilung, Signatur 2^o Ms. astron. 16, 2, fol. 9r.
- 5) Ernst Zinner, Deutsche und niederländische astronomische Instrumente des 11. bis 18. Jahrhunderts. 2. Aufl. München 1967. S. 177 f. und 180.
- 6) Ernst Zinner, Die Geschichte der Sternkunde, Berlin 1931, S. 580.
- 7) Fritz Krafft, Tycho Brahe. In: Die Großen der Weltgeschichte, hrsg. v. K. Fassmann u. a., Bd. 5. Zürich 1974, S. 318.

Jeder Bürger
einmal
ein Astronomen-
Landgraf



VON R...BURG
 ÜBER...HOFEN
 NACH...MUNZ

AKTUELLE NACHRICHTEN UND BERICHTE 3/1983

INDUSTRIE- ARCHÄOLOGIE

VEREIN ZUR FÖRDERUNG
 DER INDUSTRIE-ARCHÄOLOGIE



Ausgangspunkt der Bayerischen Eisenstraße ist das Schifffahrts-Museum Regensburg. In seinen Ausstellungsräumen wird unter anderem die bedeutende Schifffahrt zwischen Amberg und Regensburg dargestellt.

HELMUT WOLF

DIE BAYERISCHE EISENSTRASSE

Bereits seit dem achten Jahrhundert v. Chr. ist der Eisenerzbergbau in Ostbayern nachweisbar. Zahlreiche Zeugen der Vergangenheit – von der Erzgrube bis zur Arbeitersiedlung – haben sich dort erhalten. Sie sollen jetzt durch ein für industriearchäologische Objekte sehr ungewöhnliches Konzept erschlossen werden: durch das Projekt »Bayerische Eisenstraße«.

In der Bundesrepublik Deutschland zählt man derzeit über 50 Ferienstraßen. 1982 kam die Bayerische Eisenstraße hinzu, die zwar noch nicht die vom Deutschen Fremdenverkehrsverband aufgestellten Hauptkriterien für Titularstraßen erfüllt, deren Zielsetzung aber wesentlich breiter gefächert ist: Das Projekt umfaßt die Erforschung der Industriegeschichte des ostbayerischen Raumes, insbesondere des Eisenwesens. Es schließt die Dokumentation technikgeschichtlicher Denkmäler ein, deren Erhaltung und Konservierung angestrebt wird und die fallweise einer neuen Nutzung zugeführt werden sollen, sowie die Entwicklung des Fremdenverkehrs im Hinblick auf Naherholung und Bildungsurlaub. Die Bayerische Eisenstraße – mit ähnlicher Zielsetzung wie die Steirische Eisenstraße – verläuft 120 km von Pegnitz im Norden über Auerbach, Sulzbach-Rosenberg, Amberg, Theuern, Schmidmühlen bis Regensburg im Süden. Sie knüpft an Altstraßen an und verbindet die einstigen Eisenzentren Ostbayerns, nämlich die Reviere Pegnitz, Auerbach, Sulzbach-Rosenberg und Amberg. Kernstück ist der als »Eisenstraße« bekannte Wasserweg von Amberg nach Regensburg. Alte Fernhandelsstraßen durchziehen den Oberpfälzer Raum. Aus der Bronzezeit stammt die bedeutende Bernsteinstraße, auf der Bernstein von der Elbe nach Süden und Bronze-Erzeugnisse aus dem heutigen Italien nach Norden verhandelt wurden. Die Trasse verläuft über Regensburg, das Naabtal, östlich an Amberg vorbei über Weiden nordwärts. Diese Route deckt sich wahrscheinlich bereichsweise mit der wesentlich jüngeren Handelsverbindung »Magdeburger Straße«, die in der nördlichen Oberpfalz über Weiden-Neustadt-Mitterteich-Hof nach Mitteldeutschland führte.

Im Mittelalter und der Neuzeit waren es vor allem die West-Ost-Handelswege, von denen die »Goldene Straße«, die Nürnberg über Sulzbach-Hirschau-Weiden mit Prag verband, dominierte. Die regionale Hauptverkehrsader

der Oberpfalz blieb jedoch die Route Amberg-Regensburg. Der Wasserweg auf Vils und Naab garantierte durch niedrige Frachtkosten der Oberpfälzer Montanindustrie günstige Absatzchancen seiner Eisenerzeugnisse. Die Schifffahrt auf der Vils begann bereits in der ersten Hälfte des 11. Jh. Sie gewann auf der 60 km langen Strecke von Amberg nach Regensburg jedoch erst mit der Entstehung der Hammerwerke an diesen Flüssen im 13. und 14. Jh. größere Bedeutung. Auf dem Wasserweg wurden die Hammerwerke an Vils und Naab mit Erz versorgt, aber auch die Werke an der Laaber und Altmühl. Zeitweise gelangte Amberger Erz auf diese Weise sogar zu den Hammerwerken im Bistum Passau. Entscheidend war allerdings der Eisentransport vom Hauptlagerplatz Amberg nach Regensburg, von wo aus das begehrte Metall auf dem Wasserweg zum Handelsplatz nach Ulm verschickt wurde. Um Leerfahrten zu vermeiden, wurden die Vilschiffe auf der Rückfahrt mit Salz und anderen Gütern beladen.

Die Schiffe waren wohl schon im 16. Jh. etwa 24 m lang, 3 m breit und besaßen nur geringen Tiefgang, um das seichte Gewässer Vils zu durchfahren. Immerhin wurden auf der Talfahrt 400 Ztr., auf der Bergfahrt 200 Ztr. verfrachtet. Die Schifffahrt begann jeweils im März und währte bis Oktober oder November. 7 bis 8 Schiffe legten sonntags an der Erzschütt in Amberg ab und benötigten für die Strecke nach Regensburg 12 bis 15 Stunden. Die Sonntagsfahrt war deshalb nötig, da an diesem Tag die Hammerwerke Betriebsruhe hatten und die Schiffe – ohne die Arbeit der Hammerwerke zu stören – über sogenannte Fälle die Stauanlagen passieren konnten. Seit 1501 gab es eigens für die Sonntagsarbeit einen päpstlichen Dispens für »immerwährende Zeiten«. Die Rückfahrt der mit Salz beladenen Schiffe von der Eisenlande in Regensburg begann am Montag und dauerte bis Freitag. Die Kähne wurden flußaufwärts von Pferden gezogen. In der 2. Hälfte des 16. Jh. betrug die jährliche Fracht ca. 70 000



Kirche des ehemaligen Zisterzienserklosters Pielenhofen; zum Kloster Pielenhofen gehörte eine Mühle mit vier Radwerken (1397), seit dem 15. Jh. ein Hammerwerk, und 1505 wird hier der erste Holzkohle-Hochofen (Floßofen) in der Oberpfalz genannt

Ztr. Eisen, um 1500 z. B. jährlich 20 000 Ztr. Salz. Die Frachtkosten auf dem Wasserwege waren im Verhältnis zu denjenigen, die bei Straßentransport anfielen, erheblich niedriger. Dies wird allein schon aus der Tatsache ersichtlich, daß eine Schiffsladung etwa 40–50 Fuhrwerksladungen entsprach.

Nach dem 30jährigen Krieg wurde im wesentlichen Salz transportiert. Die endgültige Einstellung der Schifffahrt datiert aus dem Jahre 1826.

Vermutlich an die Bedeutung der Verkehrsader anknüpfend, schlug Mitte des 19. Jh. der Amberger Magistrat vor, die Eisenbahntrasse von Nürnberg über Amberg nach Regensburg im Vils- und Naabtal zu verlegen. 1854 wurde jedoch dieser Plan abgelehnt und schließlich die Strecke Amberg-Schwandorf-Regensburg realisiert. Schwandorf wuchs nun zum Verkehrsknotenpunkt, denn sowohl nach Osten als auch nach Norden verliefen die Eisenbahnhauptstrecken. Da auch die Süd-Nord-Trasse der Autobahn an Schwandorf vorbeiführt, besitzt die einstige Vils-Naabtal-Verkehrsader keine überörtliche Bedeutung mehr. Dank dieser Verkehrsentwicklung blieb das landschaftlich reizvolle Vils-Naab-Gebiet in seiner natürlichen Landschaft erhalten, was auch dem Fremdenverkehr zugute kommt. Doch die frühindustrielle Vergangenheit kann man noch in fast jeder der am Fluß liegenden Ortschaften wahrnehmen, besonders dort, wo die Hammerherrenschlösser als Zeugen einstigen Wohlstandes stehen.

VON REGENSBURG ÜBER PIELENHOFEN NACH KALLMÜNZ

Zur Geschichte des Eisenwesens

Die Anfänge

Im 8. Jh. v. Chr. begann in Mitteleuropa eine technologische Umwälzung mit großer Tragweite: Das Eisen verdrängte als Gebrauchsmetall die Bronze. Gründe für den hohen Eisenbedarf waren neben der leichten Verfügbarkeit des Rohstoffes Eisenerz auch die neuerlangte Beherrschung der primitiven Verhüttungstechnik und die vermutlich herrschende Metallknappheit. Wann in Ostbayern die Gewinnung von Eisenerzen und deren Verhüttung begann, läßt sich noch nicht eindeutig belegen. Befunde aus dem Raum Kelheim und Berching lassen den Schluß auf eine spätlatènezeitliche Verhüttung zu. Diese Datierung gilt auch für den Bergbau am Michelsberg bei Kelheim, die Verhüttung in Berching-Pollanten, während sie für die zahlreichen Erzschorfstellen in der südlichen Frankenalb in Analogie zu dem Erscheinungsbild der Trichtergruben des Michelsberges zumindest als verfrüht erscheint.

Voraussetzung für den Bergbau auf Eisenerz waren oberflächennahe Vorkommen und leicht verhüttbare oxidische Erze. Im Bereich der Frankenalb kann man nun zahlreiche dieser Erzvorkommen lokalisieren. Es handelt sich um Kreideerze, wie sie heute noch in Auerbach (Grube Leonie) in größeren Mächtigkeiten anstehen und abgebaut werden. Die Verhüttung des Rohstoffes scheint vielfach unmittelbar an der Erzgewinnungsstelle erfolgt zu sein, worauf die Schlackenreste in Trichtergrubenfeldern hindeuten. Das Roheisen wurde entweder in Schmelzgruben oder in Windöfen erschmolzen, wobei Wind über Düsen zugeführt wurde, der hauptsächlich durch Muskelkraft über Tretblasebälge erzeugt worden sein dürfte.

Primitiver Bergbau und Verhüttung hielten sich bis in die Neuzeit. Felduntersuchungen, aber auch Untersuchungen an Eisenschlacken werden – neben archivalischen Belegen – hierzu einige Hinweise geben. Seine erste urkundliche Erwähnung findet der Bergbau z. B. um Amberg allerdings erst um 1285, wengleich Befunde einen früheren Beginn nahlegen.

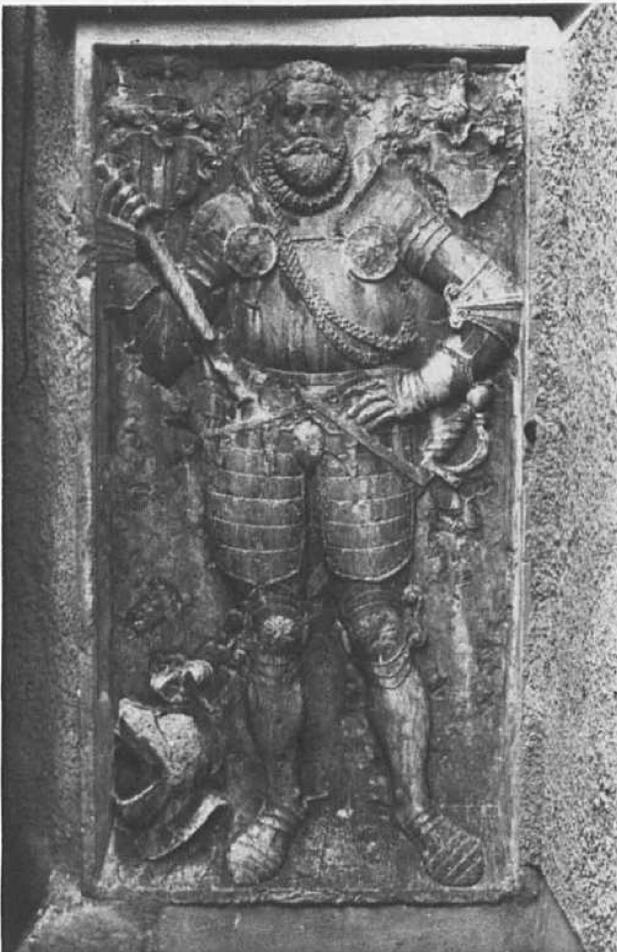
Die Blütezeit im 13. bis 16. Jahrhundert

Bahnbrechend für den Aufstieg der Oberpfälzer Eisenindustrie war der Einsatz der Wasserkraft zur Verhüttung und Verarbeitung der Erze. Im 13. Jh. entstanden die ersten Hammerwerke an den Flußläufen. Während die Verhüttung in großen Essen, d. h. in offenen Herden, dem sog. Zerrennherd, erfolgte, in dem schiedbares Eisen gewonnen wurde, konnte dieses unter dem wassergetriebenen Hammer weiter verarbeitet werden. Der Zusammenschluß vieler Oberpfälzer Hammer-



Hammergut Heitzenhofen

Im Jahre 1460 erbaut, gehörte Heitzenhofen neben Schmidmühlen und Dietldorf zu den größten Werken zwischen Regensburg und Amberg. Hammerherrenschloß aus dem 16. Jh. mit 1860 angebrachtem Treppengiebel und die 1715 erbaute St.-Wolfgangskapelle



Kallmünz

Grabstein des Joachim von Bertholdshofen, Hammermeister zu Traidendorf, gestorben 1543. Katholische Pfarrkirche St. Michael



Kallmünz, Rathaus

Holztafel mit gemalten Wappen von 20 adeligen Landsassen des Landgerichtes Burglengenfeld sowie zwei Wappen des Landrichters und Landgerichtsschreibers. In der Mitte befindet sich das pfälzbayerische Wappen mit dem pfälzischen Wappen als Herzschild, von zwei Löwen gehalten (1603)

VOM HAMMERHERRNSCHLOSS DIETLDORF NACH THEUERN



Hammerherrenschloß Dietldorf, im italienischen Renaissance-Stil erbaut, 1705/1706 fertiggestellt. Das erste Hammerwerk wird hier 1390 erwähnt. Heute nutzt man, wie bei anderen aufgelassenen Hammerwerken, die Wasserkraft zur Stromerzeugung



Herrenhaus in Carolinenhütte, 1 km westlich des Hammergutes Rohrbach; die Carolinenhütte zählt zu den ältesten bayerischen Gießereien; seit 1800 in Betrieb, heute stellt die Gießerei Spezialgußwaren her



Hammerherrenschloß Schmidmühlen; hier stand vermutlich bereits zu Beginn des 11. Jh. das älteste Oberpfälzer Hammerwerk

werke zu einem Verbundsystem (die wichtigste ist die Hammereinigungsurkunde von 1387), das kartellartige Züge trägt, bedeutet die Grundlage für eine Blütezeit der sich auf die Hammerwerke konzentrierenden Eisenindustrie. In dieser Zeit war sie der bestimmende wirtschaftliche Faktor in der Oberpfalz. Die Zahl der Hammerwerke änderte sich im Laufe der Zeit. Während sich 1387 allein in der Hammereinigung 77 zusammengeschlossen hatten, zählte man z. B. 1544 117 Hammerwerke, deren Produktivität gegenüber früheren Zeiten stark gestiegen war.

Bereits 1505 wurde in Pielenhofen an der Naab der erste Floßofen angeblasen, in dem kontinuierlich Eisen gewonnen werden konnte. Diese technische Neuerung in der Verhüttungstechnik fand vorerst keine Nachfolger, wohl weil hierfür qualitativ bessere Meilerkohlen anstatt der billigen Grubkohle für den Schmelzprozeß erforderlich wurde. Auch die Anfang des 17. Jh. in Fichtelberg nach Siegerländer Vorbild gebauten Öfen setzten sich – wohl aus Holzangel – in der Oberpfalz nicht durch. In anderen Gebieten erfolgte jedoch die Umstellung: So baute man in Kremsbrücke in Oberkärnten 1541 den ersten Floßofen Österreichs, dem weitere in Kärnten und schließlich der Steiermark folgten.

Auch wenn heute als Grund für den Niedergang des Oberpfälzer Eisenwesens der 30-jährige Krieg verantwortlich gemacht wird, für ihn sind auch andere Faktoren maßgebend, nicht zuletzt die veralteten Technologien.

Der Neuaufschwung im 19. Jahrhundert

Im 17. und 18. Jh. war die Eisenindustrie der Oberpfalz unbedeutend. Mit dem Eisenbahn-

AMBERG – ZENTRUM DER OBERPFÄLZER EISEN- PRODUKTION



Hammerherrenschloß Theuern, spätbarocke Anlage, erbaut 1782, heute Sitz des Bergbau- und Industriemuseums Ostbayern. Die erste Erwähnung eines Hammerwerkes datiert aus dem 15. Jh.



Rathaus in Amberg, Hauptbau aus der 2. Hälfte des 14. Jh. stammend



Grabstein des Bergherrn und Eisenhüttengewerken Lorentz Modler, gestorben 1471; Helenenkapelle zu St. Martin in Amberg



Nabburger Tor in Amberg, 14. Jh. Die noch gut erhaltene Befestigungsanlage Ambergs wurde zum erheblichen Teil aus dem Bergzoll finanziert

bau ab Mitte des 19. Jh. kam es in ganz Mitteleuropa zu einem Wiederaufstieg. Die Einführung von leistungsfähigen Kokshochöfen anstelle der mit Holzkohle befeuerten ebnete hierzu den Weg. Dieses neue Verfahren gelangte von England auf den Kontinent. Um an dem Eisenbahnprojekt mitarbeiten zu können, bemühte man sich auch in Bayern um eine Umstellung von veralteten, im 18. und 19. Jh. errichteten, kleinen Holzkohlehochöfen auf Kokshochöfen. Als Standortkriterium wählte man die Erzbasis, d. h. den

AM ENDE DER EISENSTRASSE: ÄLTESTE FÖRDERGERÜSTE IN OSTBAYERN UND ST. BARBARA



Theresienstollen, 1842 angeschlagen, 1967 nach Stilllegung des Bergbaus am Amberger Erzberg Stollenmundloch zugemauert

Amberg-Sulzbacher Raum. 1864 wurde der erste Kokshochofen der Maxhütte in Rosenberg angeblasen, während 1883 der erste Amberger Hochofen in der Luitpoldhütte folgte. Derartige Hüttenbetriebe ersetzten nun die kleinen Floßöfen und Hammerwerke, die stillgelegt oder zumindest umstrukturiert werden mußten. Aus einigen Hammerwerken entstanden z. B. Dorfschmieden. Der größere Teil setzte die freiwerdende Wasserkraft zum Betreiben von Polier- oder Sägewerken ein, aus denen sich schließlich Kleinkraftwerke entwickelten, die den erzeugten Strom noch heute in das öffentliche Netz einspeisen. Dieser Aufschwung der Oberpfälzer Eisenindustrie, durch Kriege und Weltwirtschaftskrise gebremst, konnte nur so lange anhalten, weil die Erzbasis vorhanden und der Absatz des Eisens gesichert war. Doch 1964 wurde die Förderung am Amberger Erzberg eingestellt, und so wandelte sich die Luitpoldhütte von einer Eisenhütte zum Gießereibetrieb. In Sulzbach ging mit der Stilllegung der Grube Eichelberg 1978 wie in Amberg der jahrhundertalte Bergbau zu Ende. Mit Erz wird die Maxhütte aus der betriebseigenen Grube Leonie beliefert. Neue und revolutionäre Technologien müssen entwickelt werden, damit die revierfernen Betriebe, mögen sie auch noch so leistungsfähig sein, nicht in eine existenzbedrohende Lage kommen.

Zeugen der Vergangenheit

Die Montanindustrie, welche die Oberpfalz über Jahrhunderte hin geprägt hat, ist auch



Wappen des Bergwerkes Hans Klopfer mit Helm und Kleinod am Öffnungsbogen der Wolfgangskapelle zu St. Martin, Amberg



Schacht-Anlage Maffei in Nitzlbuch/Auerbach; älteste Fördergerüste in Ostbayern (1904); die Stilllegung der Grube erfolgte 1918

heute noch durch zahlreiche Bodendenkmäler und Bauten belegbar. Aufgabe des Projektes Bayerische Eisenstraße wird es nun sein, diese Zeugen zu dokumentieren, sie zu konservieren und in einigen Fällen zu revitalisieren. Die reinen Kulturdenkmäler sollen, sofern sie in direktem Zusammenhang mit dem Montanwesen stehen, in das Projekt eingebunden werden.

Im einzelnen umfaßt das Inventar als wichtig-

ste Objekte Bodendenkmäler wie Erzgruben, Verhüttungsstätten, Wasserbauten, Industriebauten wie Schachtanlagen, Hüttenbetriebe, Arbeitersiedlungen, darüber hinaus Hammerherrenschlösser, die bedeutenden Rathäuser in Amberg, Sulzbach-Rosenberg und Auerbach, Kirchen wie St. Martin in Amberg, Wallfahrtskirchen der Bergknappen, Kleindenkmäler wie Wappensteine, Grabplatten und schließlich Museen, die sich mit der

ZUSAMMENFASSUNG SUMMARY RÉSUMÉ



Wohnhaus in der Bergarbeiter-Kolonie Maffei-Straße in Auerbach



St. Barbara – Schutzpatronin der Bergleute – in einer Seitenkapelle der Pfarrkirche in Auerbach



St. Anna-Schacht in Sulzbach-Rosenberg, im Hintergrund die Wallfahrtskirche am St.-Anna-Berg; die Stilllegung der Grube erfolgte im Jahre 1974; das Schachtgerüst bildet heute ein Industriedenkmal in Sulzbach-Rosenberg, das auf die mehrhundertjährige Geschichte des Eisenerzbaus hinweist.

industriellen Vergangenheit auseinandersetzen u. v. a. m.

Koordinationsstelle für die Forschungsvorhaben ist das Bergbau- und Industriemuseum in Theuern, das auch für die spezifische Fremdenverkehrserschließung die Geschäftsführung übernimmt. Träger der Maßnahme ist der Landkreis Amberg-Sulzbach. Die Realisierung des Projektes kann nun in mehreren Stufen erfolgen. Mit den Grundlagenarbeiten wurde begonnen.

Unser Autor: *Dr. rer. nat. Helmut Wolf, Diplom-Geologe, geboren 1937, Studium an der Universität München; von 1966 bis 1978 am Staatlichen Forschungsinstitut für angewandte Mineralogie Regensburg mit Schwerpunkt angewandte Lagerstättenforschung in Ostbayern befaßt; seit 1969 Lehrauftrag für Geologie an der Universität Regensburg; 1978 Museumsreferent in der Kulturverwaltung des Bezirks Oberpfalz; seit 1972 Aufbau des Bergbau- und Industriemuseums Ostbayern in Theuern und Leitung dieses Museums.*

Bildnachweis: *Alle Aufnahmen Gerhard Weiß, München.*

Zusammenfassung

Die Bayerische Eisenstraße, H. Wolf. Seit dem achten Jahrhundert v. Chr. ist der Eisenerzbergbau in Ostbayern nachweisbar. Die zahlreichen industriearchäologischen Objekte werden jetzt im Rahmen der Bayerischen Eisenstraße erschlossen.

The Bavarian Iron Route, H. Wolf.

Iron mines are known in Easter Bavaria since the 8th cent. b. c. The multitude of industrial monuments will be developed by the project "Bavarian Iron Route".

La Route de Fer Bavaroise, H. Wolf.

Mines de fer sont bien connues dans la Bavière de l'est depuis le 8^{ème} siècle. Il est projeté de développer les monuments industriels par la Route de Fer Bavaroise.

DIE SAMMLUNG WORMLAND



»Theo Wornland war glücklich, wenn er andere Menschen an seinem Sammlerglück teilhaben lassen konnte. Mit Spürsinn und hohem Anspruch an Qualität verschrieb er sich einem straff profilierten Sammlungskonzept, das vor allem die surrealen Bildfindungen in der modernen Kunst berücksichtigte. Der Kern der Sammlung, Meisterwerke von Max Ernst und Magritte, hat sonst nirgendwo Vergleichbares.«

(Erich Steingraber, Generaldirektor der Bayerischen Staatsgemäldesammlungen)

Karl Bobek: Bildnis Theo Wornland, 1983

Der Katalog

In fester Buchform. ISBN 3-521-04152-2
Im Buchhandel DM 42,—.

Bildband von Hartwig Garnerus,
240 Seiten, 67 Farbtafeln,
30 Schwarzweißtafeln,
22 Schwarzweiß-Abbildungen,
Großformat 21,5×31,5 cm.

Russische Ikonenmalerei und Medizin

von Jörgen Schmidt-Voigt

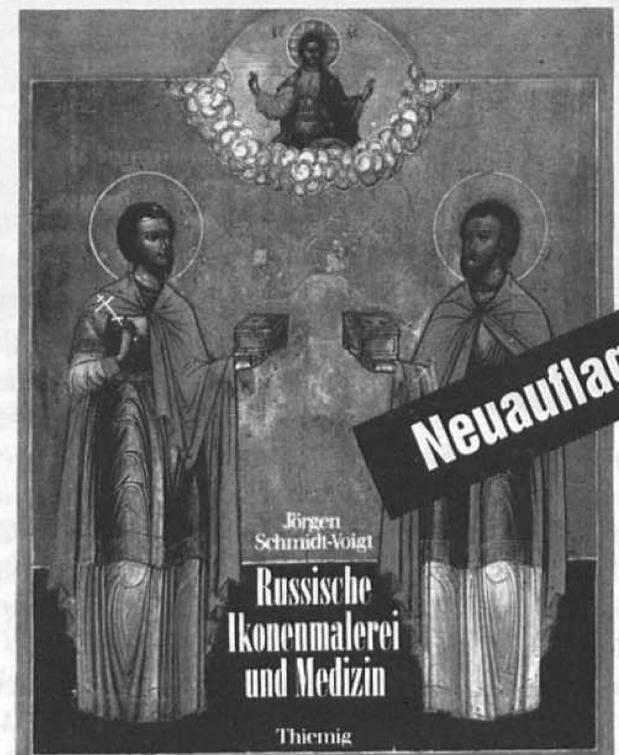
168 Seiten mit 62 ganzseitigen Farbtafeln
sowie 35 mehrfarbigen und 101 einfarbigen
Textabbildungen.

Im Anhang ausführliches Literaturverzeichnis
und Quellennachweis der Abbildungen.

Format 25,5×32,5 cm. Ganzleinenband mit
mehrfarbigem Schutzumschlag und Schuber.

ISBN 3-521-04149-2 DM 120,—

Zu beziehen über jede Buchhandlung.



KARL THIEMIG AG, Postfach 90 07 49, 8000 München 90, Telefon 62 48-2 35

Für Sie gelesen

Wasserversorgung im antiken Rom: Sextus Iulius Frontinus, *cvrator aqvarvm*.

Hrsg.: *Frontinus-Ges. e.V.* – München; Wien: Oldenbourg, 1982. 215 S., 150 Abb., 10 Tab., 1 Landkarte. ISBN 3-486-26111-8. DM 68,-

Als im Herbst 1976 die Frontinus-Gesellschaft gegründet wurde, setzte sie sich das Ziel, die Geschichte der Rohrleitungstechnik zu erforschen und nach Möglichkeit solche Forschungen zu fördern. Mit der Namenswahl wurde dieses Ziel programmatisch unterstrichen. Sextus Julius Frontinus war Curator, das heißt oberster Beamter der römischen Wasserversorgung von 97–103 n. Chr. Er ist der Autor eines 130 §§ umfassenden Handbuches »De aquaeductu urbis Romae«. Nach einer Einleitung, in der Zweck und Ziel der Schrift dargelegt wird (§ 1 bis § 3), bringt Frontinus einen geschichtlichen Abriß der Wasserversorgung der Stadt Rom (§ 4 bis § 23). Es folgen sehr genaue technische Angaben über die einzelnen Rohrleitungen (§ 24–§ 76) und über die Verteilung und Nutzung des Wassers (§ 77–§ 92). Rechts- und Verwaltungsvorschriften sind in den folgenden Paragraphen in historischem Zusammenhang niedergelegt (§ 93–§ 115). Beschlossen wird das Buch des Frontinus durch eine Reihe von Anordnungen für die Pflege und den Unterhalt der Wasserleitungen (§ 116–§ 130). Dieser Text steht im Mittelpunkt des Buches, das die Frontinus-Gesellschaft beim R. Oldenbourg Verlag herausgegeben hat. Es ist verdienstvoll, daß der Text nun in einer neuen Übersetzung von Gerhard Kühne vorliegt; einer Übersetzung, die auch den Ansprüchen des Technikhistorikers genügt. Bei verbliebenen Unklarheiten ist der Vergleich mit dem beigefügten lateinischen Text (nach der von Cesary Kunderevicz bei Teubner, Leipzig, 1973 edierten Ausgabe) möglich. Dieser zentrale Text des Frontinus wird durch mehrere kommentierende Aufsätze ergänzt: Günter Gabrecht, Wasserversorgungstechnik in römischer Zeit.

Werner Eck, Die Gestalt Frontinus in ihrer politischen und sozialen Umwelt.

Ders., Organisation und Administration der Wasserversorgung Roms.

Henning Fahlbusch, Über Abflußmessung und Standardisierung bei den Wasserversorgungsanlagen Roms.

Den Abschluß bildet eine umfangreiche und instruktive Bilddokumentation von Bernd Gockel.

Die größtenteils farbigen Abbildungen sind durch ausführliche Texte und, wo nötig, durch Skizzen erläutert. Nicht zuletzt deswegen ist der vom R. Oldenbourg Verlag liebevoll betreute Band ganz besonders attraktiv.

Das Buch ist nicht nur dem Technikgeschichtler, sondern all denen empfohlen, die auf ihren Reisen durch die ehemaligen Provinzen des römischen Reiches kommen und die sich für die Kulturgeschichte der bereisten Länder interessieren. Am Schluß sei noch angemerkt, daß sich das Buch als Geschenk besonderer Art eignet.

Dr. Berninger

Labyrinth – Erscheinungsformen und Deutungen. 5000 Jahre Gegenwart eines Urbildes.

Von Hermann Kern, Prestel-Verlag, München 1982, 491 Seiten, 666 Abb., DM 98,-

Labyrinth – das ist ein Wort, dessen ursprüngliche Bedeutung und Herkunft immer noch ungeklärt ist. Im heutigen Sprachgebrauch versteht man darunter einen Begriff, der mit verschiedenen Bedeutungen verknüpft ist: Labyrinth, das wird einmal im übertragenen Sinne als Hinweis auf eine schwierige, verwirrende Situation verwandt oder auch einfach als Bezeichnung für einen Irrgarten benutzt, der dem Besucher viele Wege – auch irreführende – anbietet. Dem Labyrinth im eigentlichen Sinn, d. h. der durch bestimmte Formprinzipien genau festgelegten geometrischen Figur, die übrigens allzu leicht mit ähnlichen graphischen Vergleichsfiguren, wie z. B. Spiralen, Mäandern o. ä., verwechselt wird, ist dieses Buch gewidmet.

Mit überlegener Sachkenntnis und

in klarer Gliederung stellt Kern eine ungeheure Fülle von Labyrinthdarstellungen der verschiedensten Kulturkreise vor. Katalogmäßig geordnet, werden nach kurzen Einführungstexten zu den einzelnen Kapiteln wesentliche und typische Aspekte der behandelten Erscheinungsform herausgestellt, während Grundsätzliches und Allgemeingültiges über Labyrinthdarstellungen in einem Einführungskapitel zu Anfang des Bandes zusammengefaßt wird. Das Handbuch ist mit einer Fülle vorzüglicher Abbildungen illustriert, die – mit sehr ausführlichen Bildlegenden versehen – einen repräsentativen Überblick über die in verschiedenen Erscheinungsformen überlieferten Labyrinthdarstellungen geben. Überdies besticht Kerns Darstellung durch die wohl umfassendste Literatursammlung, die es zum Thema »Labyrinthdarstellungen« bisher gibt.

Zu den interessantesten, aber auch schwierigsten Fragen über das Labyrinth gehören die nach seinen möglichen Deutungen. Kern sieht im Labyrinth eine Verkörperung des Initiationsvorganges als Einweihung und Einführung in eine neue Existenzform: Der Weg in den von seiner Umgebung isolierten Innenraum wird als Todesweg, der Weg heraus als Weg zur (Wieder-)Geburt gesehen. Die geburtssymbolische Deutung scheint allerdings an einigen Stellen überbetont. Wenn Kern beispielsweise die auf S. 37 (9) abgebildete Zeichnung Leonardo da Vincis, in welcher der Uterus einer Frau siebenfach gefaltet dargestellt wird, im Sinne einer kretischen Labyrinthdarstellung auslegt, so erscheint dies zumindest äußerst einseitig, wenn nicht sogar als etwas zu weit gehend interpretiert. Schließlich kommt gerade der Zahl »Sieben« eine umfassende Zahlensymbolik zu (beispielsweise in der Alchemie beim siebenfachen Wachstum und Reifen der Metalle im Uterus der Erdmutter), die in einem solchen Zusammenhang wenigstens angedeutet werden sollte.

Darüber hinaus versucht Kern, Labyrinth als Orte von Fruchtbarkeits- und Schutzmagie zu interpretieren und stellt kosmologische und astralsymbolische

Aspekte vor, die zumindest bei den mittelalterlichen Kirchen- und den meisten Handschriftenlabyrinthdarstellungen zweifellos eine wichtige Rolle spielen.

Der Darstellung Kerns wünscht man einen breiten Leserkreis. Seine fundierte Labyrinth-Darstellung bleibt keineswegs auf Einzelaspekte beschränkt, sondern trägt dazu bei, Kulturgeschichte in neuen Zusammenhängen zu sehen.

Karin Figala

Männer der Funktechnik. Siebzig Lebenswerke deutscher Pioniere von Funk, Rundfunk und Fernsehen.

Hrsg. Sigfrid von Weiher. Erstausgabe zum 60. Geburtstag des Deutschen Rundfunks anl. der Internationalen Funkausstellung 1983. 224 S., zahlr. Abb. Berlin und Offenbach: VDE-Verlag, 1983. ISBN 3-8007-1314-4, DM 34,-

Mit dem vorliegenden Buch hat S. v. Weiher eine Lücke der historisch-biographischen Nachschlagewerke für das Gebiet der Politechnischen Kultur in Deutschland geschlossen; vergleichbare Werke für andere Länder z. B. für den angelsächsischen Raum waren schon vor längerer Zeit erschienen (O. E. Dunlap jr., *Radio's 100 Men of Science*. New York, London 1944).

Die Auswahl der 70 Funkpioniere zeigt eine sorgfältige Vorbereitung des Werkes und läßt eigentlich keine Wünsche offen. Eine Abgrenzung mußte vorgenommen werden und so mußten wohl einige Universitätslehrer (z. B. Richard Honerjäger, geb. 1914, ehemals Ordinarius für Physik an der TU Berlin, oder Hans Meinke, geb. 1911 der ehemalige Ordinarius für Hochfrequenztechnik an der TH München, oder Gerhard Koch, geb. 1915, der Fachmann für Richtfunkantennen an der TH Darmstadt) ausgenommen werden, obwohl sie durch ihre Forschungen wesentlich zu den Grundlagen der Funktechnik beigetragen haben.

Die 70 Wissenschaftler – die Liste reicht von Georg Wilhelm Alexander Graf von Arco bis Jonathan

Fortsetzung Seite 192

Das Dokumentationszentrum, das dem italienischen historischen Luftfahrt-Museum angeschlossen ist, hat seinen Sitz in Vigna di Valle am Bracciano-See, etwa 30 km von Rom entfernt. Es wurde am 28. November 1980 eingeweiht und nach dem berühmten Aeronaut und Polarforscher General Umberto Nobile benannt, weil dieser seine Sammlung von Erinnerungsstücken seiner Polar-Expeditionen sowie Bücher und Dokumente seiner Privatbibliothek dem Museum vermacht hatte. Dies Material, das von großem wissenschaftlichem, technischem und geschichtlichem Interesse ist, bildet nun den Kernpunkt des Dokumentationszentrums.

Seit der Einweihung wurde die Bibliothek mit zahlreichen Werken bereichert, teils durch Schenkungen, teils durch käufliche Erwerbungen, so daß sie heute über mehr als 3500 Bände verfügt, außerdem über Sammlungen von Zeitschriften, die Luftfahrt und Polarforschung betreffen, von denen einige bis in den Anfang dieses Jahrhunderts zurückreichen. Sie verfügt außerdem über geschichtliche Archive mit etwa 3000 Dokumenten, Zeichnungen und Luftschiffentwürfen sowie Projekten anderer Luftfahrzeuge, wie Fallschirme, Ballons, Wasserflugzeuge usw., ein photographisches Archiv, eine Abteilung mit geographischen und meteorologischen Karten, eine reiche und wertvolle Sammlung von illustrierten Handbüchern über technisch-aeronautische Nomenklatur, die Motoren und Flugzeugtypen von berühmten Luftfahrtindustriellen beschreiben, wie z. B. Savoia-Marchetti, Macchi, Piaggio, Breda, Fiat, Caproni usw.

Das im Dokumentationszentrum geordnete Material steht dem Publikum, vor allem Spezialisten und Gelehrten, zur Verfügung. Seine Sammlungen sollen dazu beitragen, eine genaue historische Analyse von Geschehnissen zu ermöglichen, die sich auf die ausgestellten Museumstücke beziehen, und den technologischen Fortschritt des Luftfahrtwesens zu vertiefen und zu vergleichen. In anderen Worten: Die Funktion dieses Dokumentationszentrums ist die einer spezialisierten Fachbibliothek

auf dem Gebiet der Polarforschung und der Luftfahrt, wo die letztere wissenschaftlichen Zwecken dient.

Diese Bibliothek bewahrt unter anderem auch einige Bücher von Seltenheitswert, welche sozusagen ihre eigene Geschichte haben, wie z. B. die Ausgabe vom Jahre 1876 des Werkes von Julius Payer über die österreichisch-ungarische Polarexpedition von 1872, die Papst Pius XI. für General Nobile durch den apostolischen Nuntius in Wien erwarb, als Nobile seinen Nordpolflug mit dem Luftschiff »Norge« 1926 vorbereitete. Ein weiteres wertvolles Gedenkstück in diesem Sinne ist ein Exemplar von J. D. Everetts »Elementary Treatise on Natural Philosophy« (nach A. Privat Deschanel's »Traité de physique«), 14. Auflage, London 1897, das zur Ziegler-Fiala-Polarexpedition von 1903 gehörte und das von Nobile während der Forschungsreise mit dem russischen Eisbrecher Malyghin 1931 auf der Rudolf-Insel im Nördlichen Eismeer aufgefunden wurde. Außerdem enthält die Bibliothek zahlreiche Bücher, von Polarforschern geschrieben, die versuchten, den Nordpol mit Ballons, Luftschiffen und Flugzeugen zu erreichen, wie das bekannte Werk von S. A. Andrée, »Dem Pol entgegen«; die Bücher der Polarforscher Sir George Hubert Wilkins, F. A. Cook, Mittelholzer, Amundsen und Nobile selbst, noch fehlen Werke über Forschungsreisen in der Arktis und Antarktis, die noch heute von wissenschaftlicher und strategischer Bedeutung sind.

Es wären noch die zahlreichen Werke über Luftfahrttechnik einschließlich der Aerodynamik zu erwähnen, die vielen Veröffentlichungen historischen Charakters, die bedeutende Geschehnisse der Luftfahrt beschreiben, sowie eine Reihe von Biographien und Autobiographien (etwa 80 bis heute) von prominenten Persönlichkeiten der Luftfahrt, der Polarforschung und der Wissenschaften, angefangen bei Leonardo da Vinci. Natürlich verfügt die Bibliothek Umberto Nobile über die grundlegenden Nachschlagewerke zur allgemeinen Information wie Bibliographien, Landkartenwerke, sprachliche und technische

Wörterbücher, Enzyklopädien, Jahrbücher, Kataloge von Luftfahrzeugen und Motoren usw.

Dem Besucher der Bibliothek wird die Benutzung des Materials leicht gemacht: es befindet sich auf offenen Regalen und ist alphabetisch nach dem Autor und systematisch nach Sachgebieten katalogisiert (Dezimalklassifikation UDC). Für die Klassifizierung von Material über Polarforschung wird außerdem das Werk von Brian Roberts »UDC for Use in Polar Libraries«, 1976, F.I.D. No. 552, benutzt. Diese spezielle Klassifikation wurde in Zusammenarbeit mit der British Standards Institution von dem Scott Polar Research Institute der Universität Cambridge, einer der maßgeblichsten Autoritäten für Polarstudien, ausgearbeitet. Diese Klassifikation ist speziell auf die Gebiete der arktischen und antarktischen Studien sowie damit verbundene Sachgebiete ausgerichtet und enthält unter anderem ein detailliertes geographisches Namensverzeichnis für Polargebiete, das außerordentlich nützlich für Polarbibliotheken ist, und solche Institutionen wie das »Dokumentationszentrum Umberto Nobile«, das wichtige Dokumente auf diesem Gebiet besitzt. Die Sondersammlungen des Zentrums, d. h. die Archive, Photographien, geographische, Wetter- und Navigationskarten, die Handbücher der aeronautischen Nomenklaturen, sind ebenfalls katalogisiert und chronologisch und nach Sachgebieten geordnet. Auch in diesen Sondersammlungen befinden sich einzigartige Erinnerungsstücke, wie z. B. das Original des Kontraktes der italienischen Regierung und des Aero Clubs von Norwegen für den Verkauf des Luftschiffes N 1 »Norge«, des 1926 ausgeführten Nordpolfluges von Rom, via Nordpol, nach Alaska; dieser Kontrakt trägt die Unterschriften von Amundsen, Ellsworth und Nobile sowie die des Präsidenten des norwegischen Aero Clubs, Dr. Thommessen. Und die Landkarten-Abteilung enthält unter anderem die Navigationskarten der von Nobile geleiteten Polarexpeditionen mit den Luftschiffen »Norge« 1926 und »Italia« 1928.

Bei der Auswahl von neuen Büchern und Dokumenten sind de-

ren technischer und geschichtlicher Wert ausschlaggebend. Den Benutzern des Zentrums steht ein Lesesaal zur Konsultierung des Materials an Ort und Stelle zur Verfügung.

In Anbetracht der kurzen Zeit seit seiner Einweihung verfügt das »Dokumentationszentrum Umberto Nobile« schon heute über eine große und interessante Sammlung. Wenn man also das Luftfahrt-Museum in Vigna di Valle und das ihm angeschlossene Dokumentationszentrum besucht, kann man nicht nur die Geschichte der Luftfahrt verfolgen, sondern auch in die Geheimnisse der Arktis eindringen und deren Erforschung mit dem Luftschiff und anderen Luftfahrzeugen.



Das Dokumentationszentrum

Umberto Nobile

Biographische Notiz

Nobile, Umberto: Italienischer Luftschiffkonstrukteur und Polarforscher, General der italienischen Luftwaffe (Ingenieur Corps), geb. 21. Januar 1885 in Lauro (Avezzano), gest. 30. Juli 1978 in Rom. Überflog mit dem von ihm konstruierten halbstarren Luftschiff NORGE N 1 (18 500 m³) den Nordpol (»Amundsen-Ellsworth-Nobile Transpolar Flight - 1926«), wodurch zum ersten Mal die Polarlinie eröffnet und das Nördliche Eismeer zwischen dem Nordpol und Alaska entdeckt wurde. 1928 erreichte Nobile den Nordpol zum zweiten Mal mit dem Luftschiff ITALIA N 4, das, auf dem Rückflug nach dem dritten Forschungsflug über weite unerforschte arktische Gebiete, nördlich von Spitzbergen strandete. Ein Teil der Besatzung wurde von dem russischen Eisbrecher »Krassin« gerettet. Für das Unglück ungerechtfertigterweise verantwortlich erklärt, schied Nobile aus Protest auf eigenen Wunsch und auf Rang und Karriere verzichtend aus der italienischen Luftfahrt aus.

Von 1931-1936 arbeitete N. als Fachberater und Luftschiffkonstrukteur für die DIRIGIBLESTROI in Moskau; von 1937-1943 bekleidete er einen Lehrstuhl in der School of Aeronautics des katholischen Lewis College in Lockport, Illinois in den Vereinigten Staaten. Nach dem 2. Weltkrieg wurde er rehabilitiert und zum Generalleutnant befördert. Auch nahm er seinen Lehrstuhl an der Ingenieurakademie der Universität Neapel wieder ein. Von 1945-1947 war er Parlamentsabgeordneter (Indipendente) der Verfassunggebenden Versammlung (Assemblea Costituente) der neuen italienischen Republik.

Nobile ist Ehrenbürger von Rom, Neapel, Mailand, Genua, Pisa, von New York, Boston usw. Ihm wurden mehr als 50 militärische und zivile Orden und Auszeichnungen, sowohl italienische als auch ausländische, verliehen. Er war Mitglied von mehreren wissenschaftlichen Akademien, u. a. der Academia Pontificia Scientiarum. Nach ihm wurde das Aerodynamische Institut der Universität Neapel (Istituto di Aerodinamica Generale Prof. Umberto Nobile) benannt sowie das Centro Documentazione Umberto Nobile des Luftfahrt-Museums in Vigna di Valle bei Rom. Straßen und Plätze in einigen Städten, darunter Rom, tragen seinen Namen: Nobilefjellet auf Svalbard; Umberto Nobile Circle in Anchorage, Alaska...

Autor von 21 Büchern und zahlreichen wissenschaftlich-technischen Abhandlungen. Auf deutsch sind von ihm erschienen:

- 1) Im Luftschiff zum Nordpol. Berlin, Union Deutsche Verlagsges., 1930. 383 S., 48 Ill.
- 2) Die Vorbereitungen und die wissenschaftlichen Ergebnisse der Polarexpedition der ITALIA. Gotha, Justus Perthes, 1929. 98 S., 13 Tab., ill. (Anlage)
- 3) Die geographischen Ergebnisse der Polarexpedition der NORGE und der ITALIA. In: Petermanns Geographische Mitteilungen, 1929, Nr. 7/8
- 4) Der Weg zum halbstarren Großluftschiff. In: Moskauer Rundschau, 27. 8. 1933
- 5) Flüge über den Pol. Leipzig, F. A. Brockhaus, 1980. 223 S., ill.

Fortsetzung von Seite 189

Adolf Wilhelm Zenneck – werden in einer Abhandlung vorgestellt, in der vor allem die Forschungen und Erfindungen der Persönlichkeit auf dem Gebiet der Funktechnik dargestellt sind. Diese Abhandlungen werden durch biographische Angaben (Lebensdaten, Eltern, Ehefrau, Kinder und Ehrungen) ergänzt. Jeder der 70 Funkpioniere wird außerdem in einem Porträt vorgestellt. Besonders wichtig sind die Anmerkungen zu jedem der Berichte, in denen Veröffentlichungen, Patente und weiterführende Literatur verzeichnet sind.

Ein Kreis von 25 Bearbeitern hat die 70 »Lebensläufe« geschrieben. Dadurch wurde erreicht, daß die einzelnen Biographien mit außergewöhnlicher Fachkompetenz verfaßt sind. So kommt zum Beispiel Manfred von Ardenne einmal als von Sigfrid von Weiher beschriebener Wissenschaftler und dann als Autor für die Biographie von Sigmund Loewe.

Der Zeitraum, der von dem Buch überdeckt wird, reicht von den Versuchen des Heinrich Hertz, die 1887/88 zur Entdeckung der elektrischen Wellen führten, bis zu Walter Bruch, der 1963 das PAL (Phase Alternative Line) System für das Farbfernsehen entwickelte. Es ist der deutsche Beitrag zur Geschichte der Funktechnik, der in diesem Buch dargestellt wird.

Für Historiker der Technischen Kultur ist die Veröffentlichung ein Nachschlagewerk, das sicher immer wieder gerne zur Hand genommen wird. Für den eiligen Leser ist es angenehm, daß er die Informationen über die Leistung der Forscher und Erfinder in strafbarer Form findet. Durch das angefügte Stichwortverzeichnis werden die Texte zusätzlich erschlossen.

So ist das Buch nicht nur für Fachleute der Funktechnik interessant, sondern auch für alle, die sich über die bedeutenden deutschen Erfindungen und Versuche auf diesem Gebiet informieren wollen.

E. H. Berninger

Unsere Autoren

Brigitte Coutant, Leiterin der Abteilung Internationale Beziehungen, Helga Reuter, Ständige Vertreterin in der Bundesrepublik Deutschland, beide: Musée National des Sciences, des Techniques et de l'Industrie, Paris

Prof. Dr. Ludolf von Mackensen, Geboren 1938 in Potsdam. Studium des Allgemeinen Maschinen- und Flugzeugbaus an der TU in München mit Abschluß Dipl.-Ing. sowie Studium von Wissenschafts- und Kulturgeschichte. 1963/64 Aerodynamiker bei der DVL. Von 1964 bis 1968 Wiss. Assistent am Lehrstuhl für Geschichte der exakten Naturwissenschaften und der Technik an der TU München. 1968 Promotion zum Dr.

rer. nat. (Kellermannpreis für Technikgeschichte 1969). Anschließend siebenjährige Tätigkeit am Forschungsinstitut des Deutschen Museums, dabei u. a. Übersetzung und Interpretation der Madrider Codices von Leonardo da Vinci mit Prof. Fridrich Klemm. Seit 1975 Leiter des Astronomisch-Physikalischen Kabinetts am Hessischen Landesmuseum der Staatlichen Kunstsammlungen Kassel. Gründung der Abteilung für Technikgeschichte, Rekonstruktion der ersten Sternwarte und ihrer Instrumente. Ab 1977 zugleich Honorarprofessor für Physikgeschichte an der Gesamthochschule Kassel (Universität des Landes Hessen).

R. Schwankner, geb. 1958, studierte als Stipendiat der Studienstiftung des Deutschen Volkes Chemie und Geschichte der Naturwissenschaften an der Universität München. 1983 diplomierte er mit einer Arbeit »Zur Nachweisgrenze von Plutonium in verdünnten aquatischen Systemen« am Institut für Radiochemie der Technischen Universität. Zur Zeit ist er wissenschaftlicher Mitarbeiter am Institut für Physikalische Chemie der Universität München.

Von ihm erschienen neben einigen Aufsätzen, die naturwissenschaftsgeschichtliche Fragen sowie Praktikumsexperimente betreffen, bisher drei Titel: »Laseranwendungen in der Experimentalchemie« (1978), »Radiochemie-Praktikum« (1980), »Themen zur Festkörperchemie I« (erscheint Herbst 1983). 1979 erhielt er den Arthur-Friedrich-Gedächtnispreis für Arbeiten auf dem Gebiet der Radiochemie.

Das Museum verlor einen Freund Zum Tode von Dr.-Ing. Heinrich Seifers

Völlig unerwartet und noch voller Pläne für seine weitere Mitarbeit an der Musikinstrumenten-Sammlung des Deutschen Museums starb am 9. August 1983 Dr. Heinrich Seifers im Alter von 75 Jahren.

Am 16. April 1905 in München geboren, studierte er an der dortigen Technischen Hochschule Geodäsie. Von 1934–58 war er im Flurbereinigungsamt München tätig, anschließend, bis zu seiner Pensionierung 1973, an der TH München, wo er u. a. Vorlesungen über »Elektronisches Rechnen in der Geodäsie« hielt. Heinrich Seifers gilt auch als Pionier der Datenverarbeitung. Angeregt durch Berichte aus den USA über neuartige »Elektronengehirne«, konstruierte und baute er in Zusammenarbeit mit dem Deutschen Geodätischen Forschungsinstitut aus handelsüblichen Bauteilen einen »Spezial-Rechenautomaten für Vermessung und Flurbereinigung«. Diese »SM 1« wurde 1953 im Flurbereinigungsamt erfolgreich in Betrieb genommen und steht heute als Dokument aus der Pionierzeit der Datenverarbeitung* im Deutschen Museum. Der Erfolg dieser Konstruktion veranlaßte Konrad Zuse, Dr. Seifers als freien Mitarbeiter zur Entwicklung der Relais-Rechenanlage Z11 zu sich zu holen.

Der Musik war Heinrich Seifers schon von Jugend an zugetan. Er spielte vorzüglich Oboe, u. a. im Bayerischen Bergwachtorschester, und pflegte mit Frau und Freunden die Hausmusik. Sein Forschungs- und Ordnungssinn ließen ihn auch auf diesem Gebiet nicht ruhen. Als Hobby beschäftigte er sich mit der Technik und der Geschichte speziell der Holzblasinstrumente. Schon 1948 erschien, noch auf grauem Kriegspapier und das Schriftbild von ihm in Tusche gezeichnet, die »Systematik der Blasinstrumente – Eine Übersicht über alle vom 16. Jahrhundert bis zur Gegenwart gebräuchlichen Blasinstrumente der abendländischen Kunst- und Volksmusik«. Nach sorgfältiger Überarbeitung und Erweiterung

entstand aus diesem bescheidenen Hefchen 1967 als Heft 7 der Schriftenreihe »Das Musikinstrument« die neue »Systematik der Blasinstrumente«, die für jeden, der sich eingehender mit diesen Instrumenten befassen will, ein unentbehrliches Nachschlagewerk ist. Durch diese Arbeit entstand auch die Verbindung zur Musikinstrumenten-Sammlung des Deutschen Museums. Als 1971 die Neugestaltung der noch im Vorkriegszustand befindlichen Sammlung verwirklicht werden sollte, stellte sich Dr. Seifers sofort als ehrenamtlicher Mitarbeiter zur Verfügung. In seiner Freizeit übernahm er mit der für sein Tun so typischen Akribie die ersten, grundlegenden Katalogisierungsarbeiten.

Nach seiner Pensionierung widmete er sich der Arbeit am Deutschen Museum ganztägig, und wenn die Sammlung termingerecht am 7. Mai 1974 neu eröffnet werden konnte, war das nicht zuletzt das Verdienst des Verstorbenen, der mit seinem großen Wissen, aber auch mit Instrumentenstiftungen am Neuaufbau beigetragen hat.

Im Laufe dieser Arbeit bot sich an, die neu erarbeiteten Daten der Blasinstrumente in Form eines Kataloges der Öffentlichkeit zugänglich zu machen. Dieser, von Heinrich Seifers zusammengestellt, erschien dann in der bescheidenen Form der »Abhandlungen und Berichte«, 1976, Heft 1. Vier Jahre später konnte er den erweiterten Katalog, Stand 1980, vorlegen, der mit seinen vielen Abbildungen und Zeichnungen zugleich auch der erste Katalog des Deutschen Museums überhaupt ist und große Beachtung findet. Er empfand es als ganz selbstverständlich, weiterhin an der Ergänzung des Katalogmanuskriptes zu arbeiten und sich auch der EDV-Dokumentation der Blasinstrumente anzunehmen.

Mit großer Dankbarkeit gedenkt das Deutsche Museum seines selbstlosen Freundes.