

ZB 7361

B 9797 F

Kultur & Technik

Zeitschrift des Deutschen Museums

Verlag C. H. Beck, München

1/1990

Gesch 402



Renaissance der Stromlinie
Wasserstoff im Autotank
Silber aus Lehm
Geschichte des Radiodesign



Deutsches Museum

Das Erlebnis SPIEL



Ab November im Spielwaren- und
Buchfachhandel



Liebe Freunde
des Deutschen Museums,

Freude am Wissen, Spaß beim Lernen ist das Motto des Erlebnis-
spiels „Deutsches Museum“. 608 Fragen und Antworten des
spannenden Lern- und Wissens-Spiels führen nicht nur in die Welt
der Naturwissenschaft und Technik. Sie weisen auch einen Weg
in unser Museum mit seinen Meisterwerken. Jeder, der ihn findet,
ist herzlich willkommen. Vergnügen, Spaß, Freude und die
Antworten des Spiels warten auch hier, in dem meistbesuchten
Museum, in dem man sein Wissen beträchtlich erweitern kann.

Der Besuch des Deutschen Museums ist ein Erlebnis, das Erlebnis-
spiel „Deutsches Museum“ führt zu seiner Entdeckung. Viel Spaß,
Freude und Glück auf dieser Entdeckungsreise!

Dr. Otto Mayr
Generaldirektor des Deutschen Museums

**GIESCHE
SPIELE**
STADT-BUCH-VERLAG

STADT-BUCH-VERLAG, WOLFGANG GIESCHE
8000 München 60, Oneginstraße 26
Tel. 089/8110375
© 1989

Süddeutsche Zeitung

Bestell-Schein

Bitte senden Sie den Bestell-Schein an:
Süddeutsche Zeitung, Anzeigen-Abteilung,
Postfach 20 22 20, 8000 München 2

Stück
Deutsches Museum · Das Erlebnis-Spiel
Bei Postzustellung über die Süddeutsche Zeitung
DM 68,- pro Spiel
inkl. Porto und Verpackung

Absender (Bitte auch auf der Rückseite des Schecks):

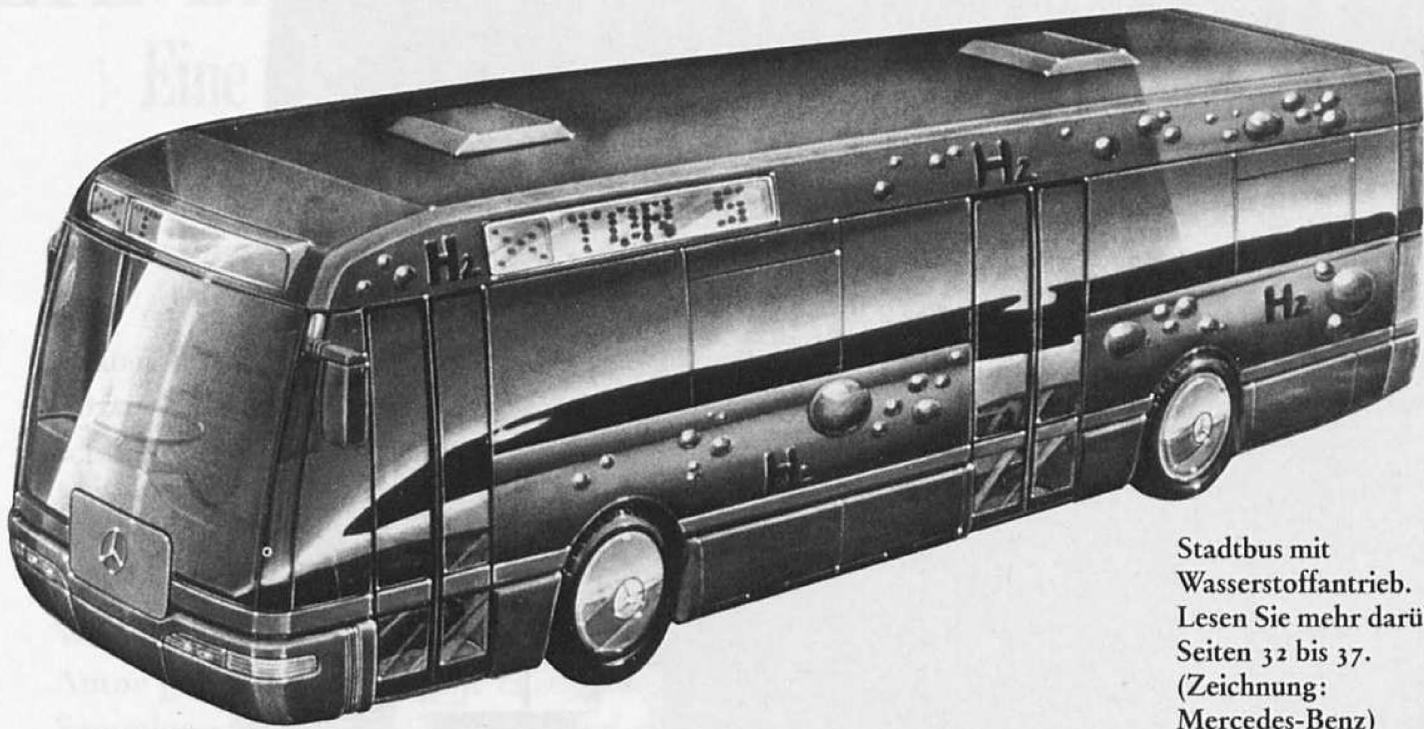
Name, Vorname

Straße

PLZ/Ort

Der Betrag von DM _____ liegt als Scheck bei.

INHALT



Stadtbus mit Wasserstoffantrieb. Lesen Sie mehr darüber auf den Seiten 32 bis 37. (Zeichnung: Mercedes-Benz)

Titelfoto: Mercedes-Benz Typ 770 K, „Großer Mercedes“. Offener Tourenwagen, 1937. (Foto: Daimler-Benz-Museum)

„Das Radio brüllte bakeliten“ Eine kleine Geschichte des Radiogehäuses	2	Hans Ulrich Kölsch
Verschlüsseltes in der Seufzerspalte	14	Kurt-R. Biermann
Die ‚Bleriot XI‘ Das meistgebaute Pionierflugzeug der frühen Fliegerei	16	Hans Holzer, Leonhard Löffler
Renaissance der Stromlinie? Aerodynamik und Fahrzeugtechnik im Widerstreit	22	Wolf-Heinrich Hucho
Wasserstoff im Autotank Löst die Sonnenenergie unsere Abgasprobleme?	32	Albrecht Hoffmann
Silber aus Lehm	38	Hans Joliet
Museumsportrait: Das Mercedes-Benz-Museum in Stuttgart	46	Edith Meißner
Elektromobilzeit Die Jahrhundertwende und ihre ganz besonderen Automobile	50	Thomas Köppen
Georg-Agricola-Gesellschaft: Technik und Wirtschaft	56	Ulrich Wengenroth
Gedenktage technischer Kultur	58	Sigfrid von Weiher
Nachrichten aus dem Deutschen Museum	62	Rolf Gutmann
Veranstaltungen des Deutschen Museums Impressum	64	



Tragbares Radiogerät von Sobell, Phenoplast, England 1949.

"DAS RADIO BRÜLLTE BAKELITEN"

Eine kleine Geschichte des Radiogehäuses

Hans Ulrich Kölsch

Man nannte sie – zärtlich? – ‚Kathedrale‘, ‚Ozeandampfer‘, ‚Sandwichspender‘ oder schlicht ‚Cadillac‘, jene Radiogeräte aus Ebonit und Phenoplast. Auf mehr als 60 Jahre Designgeschichte von Kunststoffradios blicken wir nunmehr zurück. Was wurde besser, was schlechter? Der Autor gibt Einblick in seine einzigartige Sammlung von Radio-Objekten und erzählt eine kleine Geschichte des Radiogehäuses.



Großlautsprecher mit Empfänger von Western Electric, Ebonit, England 1923.



Kristallempfänger mit Kopfhörer von Telefunken, Phenoplast, Deutschland 1925.

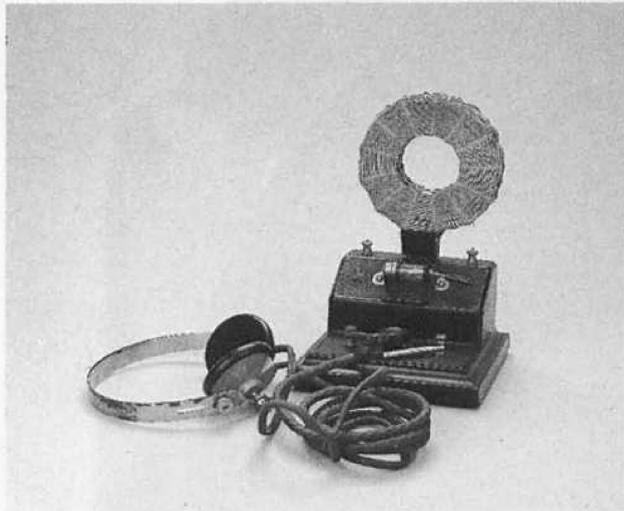


Radiogerät von Philco, Phenoplast, USA 1937.

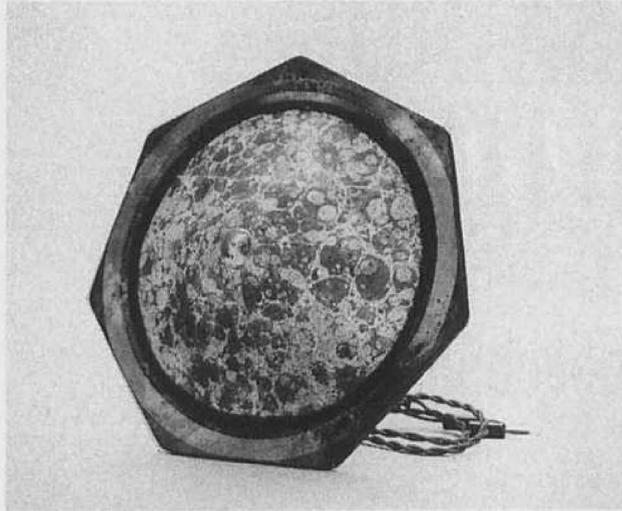


Sämtliche Fotos: Frank Springer aus der Sammlung Kölsch.

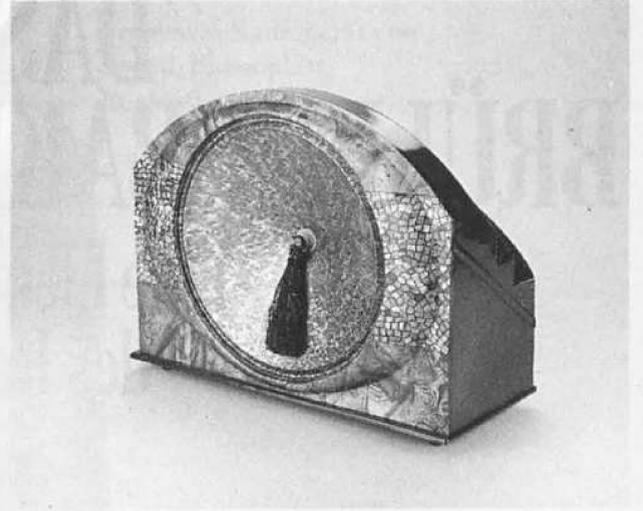
RADIO



Kristallempfänger von TWE Brownie Wireless, Ebonit, England 1924.



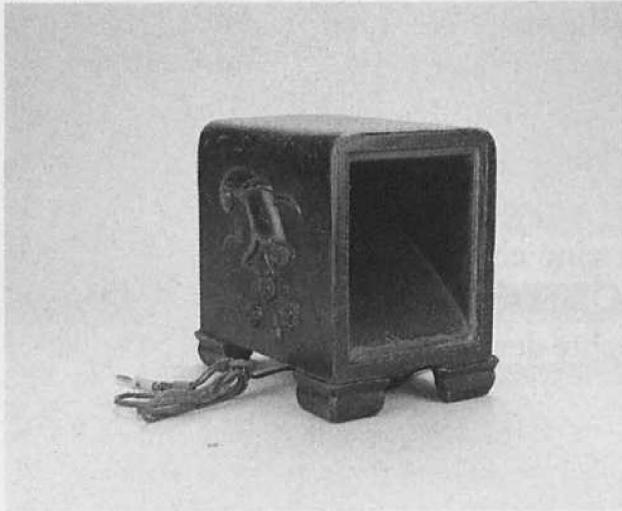
Lautsprecher mit Papierkonus von Philips, Phenoplast, Niederlande 1926.



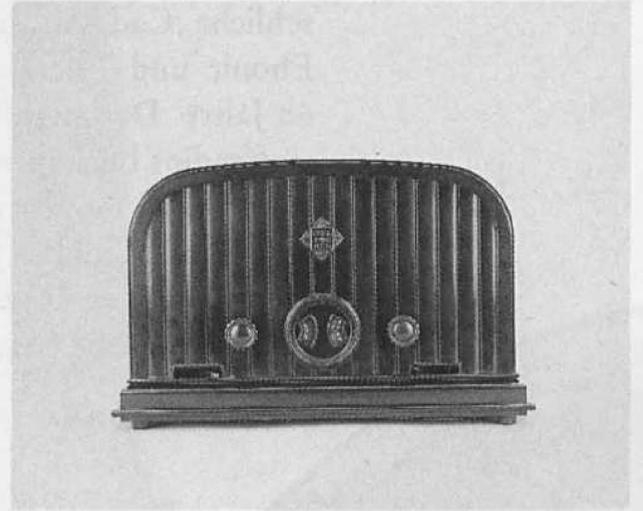
Elektromagnetischer Tischlautsprecher, Celluloid, Frankreich 1927.



Empfangsgerät von Telsen Electric, Phenoplast, England 1928.



Lautsprecher von Fass/Frisch, Proteinoplast, Deutschland 1926.



Empfänger von Telefunken, Phenoplast, Deutschland 1930.

Rund 60 Jahre alt ist das Serien-Radio, Wegbegleiter unserer Alltagskultur. Unter allen Regierungsformen diente es, während Inflation und Depression, unter Notverordnungen und nationalen Hochgefühlen, eher bescheidenen und höchsten Luxusansprüchen hatte es zu genügen. Und nicht zuletzt bediente es während dieser Zeit als Designgut auch all die wechselnden Stil-Perioden, um dann schließlich, rationalisiert und miniaturisiert, seiner heutigen Zweckform entgegenzumagern.

Eine Design-Kritik nach den Standards von heute wäre indes ein unbrauchbarer Maßstab, hat sich doch das Umfeld in jeder Beziehung technisch und zeitgeschichtlich völlig verändert – und ändert sich weiterhin. Kulturgeschichtlich gesehen ist für den Designhistoriker die Morphologie des Radios eine äußerst ergiebige Studie; viel ergiebiger als die der Rekorder oder anderer Kommunikationsgeräte; denn mit dem Radio war zu Beginn der 20er Jahre der Anspruch eines Wohn- und Ton-Möbels zu erfüllen, weswegen es auch den jeweiligen Zeitgeist gut sichtbar macht.

Zunächst Drähte und Spulen

Allgemein sind Gebrauchsgegenstände

des Menschen technische Prothesen, nichtnatürliche Spezialisierungen von Körperteilen; sie verlängern, verbessern und potenzieren bestimmte Fähigkeiten, ahmen diese nach. Spricht der Mensch zum Beispiel oder singt er, produziert er Geräusche. Ein Lautsprecher ist demnach ein künstlicher Mund, ein Geräuscherzeuger, der diese Fähigkeit des Menschen nachahmt und potenziert.

Die Bemühungen, möglichst viele Informationen über große Entfernungen schnell und exakt zu übermitteln, sind in der Menschheitsgeschichte insgesamt ja uralte und, je nach Kulturraum, sehr unterschiedlich.

Schall, Licht, Rauch oder Bewegungszeichen wurden bemüht, blieben indes eine eher unvollkommene Technik. Man war vom Wetter abhängig, und die Schnelligkeit ließ ebenso zu wünschen übrig wie die Zuverlässigkeit. Erst mit Hilfe der Elektrizität gelang es, Impulse in bestimmten Rhythmen abzugeben und wieder aufzunehmen. Dies war die Geburtsstunde der Geräte für Empfang und Wiedergabe von Signalen und Geräuschen. Die Bauelemente der Empfangstechnik entwickelten sich nun Schlag auf Schlag. Wie aber sahen sie aus?

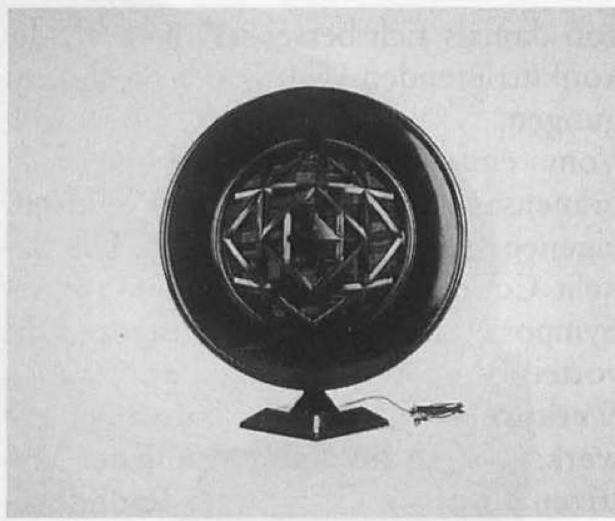
Der optische Eindruck für den Radiolai-

en war damals eher abschreckend: Ein scheinbar wirrer Haufen von Drähten, Spulen, Kipp- und Drehschaltern fand auf einem tischartigen Gestell Platz, ungefähr zwei Meter breit und einen Meter tief; davor ein Stuhl, darüber und darunter Böden für Batterien, Schalldosen und Mikrophone, etwa bis zur Höhe einer Flügeltür; Betriebsanweisungen und Warnschilder vervollständigten die Amateurstation.

Die Gefährlichkeit der stromführenden Teile und der Wunsch nach Stör- und Staubfreiheit ließen jedoch zunehmend Kompartiment-Systeme entstehen, die – kleiner und geschickter angeordnet – mehr zusammenrücken konnten. Und schließlich paßte um den Apparat ein abdeckender Kasten. Statt der üblichen Brettkonstruktionen wurden bald Platten aus Isolierstoff verwendet und mit praktischen Unterteilungen versehen. Hartgummi und phenolgetränkte Kartons waren das bevorzugte Baumaterial. Hartgummi – sulphurisierte Kautschuk, auch Ebonit genannt – wurde wegen seiner besonderen Isolierwirkung als unpolierte Rohplatte verarbeitet. Womit auch die Trennung der manuell lenkbedürftigen Steuerelemente von den übrigen Arbeitsaggregaten der Station begann. Die



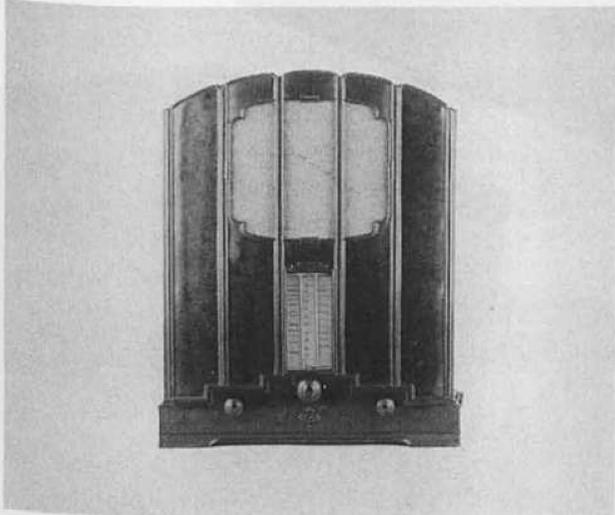
Gleichrichter mit Steckspule von Titting, Phenoplast, Belgien 1927.



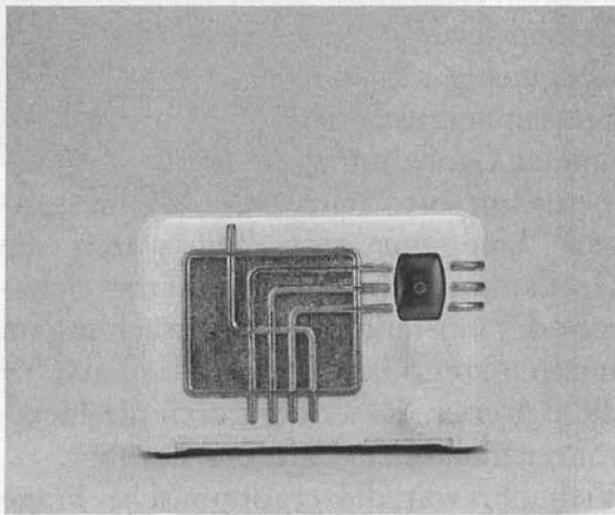
Großflächenlautsprecher von Blaupunkt, Phenoplast, Deutschland 1929.



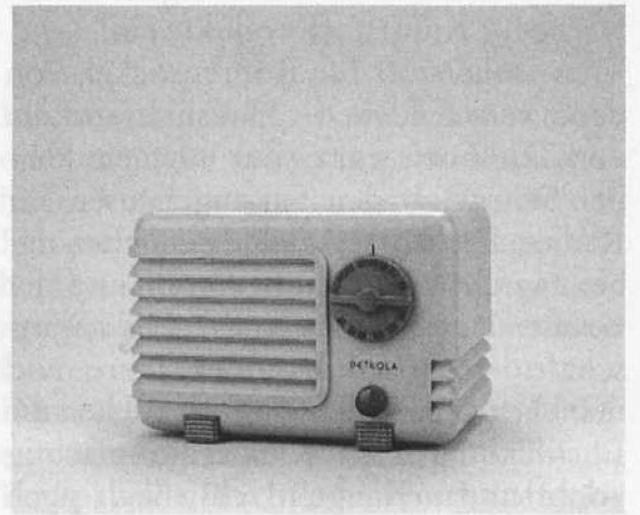
Luxuslautsprecher von Philips, Phenoplast, Niederlande 1929.



Radiogerät von Telefunken, Phenoplast, Deutschland 1931.



Radiogerät von Fada, Ureum, USA 1937.



Kleinradio von Detrola, Ureum, USA 1938.

Knöpfe und Schalter wuchsen dem Nutzer quasi entgegen und übertrugen auf Achsstangen, durch die Isolierwand hindurch, die Regelungseingaben.

Ein Medium entsteht

Zu Beginn der Rundfunk-Ära benötigte man zunächst auf der Empfangsseite keinen Strom. Ein kleiner Kristall genügte, um aus den mit einer Antenne eingefangenen hochfrequenten Schwingungen eines Senders die niederfrequente Modulation auszulesen. Diese sogenannten Detektoren waren aus Bleiglanz, Silizium oder manchmal bereits aus Germanium. Die Kunst des Radiofreundes bestand darin, eine feine Drahtspitze auf den Kristallpunkt zu bringen, auf dem sie die beste Wiedergabe über den Kopfhörer ermöglichte. Dennoch waren die Signale zu schwach, um sie auf Schall Dosen zu übertragen. Innerhalb des Empfangsgerätes, das sich inzwischen auf die Maße eines Kohlenkastens verkleinert hatte, rumorte es dabei, technisch gesehen, ständig.

Die Entwicklung des Drehkondensators vervollkommnete dann die Schaltvorgänge für die Handbetätigung. Sein struktureller Aufbau orientierte sich an

einfachen symmetrisch-geometrischen Vorbildern, die schon bald das äußere Erscheinungsbild der Hülle mitbestimmten. Schade ist nur, daß keiner der modernen Künstler jener Zeit sich als Gestalter mit diesen kinetischen Elementen der Radiotechnik direkt beschäftigt hat. Die Umsetzung geschah vielmehr bei Picabia, Moholy-Nagy oder Delaunay in freier Kunst, mit den traditionellen Ausdrucksmitteln von Bild und Plastik.

1920 gab es dann in Deutschland die erste Rundfunkübertragung aus Königswusterhausen, und Ende 1923 wurde bereits ein regelmäßiges Programm ausgestrahlt. Der Rundfunk, diese wichtigste Medienrevolution seit Gutenberg, war also ein Kind der Inflationszeit. Im Januar 1924 waren rund 1500 gebührenentlastete Rundfunkhörer registriert, und Dezember 1924 war die Zahl bereits auf eine halbe Million Hörer angestiegen. Zusätzlich förderten die vielen Streiks der Printmedien in den 20er Jahren den Wunsch nach einem eigenen Radio.

Alleinstehende, Kranke, Blinde etwa wurden nun zum ersten Mal mit einem Programm zu Hause unterhalten, das aktuelle Nachrichten bot und das die beliebte Schlagermusik multiplizierte. Viel besser als das Kino, das nur für kurze

Zeit an fremdem Ort eine Scheinwelt bot, ließ der Ton als Wahrnehmungsdimension jederzeit die persönliche Imagination zu. Dabei kamen Geräusche aus dem Lautsprecher, die es zuvor noch nie im eigenen Zimmer gegeben hatte: zum Beispiel eine Meeresbrandung oder etwa Löwengebrüll. Die Programmangebote verbesserten sich, und die Sendezeiten nahmen – trotz kirchlichen Einspruchs – laufend zu.

Der Weg zum Möbel

Um 1925 verließ man erstmals die Kastenbauweise für das Radio als Fügetechnik. Empfänger und Lautsprecher mit Batterie standen allerdings vorerst noch selbständig nebeneinander. Schwierigkeiten gab es mit den Röhren, die besonders stoßempfindlich, sehr heiß und so hell waren, daß man bei ihrem Licht sogar lesen konnte. Schließlich gelang es in einer Art ‚Hucke-Pack‘-Lösung, den Lautsprecher oberhalb des Empfangsteils zu plazieren und die Apparatur mit einem einzigen Gehäuse zu umschließen; Hitze und Licht waren nun versteckt. Dies war ein wichtiger Schritt, um dem radiophilen Laien die Angst vor den ihm fehlenden technischen Kenntnissen zu nehmen. Mit einem Oberflächende-

kor wurde der Apparat nun verschönt, so daß das bis dahin störende technische Objekt seinen Einzug in die Wohnzimmer und Salons halten konnte. Welch ein Ereignis!

Als sich dann um 1927 anstelle des umständlichen batteriebetriebenen das netzbetriebene Radio durchsetzte, war der Erfolg endgültig da. Mit einem kaum absehbaren Stückzahlbedarf für Radios begann nun auch die Gehäuse-Produktion in Großserie. Hochindustrialisierte Länder wie Belgien, Deutschland, England, Frankreich, Holland und die USA engagierten sich und richteten eigene Preßwerke für Kunststoffprodukte ein.

Vom Isolierstoff für Röhrensockel, von den verschiedenen Haushaltsartikeln und Telefonen war es nur noch ein kleiner Schritt zu den Seriengehäusen für Radios. Die Abmessungen pendelten dabei zwischen Handkoffergröße und der Größe eines Backsteines. Die Wirtschaftsdepression der 30er Jahre und manche technische Neuerung trieben die Entwicklung zum Kleinradio mächtig voran und verlangten schließlich nach der Fließbandfertigung.

Das Portionieren des Preßpulvers geschah bis dahin noch auf der Küchenwaage, die Preßdauer wurde mit der Sanduhr gemessen; Farbchargen zur Erlangung von Marmorierungseffekten waren manuell äußerst kunstfertig in die Werkzeuge einzubringen. Ein ‚Finish‘ mit Kupferpulver aus der Streubüchse wirkte fast so edel wie pures Gold. Immerhin haben die Kunststoff-Gehäuse

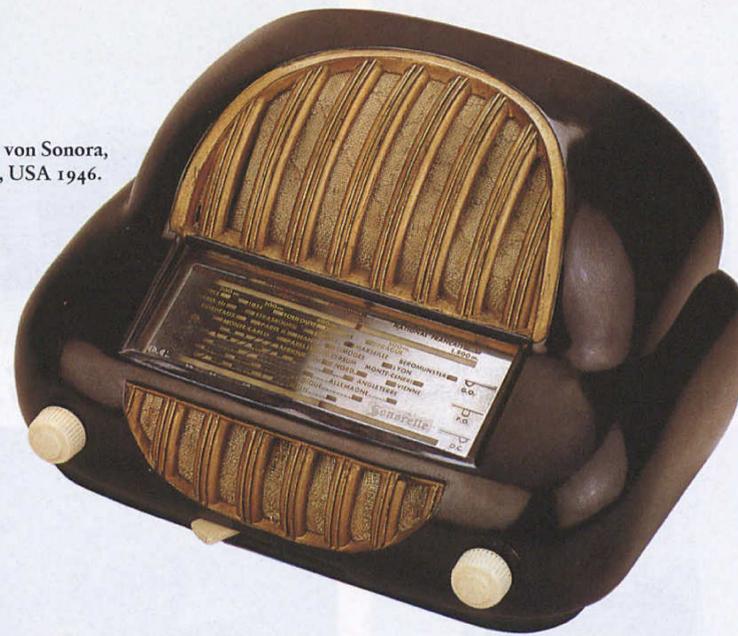
von damals sich besser gehalten als die konkurrierenden Holz- oder Blechfertigungen.

Vom einfachen Isolierstoff für Gebrauchsartikel führte der Weg nun zur eigenen, artifiziellen Schönheit. Die Bakelit-Cooperation, USA, brachte 1932 in Symposien den Industrie-Designern die vorteilhafte Anwendung des neuen Werkstoffes nahe und klärte über die werkstoffgerechte Formgebung der Matrizen auf, über Glatt- oder Rauhdessinierungen, Metalleinlagen im Preßling und manches mehr. Die Flächen, Rundungen, Kehlen der Gehäuse waren nun fix und fertig in einem Arbeitsgang kostengünstig auf 1000 bis 2000-Tonnen-Pressen herzustellen. Von 15 bis 48 Zentimeter Größe um 1930 bis zu 90 Zentimeter um 1950 reichten die Abmessungen. Und nur zum Teil waren die Größenunterschiede mit umfangreicherer oder umständlicherer Bestückung im Inneren zu erklären, durch das Fach für die Batterien etwa oder durch die Heizröhren mit hohem Luftraum darüber.

Vielmehr war die ergonomische Frage des Reparaturhandlings ausschlaggebend für die Ausmaße. Denn der Reparaturservice als Dienstleistung machte den ständigen Kontakt zum Kunden wichtig. Defekte am Gerät oder die regelmäßigen Inspektionen erforderten besondere Montagefreundlichkeit. Und im Inneren der Gehäuse finden sich die Reparaturdaten der Werkstätten in den Kunststoff eingeritzt, ähnlich wie die Zeichen der Uhrmacher in den Uhr-Gehäusen.

Das polierte, hölzerne Wohn-Ton-Möbel setzte nun die ersten Maßstäbe, war also im wörtlichen Sinn tonangebend für den Kundengeschmack. Zunächst mit massiven Schnitzleisten, Furnieren von Edelhölzern und später mit gebogenen Sperrholzflächen suchte man die Beziehung zum übrigen Mobiliar des Wohnzimmers, wurde ein echtes Ausstattungstück von respektabler Größe geschaffen. Damit war das Radio endlich dem Cheminée und der Anrichte im Wohnzimmer ebenbürtig, hatte es einen beherrschenden Platz im Gesamt-Ensemble

Radiogerät von Sonora, Phenoplast, USA 1946.



Radiogerät mit Wecker von Shelburn, Polyacetal, Kanada 1960.

Radiogerät von Crosley, Phenoplast, USA 1949.



Tragbares Kleinradio von Brionvega, Polyacetal, Italien 1965.



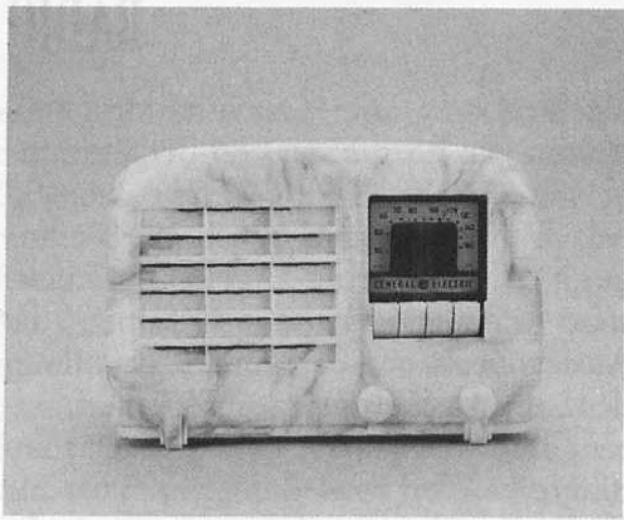
ble erobert. Die Orientierung zum Raum, wie für die meisten Behältermöbel mit Ansichts- und Rückseite, war dabei eine wesentliche akustische Bedingung. Die der Wand zugekehrte Rückseite war die Montage-Öffnung, die Ansichtsseite mit der Schallabstrahlung des Lautsprechers war zum Zimmerinneren, also zum Hörer, gerichtet. Das bedingte bei der Festlegung der Basis für Radio-Standgeräte fast zwingend die Rechteck-Fläche, sozusagen ein Gegenüber zum Hörer. Eine Gehäuseform, die die Hörsituation direkt widerspiegelte.

Die Details

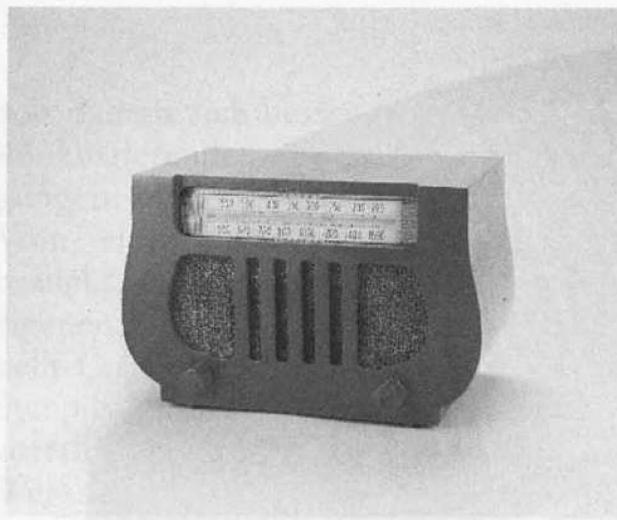
Im Inneren sah es aus wie in einer mehr oder weniger aufgeräumten Montagehalle: Verdrahtungen wurden unter der Hauptebene verlegt, Auswechsellteile nahe dem Ausgang montiert; die Verankerungen des Chassis mit dem Gehäuse hingen an den Rändern.

Die rückseitige Abdeckung der Montageöffnung war eher nebensächlich. Preßpappen, Blech- oder Kunststoffdeckel und, seltener, Stoffrahmen waren perforiert von Luftschlitzen, Schaltern, stoffumwickelten Kabeln oder Gummilitzen sowie Anschlußbuchsen für Netz, Antenne, Grammophon, Lautsprecher, Erdung und mit Artikelangaben und Bedienungsanleitungen beschriftet.

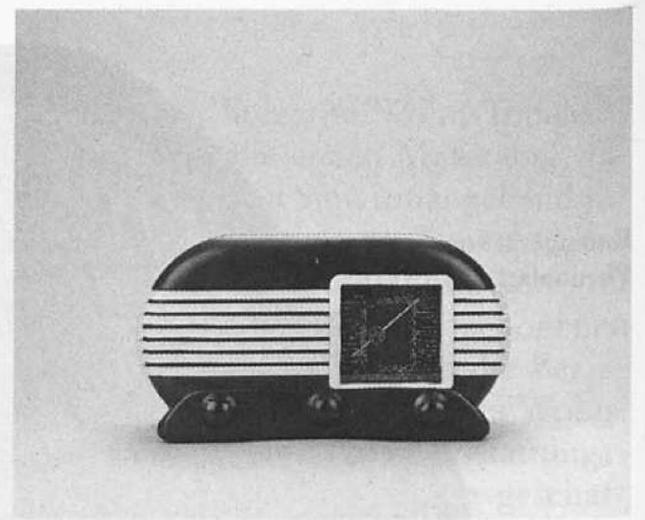
Bei dieser vorgegebenen optischen Ein-dimensionalität des Radios lag es nahe, das Kunststoffgehäuse zu favorisieren. Obwohl Gehäuse in Holz und Harz,



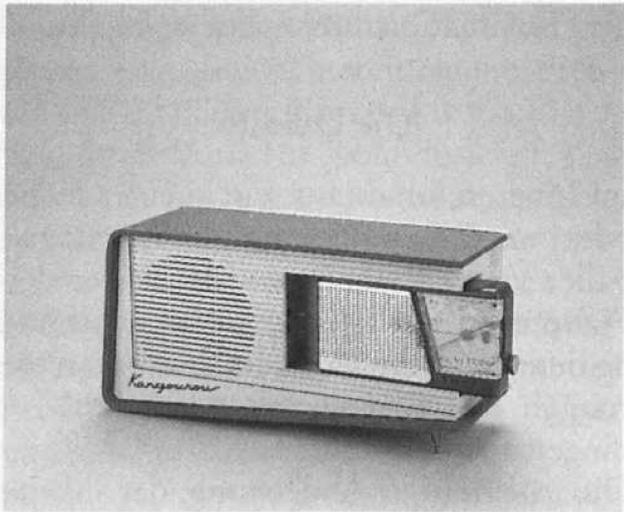
Radiogerät von General Electric, Ureum, USA 1939.



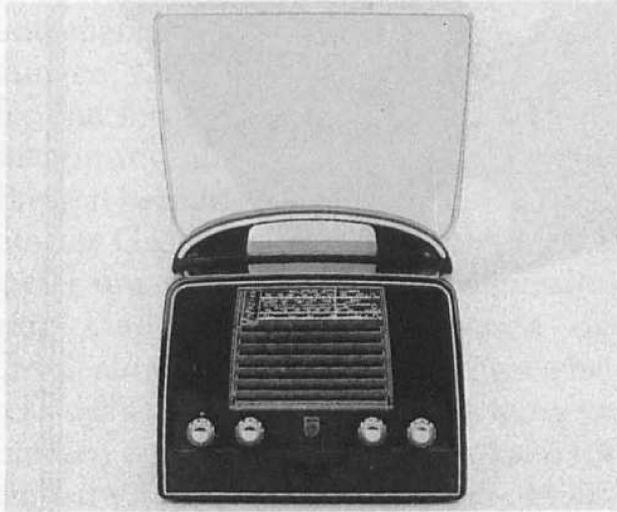
Radiogerät von de Wald, Catalin, USA 1941.



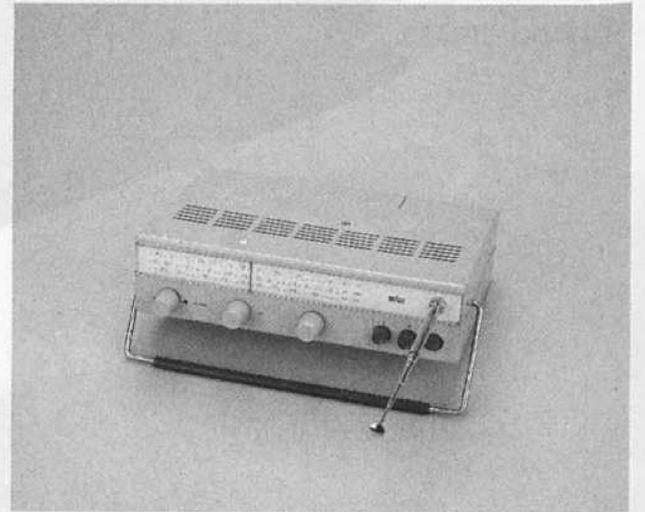
Radiogerät von Tesla, Phenoplast, ČSSR 1947.



Radiolautsprecher mit Batterie und Pocketradio, Polyethylenfolie, Frankreich 1955.



Tragbares Radiogerät von Philips, Phenoplast, Niederlande 1955.



Tragbares Batterieradio von Braun, Polycarbonat, Deutschland 1956.

Celluloid, Galalith und Blech ebenfalls angeboten wurden, war Phenoplast für Radios prädestiniert – anfangs in raffinierten Edelholzeffekten, später in bunten Tönungen. Praktisch wurden nur Pressungen mit der Ansichtsseite als Werkzeugbasis angewendet, eine Art ‚en face‘-Fertigung. Es gab wenige Außenfertigungen und keine ‚en profil‘-Lösungen, was sich mit dem Wunsch erklärt, alle Durchbrüche auf der Front- und Rückseite in einem Arbeitsgang zu erledigen.

Die Frontseite, meist senkrecht stehend entworfen, ließ erstaunlich viel Spielraum für die Gestaltung zu. Ob Lautsprecher, Anzeigen oder Bedienungselemente betont oder fast negiert wurden, lag völlig im Ermessen der Designer und Techniker.

Insgesamt stellten alle Lenkvorrichtungen auf den Sichtseiten der Gehäuse Werkzeuge mit hohem Aufforderungscharakter dar. Speziell die Drehknöpfe als Vermittler von Unterhaltungswünschen waren ein Novum. Daumen, Zeige- und Mittelfinger waren Gehilfen des Gehörs auf der Suche nach einem befriedigenden akustischen Angebot geworden, hatten eine Art Lotsenfunktion erhalten. Den Druckkontakt zwischen Finger und Knopf gab es hingegen noch

nicht. Erst 1938 war die Knopfdruck- und Tasten-Automatik so weit, daß die Feineinstellungen per Hand durch eine Drucktaste – zum Teil mit Selbstkorrektur – ersetzt wurden. Das Tastensortiment jener Zeit reichte bis zu 10 Knöpfen und war so Ausdruck der neuen Bequemlichkeit.

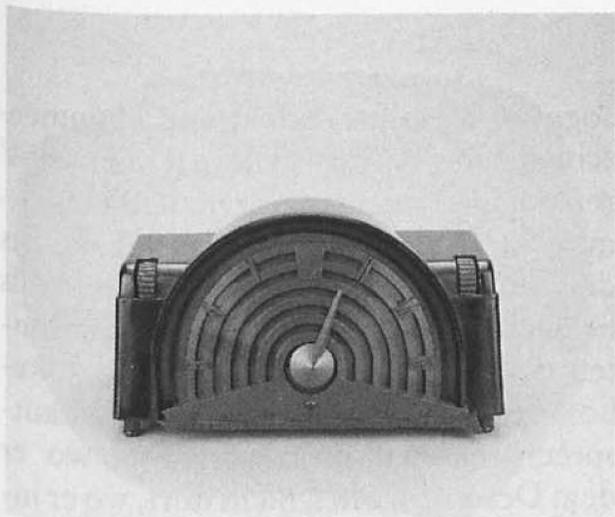
Die Sendervorwahl, meist elektromechanisch geregelt, war ein großer Publikumserfolg. Gewisse Anfälligkeiten bei den Billig-Geräten wurden hingenommen, die Begeisterung über den Fortschritt blieb: Befehle per Fingerdruck erteilen, widerrufen, ändern! Das Auge verlor seine bisherige Vormachtstellung über den kontrollierten Aktionsablauf menschlichen Handelns, die Betätigung erfolgte nun blindlings. Allerdings entsprach die Kombination und Lozierung der Lenkelemente nur selten den heutigen ergonomischen Vorstellungen. Sie folgte in Entwurf und Praxis eher dem Ritual einer technischen Kulthandlung, etwa dem Anfahren einer Maschine: einschalten und abwarten bis die erforderliche Betriebswärme erreicht ist, dann die Hebel und Wählknöpfe an der Skala einstellen.

Die Skalierung war zu Beginn der 20er Jahre kaum mehr als eine Pfeilmarkierung, die auf eine Kalibrierung für Me-

terband und Kiloherz hinzeigte. Ab 1926 erschienen dann Trommelantriebskalen mit kleinen Sichtfenstern oder Anzeigen mit großem Celluloid-Kragen, auf dem der Besitzer, etwa eines englischen Marconi-Gerätes, selbst mit Bleistift die ständig wechselnden Wellenlängen der Sender aufschreiben und wieder auswischen konnte. Das war jedenfalls praktischer als eine deutsche Telefunken-Klappskala, die alle drei Monate vom Hersteller mit neuen Senderlagen herausgegeben und vom Besitzer in das Gerät eingeklemmt werden mußte.

Vom daumnagelgroßen Skalenausschnitt wuchsen die Senderanzeigen allmählich zur stolzen Größe eines Hemdkragens. Nur in Deutschland verkümmerten sie zu Ende der 30er Jahre beim Staatsgerät ‚Volksempfänger‘ im politisch motivierten Verzicht auf Sendervielfalt wieder zur Größe eines Garnröllchens. Dennoch blieb die Skala am Radio optisch das stabilste Element – verglichen mit Lautsprechern, Bedienungselementen und Gehäusen.

Die radiale Sender-Anzeige mit ihrem einfachen konstruktiven Mechanismus, mit oder ohne Übersetzungshilfen, hatte auch ökonomische und Erkennungsvorteile. Dennoch erschien um 1930 der erste lineare Skalenanzeiger. Ein verdeckt



Radiogerät von Emerson, Phenoplast, USA 1947.



Radiogerät von Marelli, Phenoplast, Italien 1948.



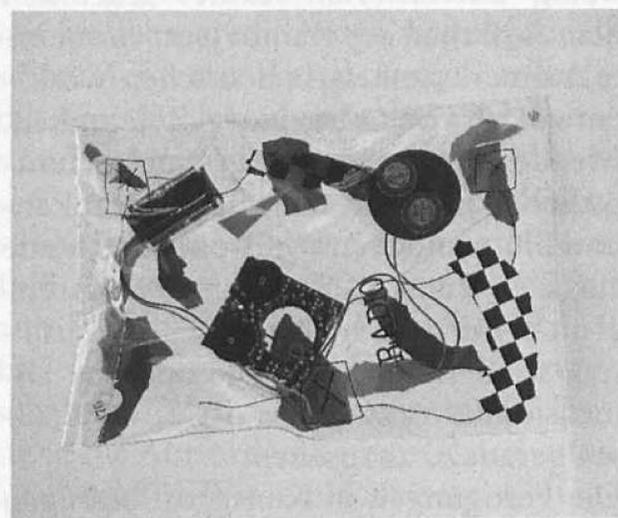
Radiogerät von Zenith, Polycarbonat, USA 1952.



Radiogerät mit Drehantenne von Capte, Polycarbonat, Frankreich 1959.



Batterieradio mit Antennentragegriff von Emerson, Polyacetal, USA 1964.



Radio-Bag von Parathesis, Polyethylen, England 1983.

laufender Faden lief über Umkehrrollen und zog den Anzeiger hin und her, optisch einem Thermometer ähnlich. Die Faszination des abstrakten Bewegungsprozesses war so groß, daß er sich bis heute mit den Rundinstrumenten in der Gunst der Konsumenten abwechselt. Sein Vorteil, alle Sendernamen bequem lesbar in einer Richtung ausschreiben zu können, wurde leider oft durch die Unsitte aufgehoben, Schriftgrößen von zwei Millimetern und kleiner zu verwenden. Eine Sonderlösung stellten hingegen geographische Sendermarkierungen in Form einer Weltkarte mit aufleuchtenden Stationen dar.

Praktisch alle Lautsprecher sind, ob selbständiges Objekt oder im Radiogehäuse integriert, kreisförmig oder oval. Selbst das Kohlemikrophon, später die Horntrichtertypen mit Schalldose oder die elektro-akustischen Konuslautsprecher mit Membrane blieben als Kreis oder kreisförmiges Loch zu erkennen, ob groß oder klein. Die Klangabstrahlung erfolgte meist horizontal, ganz selten nach oben oder unten. Bemerkenswerterweise entzündete sich ausgerechnet an dieser vorgegebenen Zweckform des Lautsprechers die Phantasie der Stylisten besonders. Die Verkaufskataloge jener Zeit sprechen von „mondäner Gestal-

tung“, „festlichem Aussehen“ und von der „Anpassung an das Wohn-Mobiliar“. Die Bespannung mit Seide oder Brokat in den Farben flügel, hellgelb, lachsrot, grün, altgold wurde empfohlen.

Zur gleichen Zeit, um 1927, entwickelte Philips in Eindhoven nach einigen Etüden in buntem Kopalharz seine schöne Lautsprecher-Serie vom Typ 2003 bis 2514 in marmoriertem Phenoplast. Ein eigenwilliges, ganz aus der Funktion gestaltetes Objekt. Kein Firmenzeichen sollte die japanisch inspirierte Formgebung auf der Vorderseite stören. Der Architekt L. C. Calff betreute damals als Designer und Graphiker die Produktgestaltung des Konzerns.

Weltweit griffen nun alle Hersteller zu dekorativen Motiven, um ihre Produktionen unverwechselbar zu gestalten: Strahlen, Fontänen, Rosetten, Wellen, Kreise, Sterne zierten als Embleme die Radiogeräte und galten als frühe ‚Corporate identity‘, als Firmen-Signet.

Mittlerweile waren die Lautsprecher im Gehäuse untergebracht und hatten so große Durchmesser erreicht, daß Hilfsvorrichtungen zur Stoffüberspannung erforderlich wurden, was wiederum zu neuen Oberflächen-Motiven führte. Ähnlich wie bei der Entwicklung der Linear-Skala wuchs die Textilbespannung

über das runde Lautsprecherloch hinaus zum Rechteck, manchmal sogar über die Seitenfronten. Optisches 3-D! Und zum Ende der 30er Jahre wurde aus dem textilhinterlegten Motiv wegen der Empfindlichkeit des Stoffes ein festes Rippenwerk aus Kunststoff, das die Architektur des Gehäuses unterstrich; ein Grill, wie die Kühlrippen eines Motors oder die Schalllamellen eines Glockenturms.

„Das Radio brüllte bakeliten“ heißt es bei Arno Schmidt in ‚Aus dem Leben eines Fauns‘, das von den Kriegsjahren um 1940 erzählt. Heute fungiert Metallgewebe oder feines Lochblech als Abdeckung. Ob der Ton sich dadurch verbessert hat?

Die 30er Jahre

Auf dem europäischen Kontinent sank zu Beginn der 30er Jahre mit der Wirtschaftsdepression der Glaube an eine ästhetische Avantgarde-Funktion des Designs. Die nüchterne Form eines Kugellagers, die Formen des Eisenbetons, der Purismus der geometrischen Gegenstandslosigkeit saugten die beliebten Motive der Moderne der 20er Jahre auf. Besonders in Deutschland bemühten sich außerdem Normensetzer, bei Gebrauchsartikeln den ungebändigten Fluß der freien Märkte – was Formen und Mate-

rialien betraf – in geordnete und verordnete Bahnen zu lenken. Ausdruck des Mißtrauens gegenüber sich allzu rasch verändernden Produkten und ihren Materialmiseren und Ausdruck eines verlorenen Krieges, der die Wirtschaft zu einschneidenden Maßnahmen zwang.

Eine zögernd beginnende Serienproduktion zerlegte nun den Fertigungsvorgang in viele kontrollierbare Einzelschritte. So auch den Kunststoffgehäusebau und seine Formgebung. Die bisher für Technik wenig interessierten Käufer schenkten dem Aussehen des Radios jetzt vermehrte Aufmerksamkeit. In deutschen Werksentwürfen von Saba, Nora, Telefunken, Mende oder Loewe-Opta tauchte fernöstliches Flair mit bakelitnen Ranken- und Blütenmotiven vor Brokat und Seide auf. Der Wunsch, mit dem neuen Material nicht nur geheime Kräfte zu mobilisieren, sondern auch in neue optische Dimensionen vorzustoßen, ist den Gehäusen geradezu anzusehen.

Die Fertigungen in Kunststoff betrug zu Beginn der 30er Jahre zwar noch keine 10 Prozent, wurden aber immer mehr eine ernsthafte Konkurrenz für die anderen Werkstoffe. Die drei staatsverordneten deutschen Radios VE 301, DKE '33 und '38 lieferten in ihrer puristischen Kastenform optisch nach, was die 1920er Bauhausjahre aus Ignoranz dem Werkstoff gegenüber versäumt hatten.

Neben der weltweiten Fortentwicklung zu kleineren, transportablen Steckdosen-Geräten kam es nun mit prosperierender Volkswirtschaft in Deutschland zu einer Hinwendung zum Monumentalen, zum Radio-Tempel; aus Kunststoff gefertigt, devisen- und rohstoffunabhängig. Das Radio geriet mit fast schicksalhaftem Zwang in das Magnetfeld der damaligen Ära.

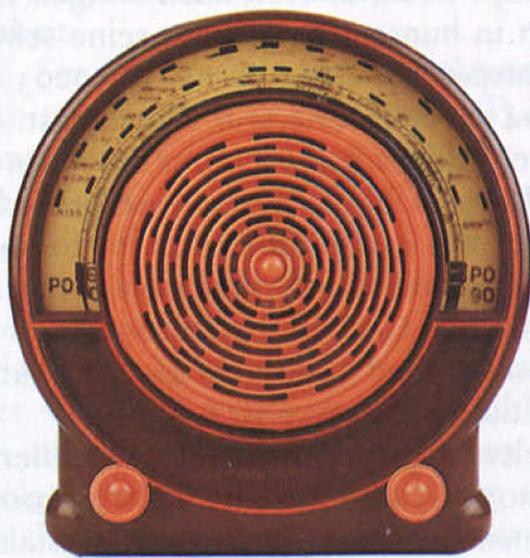
In England machte sich damals eine Reihe von Produzenten mit ihren Designern um gute Formfindung verdient. Ohne Akzeptanztests – etwa zur selben Zeit andernorts durchaus üblich – überführten Künstler wie R. D. Rusell für ‚Murphy‘ und die Architekten S. Chermayeff, W. Coates und M. Black für ‚Ekco‘ die alten, formal wenig befriedigenden Produktionen durch die Baureihe AC 74, AD 65 und AC 86 in neue Bahnen – mit überragendem Erfolg! Ab 1933 erschienen die ersten, zum Teil asymmetrischen Gehäuseformen mit Antrieb und Lautsprecher nebeneinander, nicht übereinander. Gesetze wie im Eisenbetonbau der 30er Jahre wurden formal nachempfunden,

die tragenden Teile bildeten nicht mehr die übliche massive Ecke.

Die US-Rekorder lieferten spätestens um die Zeit der Errichtung des Rockefeller-Centers in New York ihren eigenen interessanten Beitrag zur internationalen Radioproduktion. Zu dieser Zeit entkoppelte man sich spürbar von europäischen Einflüssen. Die grundlegend andere Mentalität des amerikanischen Verbrauchers beschleunigte diese Entwicklung noch. Seiner Bereitschaft, auf Kredit zu kaufen, um mit vielleicht geringwertigerem Geld abzuzahlen, kam die dortige Steuergesetzgebung entgegen. Ständig neue Modelle und neue Techniken erfüllten sich in strategisch ausgeklügelten Kaufanreizen für die Konsumenten. Das breite industrielle Angebot verringerte zwar den Sachwert der Geräte, dennoch verzichtete niemand auf Information und Unterhaltung. Werbung und Manipulation gehörten neuerdings zum Alltag.

Die 40er Jahre

Um 1940 stand in jedem amerikanischen Haushalt ein Radio aus dem breit gefächerten Angebot der rund 35 Hersteller, von Admiral und Airline bis zu Zenith-Radio-Corp. Sie zeigen uns heute ein Abbild der technischen und stilistischen Möglichkeiten von Yesteryear bis Präsident Nixon.



Radiogerät von Radialva, Phenoplast, Frankreich 1948.

Die kleinen Gießharzgehäuse aus Catalin von Emerson, Fada, de Wald und Motorola erscheinen besonders faszinierend. Mit dem Slogan ‚Colour in your home!‘ wurden sie in leuchtenden Farben wie gelb, hellgrün, blau und dunkelrot durchgefärbt oder gespritzt verkauft; gelegentlich bunt marmoriert wie von General Electric, Emerson, Addison oder

sogar in Metallisé-Effekt und Hammer-schlag-Oberfläche. Die ‚Coloradios‘ reizten mit Leuchtanzeigen, und manchmal war die Rückwand transluzent aus dem Firmensignet geprägt und ebenfalls beleuchtet, oder Eloxalleisten umrahmten den integrierten Wecker. Ein Jukebox-Styling war Mode, das den Lautsprecher außen dort markierte, wo er dem Designer gefiel, nicht dort, wo er innen wirklich war.

Neue Fertigungstechniken entstanden, sichtbar zumindest im Inneren der Gehäuse: Halterungen waren geklebt, Hilfsteile angedampft, Kartons angepoppt und Knöpfe und Verbindungen gesteckt. Die Reparatur lohnte kaum noch. Eine ‚Planned Obsolescence‘, die sich in den USA schon Ende der 30er Jahre, fast zwei Jahrzehnte früher als in Europa, entwickelte.

Kriegsende und 50er Jahre

In Europa war während des Krieges 1939 bis 1945 verständlicherweise ein völliger Radiodesign-Stillstand.

1939 erschien zwar in Italien noch ein attraktives, im Äußeren telefonähnliches Gerät nach dem Entwurf der Architekten-Brüder Castiglioni (Fa. Phonola) mit vielen Farbvarianten, aber das Gros der ersten Nachkriegsproduktion hatte das Aussehen der Vorkriegsmodelle.

Eine formale Neuerung für Kunststoffgehäuse stellte erst 1947 das Modell FB 10 der Firma Kolster & Brandes aus England nach dem Design von L. Griffin dar oder auch das Gerät der Firma Sobell. Beide waren Haubenlösungen mit verkleinerten Aggregaten. Radioalva '48 orientierte sich in Frankreich mit einem schönen Kleingerät am englischen Klassiker der Kreisgeräte der Firma Ekco, und Marelli, Italien, kündigte mit einem schwellenden Gehäuse die Dynamik der 50er Jahre an.

Die Suche nach einem Anfang setzte ein, einem Werteneubeginn; für viele alte Rundfunkfreunde die zweite Radiogeneration ihres Lebens. Im Nachkriegsdeutschland wurde die Produktion des ‚Volksempfängers‘ – anders als beim Volkswagen – ziemlich bald eingestellt. Heute sind diese schlichten Geräte Trophäen in den Sammlungen der Radiofans des Auslandes. Merklich mehr Wert lag jetzt auf dem lange entbehrten Bedienungs-komfort. Loewe-Opta bot ein Kleingerät (2151 GW) an, das in seiner etwas hilflosen Wulstigkeit sehr kunst-

Persönlicher Ausblick

Die Schimpf- und Kosenamen aus der Frühzeit des Radios erscheinen endgültig als unangebracht. Wer käme heute noch auf die Idee, sein Radio ‚Sirupbehälter‘, ‚Kathedrale‘, ‚Ozeandampfer‘, ‚Nurse‘, ‚Sandwichspender‘, ‚Torte‘, ‚Telefon‘ oder ‚Cadillac‘ zu nennen?

Und was erwartet man in Zukunft von der Form eines Empfängers? Da es zu keiner Zeit eine zwingende Form für das Radio gegeben hat, könnte man sich ja mit ‚unsichtbarem Design‘ begnügen, also mit der reinen Verpackung von Technik. Und doch bleiben Gebrauchsgegenstände nach wie vor technische Prothesen des Menschen, die nachahmen, verlängern, potenzieren oder verbessern. Ihre Anwesenheit trägt aktiv wie passiv zum Wohlbefinden des Menschen bei.

Ein Rundfunkempfänger, nicht eingeschaltet, sollte durch seine bloße Existenz die Aufforderung zum Einschalten ausdrücken. Wie einladend er als Gebrauchsartikel für den Benutzer tatsächlich ist, liegt auch an seiner äußeren Gestalt.

Das Radio gehört heute, wie so viele ehemalige Luxusgüter, zur Grundversorgung der Bevölkerung. Chemische Werkstoffe hatten an dieser Entwicklung einen wichtigen und ‚demokratisierenden‘ Anteil.

Sie auch heute richtig und richtungweisend einzusetzen, bleibt eine ständige Herausforderung für den kreativen Designer. Wie oft aber sind heutige Fertigungen Streßgeburten, formal wie technologisch. Ich wünsche mir, daß auch in Zukunft – trotz fortschreitender Marktverflechtung – die einzelnen Nationen mit ihren verschiedenen Kulturen und Gewohnheiten länderspezifische Produktdifferenzen zulassen und zeigen – auch beim Radio. □

DER AUTOR

Hans Ulrich Kölsch, geb. 1927, ist selbständiger Architekt mit den Schwerpunkten Industrie- und Städtebau. Daneben beschäftigt er sich mit Design und freier Kunst und betreibt eine eigene, große Sammlung historischer Designobjekte aus Chemiewerkstoffen.

änderten sich die Gehäusevolumen, die trotz ihres miniaturisierten Inhalts noch eine Weile diese Tatsache verschleierten und damit die Entwicklungskosten der neuen Technik optisch auffingen.

Die 60er Jahre

Erfrischend zeigten sich Mitte der 60er Jahre Italiens Entwürfe für die Phonoindustrie mit Brion-Vegas Klapp-Radio ‚TS 502‘ nach dem Design von R. Sapper und M. Zanuso und Japans Debüt in Europa mit seinen Kleinstempfängern von Panasonic.

Knopfzellen, Solarbatterien, integrierte Schaltungen und raffinierte Spritzgußverfahren mit Thermoplasten ließen aus dem Wertobjekt Radio einen kurzlebigen Modeartikel werden. Eine feminin anmutende Optik entwickelte sich: Fantasia-Land für Pockets! Und Mitte der 70er Jahre, gerade rechtzeitig zum 50jährigen Design-Jubiläum des Radios, versammelten sich allerlei Kuriosa zum Thema Kunststoffradio. Zur Freude der Ästheten verpackte sich eines davon in eine durchsichtige Plastiktasche mit poppigen Dessins; ein Designentwurf von D. Weil.



Tragbare Kleinradios von Panasonic, Polyacetal, Japan 1969.

Bei den Standgeräten für den Wohnbereich ist es inzwischen für den Nichtfachmann fast ausgeschlossen, einen Hersteller äußerlich vom anderen zu unterscheiden. Als stapelfähiger Kasten teilt sich das Radio den Regalplatz mit den übrigen Steuerelementen der Unterhaltungselektronik. Die aus der bis dahin gemeinsamen Hülle wieder ausgegliederten Lautsprecher führen ihr einstiges Eigenleben, kontrolliert durch ein Tableau in spartanischer Form aus silbergrauem Kunststoff mit barock-üppigen Leuchtsignalen. Was kontrolliert werden soll, zeigt ein Piktogramm-Tele-Commander an. Der ist aus unverwüsthlichem, neuestem Chemiewerkstoff.



Lautsprecher mit Netzprogrammwahl von Teslar, Phenoplast, ČSSR 1959.

stoffig aussah, mit Abdeckleuchte, Sendervorwahl und Radio-Uhr. Erste ‚Portables‘ entstanden als Freizeitspaß in lutschigen Umrissen, da das Traggewicht durch die neuen, leichteren Bestückungen zumutbar geworden war.

Und wie stand es um die neue Gehäuseform, um die Serienform aus Kunststoff? Frankreichs Radioproduktion begeisterte sich für Dekoratives, Theaterhaftes, zuweilen Exzentrisch-Futuristisches. Die Niederlande zeigten gemäßigte, vom Zeitgeschmack geprägte Geräte. Die westdeutsche Produktion nahm neue, dynamische Entwurfskonzepte kaum ernst, unterdrückte manches sogar.

Nur an der Hochschule für Gestaltung in Ulm und bei Braun wollte man – 25 Jahre nach dem Bauhaus – die damaligen Versäumnisse nachholen und an die großen Traditionen anknüpfen; man wollte Rundfunk- und andere Geräte neu überdenken, das Kargheitsstreben wissenschaftlich nobilitieren, ganz in der Reputation der Schule von Weimar und Dessau, ähnlich den unvergessenen Leistungen eines Zeppelins und einer Leica. Es entstanden Kästen wie aus der Pionierzeit des Radios, platzsparend und stapelfreudig, die Schriftästhetik ging bis zur Unlesbarkeit. Die eher blechtypische Verformung des Kunststoffs rächte sich zwar mit Stria-Effekten in der Fließgeometrie, wurde aber mit Farbe überspritzt. Dessen ungeachtet sicherten sich die kühlen, hellgrauen Produkte ihre ständige Vertretung im Museum of Modern Art, dem designierten Design-Olymp; denn so mochte die internationale Fachwelt das deutsche Design.

Mitte der 50er Jahre kündigte sich dann das Ende der Röhrenzeit an, gedruckte Schaltungen entstanden. Die Ausrüstung mit den ‚transfer resistors‘ begann. Die Gehäuse leerten sich, das Gewicht des Radios nahm laufend ab – Platinen machten es möglich. Nicht gar so schnell

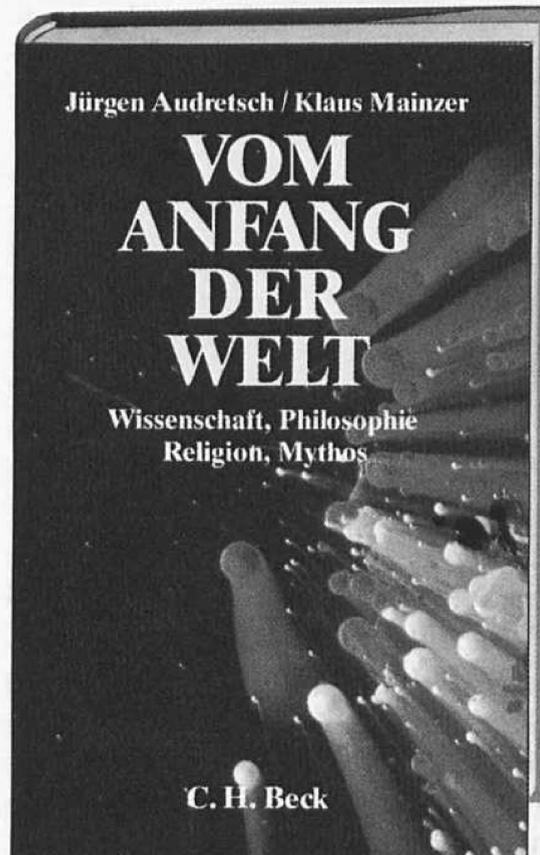


Die Autoren zeigen, wie Kernforschung und Mikroelektronik zunehmend von ökonomischen, militärischen und politischen Interessen bestimmt wurden. Eine hochbrisante und politische Studie, die, frei von aller Polemik, die jüngste Technologiegeschichte klar vor Augen führt.
1989. 265 S. Br. DM 39,80



*Neu
im Herbst
1989*

Verlag C. H. Beck



Astronomen, Physiker, Philosophen und Theologen diskutieren anschaulich und lebendig aktuelle und neueste Forschungsergebnisse zum Thema der physikalischen Weltentstehung und konfrontieren sie mit Fragen der weltanschaulichen und religiösen Deutung.
1989. 234 S., 52 Abb. Geb. DM 39,80

AMK Berlin

Applaus für die Technik?

Bitte senden Sie mir detaillierte Informationen über die ShowTech

für Aussteller für Besucher

Name, Vorname _____

Funktion _____

Firma _____

Straße _____

Wohnort _____

AMK Berlin
Ausstellungs-Messe-Kongreß-GmbH
Messedamm 22 · D-1000 Berlin 19
Telefon: (030) 30 38-0 · Telex: 1 82 908 amkb d
Teletex: 308 711 = amkb d
FAX: (030) 30 38-2325 · BTX: * 30381 #

Licht und Ton sind Basis einer gelungenen Veranstaltung – feine Filter, behutsame Beschallung und erlesene Effekte führen zu einem harmonischen Erlebnis. Die Technik steht im Rampenlicht – vor, hinter, über, unter der Bühne. Und auf der SHOWTECH Berlin, Europas größtem

Treffpunkt der Veranstaltungsbranche. Vom 8.–10. Mai 1990 mit einer Messe von Rang und Namen und dem Fachkongreß für professionellen Erfahrungsaustausch. Schicken Sie uns einfach den Coupon. Ihr SHOWTECH-Infopaket kommt postwendend. – Wir sehen uns in Berlin.



Internationale Messe und Kongress Veranstaltungstechnik, Bühnentechnik, Ausstattung, Organisation Berlin, 8.–10. Mai 1990

AMK Berlin Ausstellungs-Messe-Kongreß-GmbH · Messedamm 22 · D-1000 Berlin 19
Telefon: (030) 30 38-0 · Telex: 1 82 908 amkb d · Teletex: 308 711 = amkb d · FAX: (030) 30 38-2325 · BTX: * 30381 #

Ideelle Träger:



DTHG

Fördernde Verbände:



vfdb

Chemie
für die Umwelt

Degussa-Katalysatoren wandeln
schädliche Autoabgase in
harmlose Stoffe um. Vor 30 Jahren eine Aufgabe für
unsere Forschung. Sie wurde erfolgreich gelöst.
Millionen Autos in vielen Teilen der Welt fahren mit
Degussa-Katalysatoren. Wir forschen weiter.

Degussa 

Metall. Chemie. Pharma.

Degussa AG
Postfach 1105 33
6000 Frankfurt 11

VERSCHLÜSSELTES IN DER SEUFZERSPALTE

Kurt-R. Biermann

Vor einiger Zeit erbrachte der dänische Ingenieurwissenschaftler O. I. Franksen den Nachweis, daß der geniale englische Mathematiker Charles Babbage (1792–1871), bisher vor allem als Erfinder des programmgesteuerten Rechenautomaten bekannt, auch in der Dechiffrierung verschlüsselter Texte bahnbrechend und seiner Zeit voraus war.

Wenn der deutsche Ingenieur Konrad Zuse als ‚Vater des Computers‘ bezeichnet wird, dann hat der englische Mathematiker Charles Babbage Anspruch darauf, mit ‚Grandfather of the Computer‘ betitelt zu werden, hat er doch die ‚Analytical Engine‘ konzipiert, den ersten programmgesteuerten Rechenautomaten, von dem Babbages Freund Alexander von Humboldt prophetisch sagte, sie „leistet mehr als rechnen, mehr als numerische Probleme lösen; sie liefert dem denkenden Wesen das Maß seiner schöpferischen Stärke“.

Daß sich Babbages Ambitionen und Leistungen nicht auf die Rechentechnik beschränkten, war bekannt. Man wußte auch, daß er sich mit dem Chiffrieren befaßt hat. In seiner Autobiographie ‚Passages from the Life of a Philosopher‘ (London 1864) erzählt er, daß er schon in der Schule vom Ver- und Entschlüsseln fasziniert war – nicht zur Freude seiner Mitschüler, deren Geheimschriften er regelmäßig kurzfristig enträtselte. Seine Passion teilte Babbage mit anderen bedeutenden Mathematikern vor und nach ihm; stellvertretend seien hier nur J. Wallis, L. Euler und L. S. Hill genannt. Und auch C. F. Gauß ist an dieser Stelle zu erwähnen wegen seiner Neigung, besonders wichtige Forschungsergebnisse zu verschlüsseln.

Bei Babbage festigte sich die Überzeugung mehr und mehr, daß jede praktisch verwendbare Chiffre entschlüsselt werden kann und daß dies allein eine Frage der Zeit, der Befähigung und der Geduld des Dechiffrierers sei. Einmal hat er öffentlich seine Superiorität geltend gemacht und 1854 in anonymen, nur mit dem Anfangsbuchstaben seines Vornamens gezeichneten Schreiben an das ‚Journal of the Society of Arts‘ einen präventösen Zahnarzt, der kryptographische Patentansprüche anmelden wollte, in die Schranken gewiesen. Der Dilettantismus des ‚Erfinders‘ veranlaßte ihn zur Äußerung der Maxime, sich mit einer verzwickten Chiffre abzumühen, lohne nur dann, wenn deren Autor bereits selbst ein sehr kompliziertes Kryptogramm entschlüsselt habe. Da aber Babbage den Plan, seine Einsichten zu publizieren, nicht verwirklicht hat, blieb das Ausmaß seiner Fortschritte in der Algorithmisierung der Codierung unbekannt – bis 1984 in Dänemark (Birkerød: Strandberg) und danach in den USA ein Buch des Ingenieurwissenschaftlers und Computer-Spezialisten Ole Immanuel Franksen mit dem Titel ‚Mr. Babbage's Secret. The Tale of a Cypher-and APL‘ erschien.

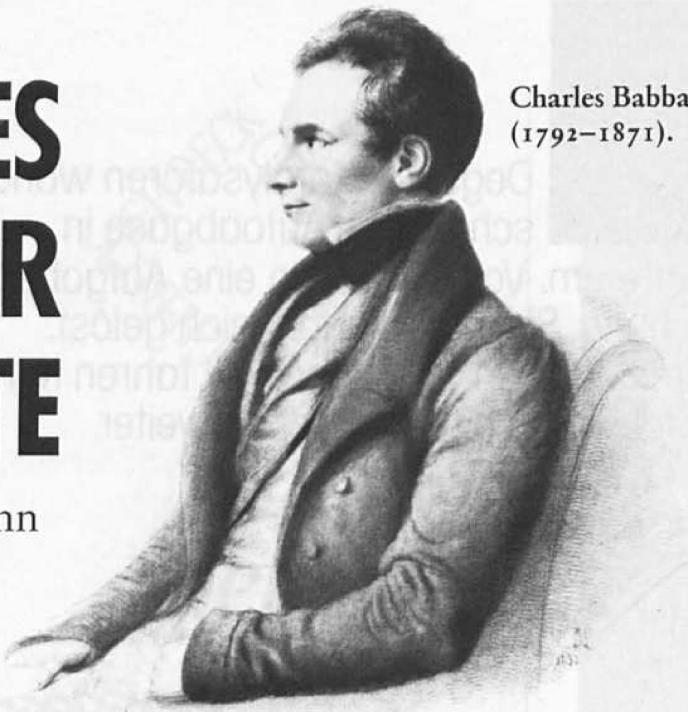
Prof. Dr. Franksen von der Sektion für Elektrotechnik der Technischen Universität Dänemarks in Lyngby hat die hinterlassenen Papiere Babbages in der Bibliothek des ‚British Museum‘ nach allen kryptographischen und kryptanalytischen Spuren hin durchforscht. Er gelangte zu dem überraschenden Nachweis, daß Babbage bereits 1846 eine algebräische Formulierung für bis dahin als unentschlüsselbar angesehene, nach den von Blaise de

Vigenère 1586 angegebenen Regeln hergestellte Chiffren gefunden hat. 1854 nahm er die sogenannte Kasiski-Methode zur Bestimmung der Periodizität des Schlüssels für die Vigenère-Chiffre vorweg. Damit aber hatte Babbage die Kryptanalyse aus einer Kunst zu einer Wissenschaft gemacht.

Franksen bettet die Schilderung dieser Ergebnisse in eine historische Darstellung weiter Teile der Kryptographie und ihrer herausragenden Repräsentanten ein und diskutiert die geometrische Interpretation von Daten. Die auftretenden Dechiffrieraufgaben setzt er in APL (A Programming Language) um und simuliert dergestalt das Herangehen Babbages, denn dessen mechanische Hilfsmittel wie Schieber, Scheiben und zylindrische Walzen sind nicht überliefert. In diesem Zusammenhang ist von Interesse, daß im Nachlaß vorhandene Ausschnitte aus der ‚Seufzerspalte‘ der ‚Times‘ zu erkennen gestatten, was Babbage als Beispiele verschiedener Chiffre-Typen für sein geplantes, aber wie gesagt nicht geschriebenes Werk vorgesehen hatte.

Den Ausdruck ‚Seufzerspalte‘ aus dem älteren Zeitungsdeutsch findet man heute wohl fast nur noch in englisch-deutschen Wörterbüchern bei der Übersetzung von ‚agony column‘. Man bezeichnete damit die Spalte, in der in ‚The Times‘ und in anderen Blättern kleine Anzeigen vermischten Inhalts erschienen. Die Korrespondenz von Liebespärenchen mit schmachtenden Seufzern war es vor allem, die der Spalte ihren Namen gegeben hat. Die oft recht delikate Natur der meist nur an einen bestimmten Adressaten gerichteten Hilfsbegehren brachte es mit sich, daß die Inserate häufig verschlüsselt

Charles Babbage
(1792–1871).



waren. Kennzeichnend für diese Art von Annoncen ist folgendes Beispiel, das zu den von Babbage gesammelten Ausschnitten gehörte und dessen Text zu seiner Dechiffrierung Wort für Wort rückwärts gelesen werden mußte. Die Übersetzung des Klartextes dieses Notrufs lautet: „A. B. Z. wird inbrünstig um unverzügliche Nachricht gebeten. Ich bin in sehr großer Unruhe und benötige sofortigen Rat.“ Ob das Flehen der Inserentin vor 140 Jahren erhört worden ist, ob auch andere Unbefugte den (sehr simplen) Code gebrochen haben, wissen wir nicht. Was wir wissen, ist, daß dieser Seufzer die Aufmerksamkeit eines Genies erregt hat.

Es ist kein Ausnahmefall, daß banale Inhalte dem Kalkül zugänglicher Aufgaben mathematische Koryphäen angeregt haben. Glücksspielaufgaben spielten bei der Grundlegung der Wahrscheinlichkeitstheorie, etwa durch Pascal und Fermat, eine große Rolle, Euler entwickelte am Beispiel des Zahlenlottos Anfänge der Iteratorik, ... Babbage nun bediente sich der Seufzerspalte und wurde, wie wir von O. I. Franksen erfahren haben, zu einem Klassiker auch der Kryptanalyse. Das Genie vermag, auch aus scheinbar Triviale geistigen Nutzen zu ziehen. □

Kultur & Technik knüpft mit diesem Beitrag an ‚Zwei Aussteiger und eine Science-fiction‘ in der vorletzten Ausgabe, ebenfalls von Kurt-R. Biermann, an. Beide Male handelt es sich um Übernahmen aus ‚Spectrum‘, der wissenschaftlichen Zeitschrift der Akademie der Wissenschaften der DDR (hier Heft 4/1987, S. 18).

DER AUTOR

Kurt-R. Biermann, Dr. rer. nat. habil und Professor emeritus, Vizepräsident der ‚Académie internationale d'histoire des sciences‘, zählt zu den anerkanntesten Wissenschaftshistorikern der DDR. Seit rund dreißig Jahren ist er vor allem in der Alexander von Humboldt-Forschung tätig.



In Millisekunden zeigt sich, was 10 Jahre Entwicklung und über 10 Jahre Erfahrung wert sind. Bosch ABS.

Wenn Ihnen heute ein Bosch ABS in Millisekunden den optimalen Bremsdruck regelt, ist das ein Ergebnis von mehr als 20 Jahren Arbeit. Schon Mitte der 60er Jahre arbeiteten die Bosch-Ingenieure an einem elektronisch gesteuerten Antiblockiersystem. 1978 lieferte Bosch das erste in Serie gefertigte ABS.

Bosch ABS regelt grundsätzlich alle vier Räder. Damit jedes Rad seinen Beitrag zu Ihrer Sicherheit leistet. Denn nur so nützen Sie alle Vorteile, die Ihnen ABS bieten kann. Ihr Wagen ist spurstabil, auch bei einer Vollbremsung. Die Lenkfähigkeit bleibt während des Bremsens bei optimalem Bremsweg voll erhalten. Das Bosch ABS berücksichtigt dabei auch, ob Sie gerade auf nassem Kopfsteinpflaster fahren oder mit einem Rad auf Schnee sind.

Bosch ABS arbeitet in immer mehr Autos für mehr Sicherheit. Serienmäßig oder als Extra – und dabei nicht teurer als das Paket von Sonderwünschen vieler Autokäufer, mit dem ein Auto zwar schöner, aber nicht sicherer wird.

Weil Sie für die Verkehrsbedingungen nichts tun können, tun Sie alles für sicheres Bremsen – mit Bosch.



BOSCH

DIE 'BLERIOT XI'

Das meistgebaute Pionierflugzeug der frühen Fliegerei

Hans Holzer, Leonhard Löffler

Im Jahre 1912 bekam das Deutsche Museum ein französisches Flugzeug gestiftet. Nach der ‚Taube‘ (siehe hierzu Kultur & Technik 2/1988) war es das zweite Motorflugzeug, das Oskar von Miller in seine Luftfahrt-Abteilung eingliedern konnte. Dieses Flugzeug, ein Eindecker des Typs ‚Bleriot XI‘, zählt heute zu den klassischen und berühmtesten Flugzeugen aus der Anfangszeit der Fliegerei. Entwicklung und Konstruktion stammen von dem Franzosen Louis Bleriot (1872–1936), einem Fabrikanten für Autolampen (‚Pharuslampen‘), der sich seit der Jahrhundertwende, wenn auch zunächst erfolglos, mit der Luftfahrt und dem Bau von Flugapparaten beschäftigt hatte.

Mit bewundernswerter Zähigkeit und großer Ausdauer hatte er Muster um Muster gebaut und fand schließlich 1907/08 zu der Eindeckerform, die ihn

Am 25. Juli 1909 überquerte Louis Bleriot mit seinem Flugzeug vom ‚Typ XI‘ als erster fliegend den Ärmelkanal. In London ausgestellt, mußte ein Hinweispfeil dem staunenden Publikum noch die Flugrichtung der Maschine anzeigen. Doch schon bald kannte jeder die ‚Bleriot XI‘, die schnell zum meistgebauten Flugzeugtyp jener Frühzeit der Fliegerei avancierte. Am 25. Februar 1912 wurde auch das Deutsche Museum stolzer Besitzer einer Bleriot.

berühmt machen sollte. Doch erst mit seinem ‚Typ XI‘ gelang ihm, bis dahin vom Pech verfolgt und durch seine Flugversuche finanziell erschöpft, der erhoffte Durchbruch: „Ich baute Nr. XI, wohl den letzten Apparat. Ich baute ihn mit dem Eifer, mit dem Schiffbrüchige die Balken eines Floßes zusammenfügen.“

Die ersten Flugversuche Anfang 1909 waren deprimierend. Doch ein neuer Motor und eine neue Luftschaube brachten schließlich die Rettung dieser Flugzeugkonstruktion. Im Mai wurde die ‚Bleriot XI‘ mit einem kleinen 3-Zylinder-Motor des in Paris lebenden Italieners Alessandro Anzani ausgerüstet. Der unzulängliche Metall-Vierblatt-Propeller wurde durch eine 2-Blatt-Luftschaube aus Walnuß von Chauvière ersetzt.

Rekordflug und Siegeszug

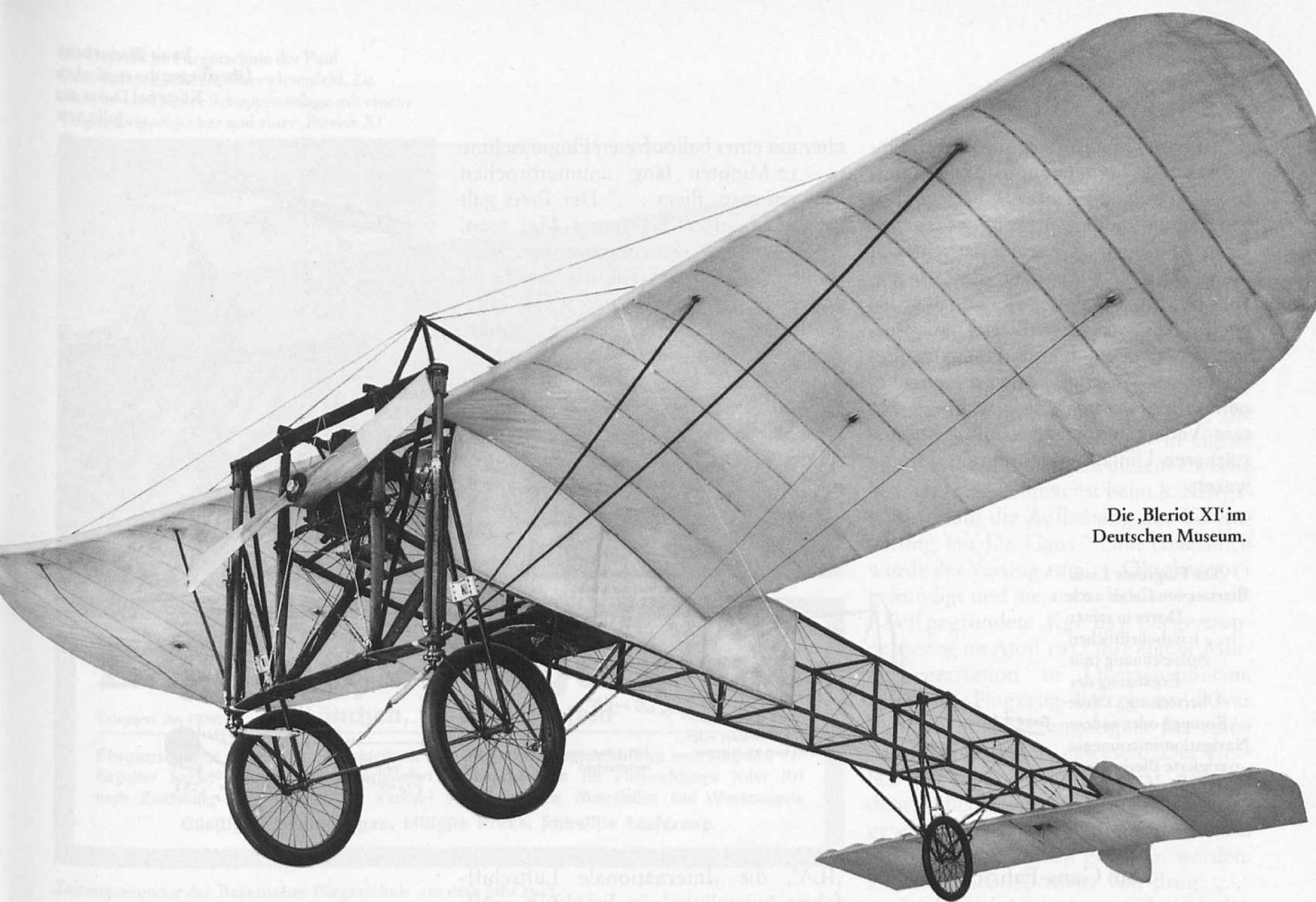
Mit einem Schlage weltberühmt wurde der ‚Typ XI‘, als es Bleriot am 25. Juli 1909 als erstem gelang, den Ärmelkanal zu überfliegen und damit den Preis des ‚Daily Mail‘ zu gewinnen. Lord Northcliffe, der Besitzer des ‚Daily Mail‘, hatte im Oktober 1908 einen lukrativen Preis von 1000 Englischen Pfund ausgeschrieben für den Flug von England nach Frankreich oder „umgekehrt“ mit einem Flugapparat, der kein Gas „leichter als die Luft“ enthielt. Vorsorglich wurde der Passus aufgenommen, daß während des Fluges „kein Teil der Maschine“ das Wasser berühren dürfe.

Eine für die damalige Zeit enorme Herausforderung. Schließlich hatte sich in England bis zu diesem Zeitpunkt überhaupt noch kein Motorflugzeug vom Boden erhoben. Und für die Piloten, die dafür überhaupt in Frage kamen, war es ein neues, unbekanntes Wagnis, ausschließlich über Wasser zu fliegen. Hier fehlten die Möglichkeit zur Notlandung und zudem die optischen Orientierungshilfen.

Für England bedeutete dieser Preis auch ein politisches Novum, das das insulare Denken in Frage stellte, galt doch noch



Louis Bleriot, im Flugzeug sitzend,
mit dem Motorenkonstrukteur
Alessandro Anzani.



Die ‚Bleriot XI‘ im Deutschen Museum.

immer das Wort von Admiral Lord St. Vincent aus den napoléonischen Tagen: „I do not say they cannot come, My Lords, I only say they cannot come by sea.“ Letztlich waren es nur zwei Bewerber, die den Versuch unternahmen, den Kanal zu überfliegen. Nachdem Hubert Latham mit seinem Flugzeug ‚Antoinette‘ gescheitert war, flog der 37 Jahre alte Bleriot – Inhaber des französischen Flugzeugführerscheins Nr. 1! – bei Sonnenaufgang des 25. Juli 1909 von der Küste von Calais in Richtung englische Küste ab. Ca. 36 Minuten dauerte der Flug, dann landete Bleriot auf englischem Boden bei Dover Castle und gewann so den begehrten Preis.

Bleriot's Flug brachte ihm und seiner kleinen Maschine eine Welle der Begeisterung. Sein Flugapparat wurde nach London gebracht und im Kaufhaus Selfridge ausgestellt. Vor dem Warenhaus standen die Menschen in langen Schlangen, um einen Blick auf dieses Flugzeug werfen zu können. Hilfreicher Hinweis für stauende Betrachter war ein am Motor angebrachtes Schild mit einem Pfeil: „Aeroplane flies in this direction.“

120 000 Besucher sahen innerhalb von vier Tagen das berühmte Flugzeug. Von London aus kehrte Bleriot mit seinem ‚Modell XI‘ nach Paris zurück, wo ihn ein Empfang erwartete, der eines Staatsoberhauptes würdig gewesen wäre. Das Flugzeug wurde wie eine kaiserliche Kalesche durch die Straßen der Stadt gezogen und die Garde républicaine salutierte, als der frischgebackene Ritter der Ehrenlegion vorbeikam. „Die allgemeine Erregung hatte mit Logik nicht mehr viel zu tun“, schrieb ein Reporter. Heute befindet sich das Flugzeug im Musée National des Techniques (Conservatoire National des Arts et Metiers) in Paris. Der Kanalflug hatte Bleriot mit einem Schlage berühmt gemacht und legte den Grundstein für seine Flugzeugproduktion. Bereits unmittelbar in den nächsten Tagen wurden über 100 Flugzeuge vom ‚Typ XI‘ bestellt.

Der ‚Bleriot XI‘-Apparat unterschied sich grundsätzlich nicht nur durch seine Eindeckerbauart von den vorhergehenden Wright-, Voisin- und Farman-Flugzeugen, sondern auch durch die Anordnung des Höhen- und Seitensteuers

hinter den Tragflächen und durch den vorn am Rumpf sitzenden Motor mit Zug-Propeller. Diese Konfiguration ist seither in der Regel bei den Flugzeugen üblich.

1910 hielt die ‚Bleriot XI‘ die Weltrekord-



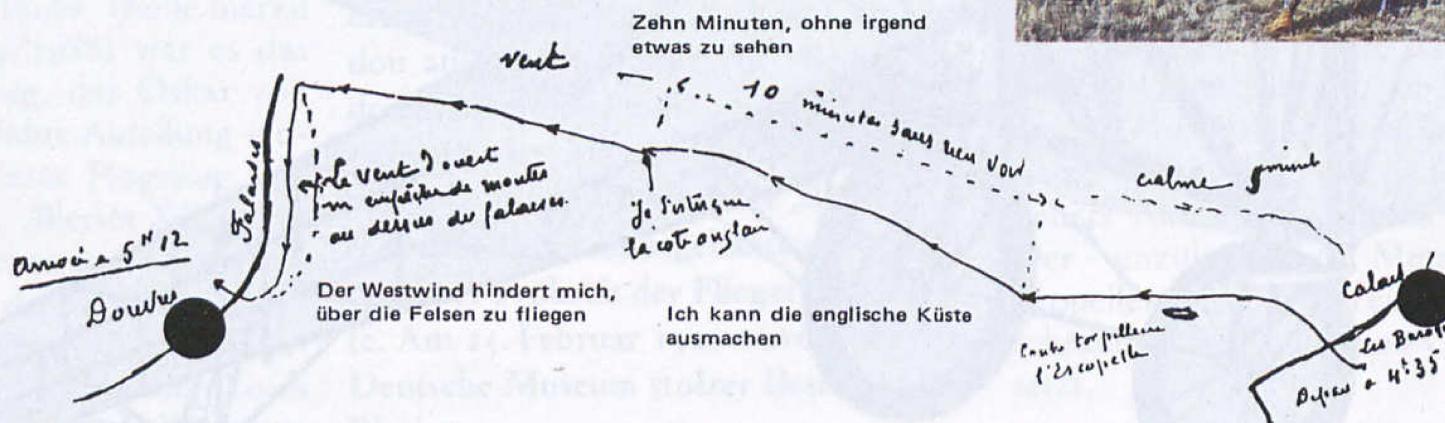
Paul Gans-Fabrice, der Stifter des Bleriot-Flugzeugs im Deutschen Museum.

de für Flughöhe, Entfernung, Geschwindigkeit und Flugdauer und dokumentierte überzeugend ihre Überlegenheit gegenüber anderen zeitgenössischen Konstruktionen. Charakteristisch war überdies der 3-Zylinder Anzani-, 'Fächer'-Motor. In dieser Version wurden auch die ersten Serien-Bleriotics ausgerüstet. Auch das Bleriot-Flugzeug des Deutschen Museums besitzt diesen seltenen frühen Anzani-Motor, während spätere Versionen meistens mit leistungsstärkeren Umlauf-Motoren ausgestattet waren.

cher mit einer ballonfreien Flugmaschine ... 10 Minuten lang ununterbrochen schwebt resp. fliegt ...“ Der Preis galt vom 1. Mai 1908 bis zum 1. Mai 1909, wurde aber von keinem gewonnen. Weiterhin schlug Gans-Fabrice der Stadt München vor, eine 'Internationale Luftschiffahrts-Ausstellung' zu veranstalten. Nach Ablehnung durch den Münchner Magistrat wandte er sich im November 1908 an die Stadt Frankfurt, deren Oberbürgermeister Dr. Adickes den Vorschlag aufgriff. Und tatsächlich konnte im Juli 1909 die in Deutschland erste



Die Flugroute Louis Bleriotics von Calais nach Dover in seiner handschriftlichen Aufzeichnung (mit Ergänzung der Übersetzung). Ohne Kompaß oder andere Navigationsinstrumente navigierte Bleriot ganz nach Gefühl.



Paul Gans-Fabrice

Der Stifter des für das Deutsche Museum überaus interessanten Flugzeugs war der in Grainau bei Garmisch lebende Privatgelehrte Dr. Paul Gans-Fabrice (1866–1915). Paul Gans-Fabrice zählte zu den 'grauen Eminenzen' der Anfangszeit der Fliegerei. Sein bedeutender Einfluß auf die Luftfahrt-Entwicklung in Deutschland blieb jedoch weitgehend unbekannt. Die Gründe dürften darin liegen, daß er weder spektakuläre Flüge oder Flugversuche durchführte noch als Flugzeugfabrikant erfolgreich war. Stattdessen wirkte er im Hintergrund durch administrative Aufgaben und verschiedene Anregungen, die er auch finanziell unterstützte. So war er unter anderem 'Membre fondateur' des 'Aeroclub de France' und Beisitzer im 'Kartell der Deutschen Flug-Vereine' (Deutscher Fliegerbund).

1908 bildete Gans-Fabrice im 'Bayerischen Automobil-Klub' – er war auch begeisterter Automobilist und gewann 1896 das Autorennen Marseille–Nizza – eine Abteilung 'Flugtechnik'. Er stiftete zudem einen Preis von 10000 Mark für einen internationalen Flugwettbewerb: „Gewinner des Preises ist derjenige, wel-

cher mit einer ballonfreien Flugmaschine ... 10 Minuten lang ununterbrochen schwebt resp. fliegt ...“ Der Preis galt vom 1. Mai 1908 bis zum 1. Mai 1909, wurde aber von keinem gewonnen. Weiterhin schlug Gans-Fabrice der Stadt München vor, eine 'Internationale Luftschiffahrts-Ausstellung' zu veranstalten. Nach Ablehnung durch den Münchner Magistrat wandte er sich im November 1908 an die Stadt Frankfurt, deren Oberbürgermeister Dr. Adickes den Vorschlag aufgriff. Und tatsächlich konnte im Juli 1909 die in Deutschland erste

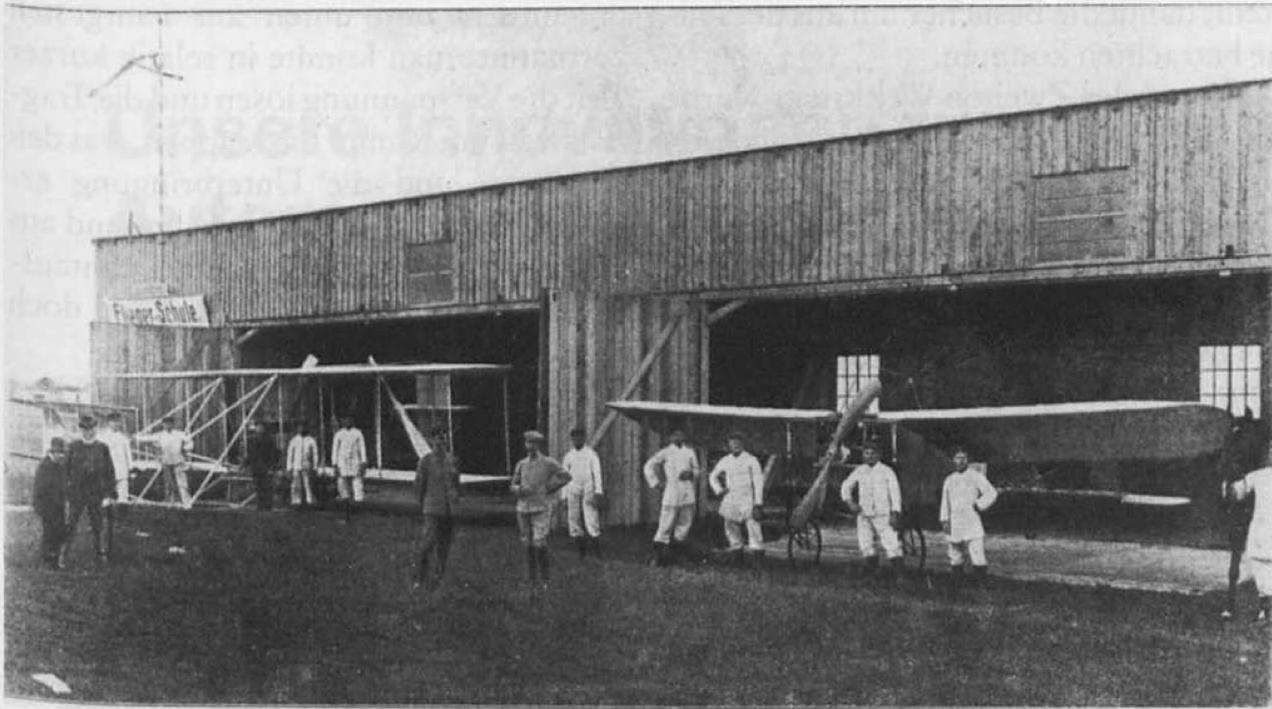
„ILA', die 'Internationale Luftschiffahrts-Ausstellung', in Frankfurt eröffnet werden. Gans-Fabrice fungierte als technischer Beirat. Wiederum schrieb er einen Preis von 10000 Mark aus: „Gewinner des Preises ist derjenige, welcher am öftesten während der Ausstellung daselbst Flüge von mehr als 5 Minuten, darunter einen von mindestens 10 Minuten ausgeführt hat.“ Neben einen Wright-Doppeldecker stellte Gans-Fabrice auch eine Eigenkonstruktion aus, eine Kombination zwischen Eindecker und Schwingenflugapparat mit einem 6 PS-Motor als Antrieb. Die Zeitschrift 'Der Motorwagen' kommentierte die Konstruktion: „Halb verborgen, in einer Ecke dieses Raumes steht der Gans-Fabricesche Apparat, ein phantastisch, wie ein Fabeltier aussehendes Mittelding zwischen Schwingen- und Drachenflieger, das seine Probe noch zu bestehen hat.“ Der Apparat war erfolglos wie alle Schwingenflieger. Auch an einem Luftschiff-Projekt war Gans-Fabrice beteiligt: er finanzierte 1910 zum großen Teil eine transatlantische Flugexpedition, die mit dem Luftschiff 'Suchard' den Atlantik überqueren sollte. Das 76 Meter lange Luftschiff wurde auch von der Fa. Riedinger in

Augsburg tatsächlich gebaut und zu seinem Startplatz nach Santa Cruz auf Teneriffa gebracht. Die beabsichtigte Atlantiküberquerung – mit Gans-Fabrice als Teilnehmer – fand jedoch nicht statt.

Erste bayerische Fliegerschule

Für Bayern und speziell für den Münchner Raum liegen Gans-Fabrices Verdienste vor allem in der Gründung der ersten bayerischen Fliegerschule. Im März 1910 machte Gans-Fabrice dem Königlich Bayerischen Kriegsministerium folgenden Vorschlag: „Ich brauche baldmöglichst einen Flugplatz, sowohl für meine Flieger, wie für die Ausbildung anderer Personen im Fluge. Wenn mir nun die Heeres-Verwaltung dicht am oder auf dem Oberwiesenfeld, das sich für Flüge vorzüglich eignet, einen Platz von ca. 60 m auf 20 m leihweise zur Verfügung stellt, um auf demselben 3 Schuppen und 1 Reparatur-Werkstätte aufstellen zu können und wenn mir gestattet wird, die Flüge, wie oben erwähnt, durchzuführen, natürlich ohne die Truppenübungen zu behindern, so stelle ich dafür der Heeres-Verwaltung 2 oder mehr Flugappara-

Die Bayerische Fliegerschule des Paul Gans-Fabrice auf dem Oberwiesenfeld. Zu sehen ist ein Teil der Schuppenanlage mit einem Wright-Doppeldecker und einer ‚Bleriot XI‘.



Bayerische Fliegerschule

Telephon Nr. 14066

München, Oberwiesenfeld

Telephon Nr. 14066

Flugunterricht auf Ein- und Zweideckern. — **Bau von Flugmaschinen** nach Angaben der Besteller bzw. Erfinder. — Anfertigung von **Ersatzteilen** für Flugmaschinen jeder Art nach Zeichnung oder Modell. — Verkauf von Propellern, Materialien und Werkzeugen.

Günstigste Bedingungen, billigste Preise, schnellste Lieferung.

Zeitungsannonce der Bayerischen Fliegerschule aus dem Jahr 1911.

te mit einem Lehrer kostenlos zur Verfügung.“ Schon im Juni 1910 unterzeichnete Generalleutnant von Brug, Inspektor des Ingenieurkorps und der Festungen, einen Vertrag mit Dr. Gans-Fabrice, in dem dieser sich bereit erklärt, „der Inspektion zur Ausbildung von Offizieren 2 oder mehr Flugzeuge nebst Lehrer kostenlos zur Verfügung zu stellen“. Und noch im gleichen Monat nahm die ‚Bayerische Fliegerschule‘ des Dr. Gans-Fabrice ihren Lehrbetrieb auf.

Der Flugzeugpark bestand zunächst aus drei ‚Bleriot XI‘-Flugzeugen, von denen eines Gustav Otto gehörte, dem Inhaber der ‚Gustav-Otto-Flugmaschinenwerke‘ und Sohn von Nikolaus August Otto, dem Erfinder des Viertaktmotors.

Bis in diese Fliegerschule jedenfalls läßt sich der Weg der ‚Bleriot XI‘, die heute im Deutschen Museum steht, zurückverfolgen. Wann und unter welchen Umständen Gans-Fabrice sie erworben hatte, bleibt jedoch ungewiß. Neben der Möglichkeit, daß Gans-Fabrice seine beiden Bleriot direkt aus Frankreich bezogen hatte, wäre auch denkbar, daß sie über Gustav Otto geliefert wurden. Denn Otto hatte damals eine Vertretung

für Bleriot-Apparate – „Mr. Bleriot, Paris, gibt sich die Ehre, Ihnen mitzuteilen, daß er das Monopol seines weltberühmten Aeroplans für Bayern dem höflichsten Unterzeichneten übertragen hat...“.

Gustav Otto war übrigens auch der erste, der dem Münchner Publikum einen Original-Bleriot-Flugapparat vorstellen konnte: Die ‚Deutsche Zeitschrift für Luftschiffahrt‘ schrieb darüber: „Herr Gustav Otto, München, war einer der ersten, welcher durch Übernahme des Bleriot-Monopols für Deutschland und der Ausstellung seines Bleriot-Eindeckers in der von ihm begründeten bayerischen Autogarage bahnbrechend für das Flugwesen eintrat. Dies war im Jahre 1910, die Ausstellung des Bleriot-Apparates zog unzählige Fach- und Sportleute herbei, der Apparat wurde von hohen Beamten und Angehörigen des kgl. Hauses besichtigt, u. a. durch den Besuch des Ministers von Frauendorfer und Sr. Königl. Hoheit des Prinzen Ludwig von Bayern beehrt.“

Die ‚Bayerische Fliegerschule‘ hatte Mitte 1911 bereits einen Flugzeugbestand von unter anderem 5 Bleriot-Apparaten mit unterschiedlicher Motor-Bestück-

DIE ‚BLERIOT XI‘

kung. Die Fliegerschule selbst gedieh jedoch nicht so, wie Gans-Fabrice es sich gewünscht hatte. Die Gründe hierfür lagen in der mangelnden Nachfrage von Privat-Interessenten und dem Streben der Militärverwaltung nach einer eigenständigen und unabhängigen Fliegertruppe und Fliegerausbildung. So findet sich in den Akten der Bayerischen Fliegertruppe im September 1911 folgende Notiz: „Die Inspektion strebt an, die Ausbildung der Militärflieger in eigene Hand zu bekommen. Zu diesem Zwecke beantragt sie demnächst beim k. Kriegsministerium die Aufhebung der Vereinbarung mit Dr. Gans.“ Und tatsächlich wurde der Vertrag zum 15. Oktober 1911 gekündigt und die am 1. Januar 1912 offiziell gegründete ‚Kgl. Bay. Fliegertruppe‘ bezog im April 1912 ihre eigene Militärfliegerstation in Oberschleißheim. Aber der Flugzeug-Typenbestand war ohnehin denkbar ungeeignet für einen Ausbildungsbetrieb gewesen. Die zierlich gebaute ‚Bleriot XI‘ war nämlich dem rauen Schulbetrieb in keiner Weise gewachsen gewesen und konnte zudem nur von einer Person geflogen werden. Zu Recht schrieb Ritter von Brug: „... muß ich noch bemerken, daß einsitzige Flugzeuge für Ausbildungszwecke naturgemäß deswegen sich weniger eignen, weil jegliche Einwirkung des Lehrers von dem Moment an aufhört, wo der Apparat zu rollen beginnt, zu einem Zeitpunkt also, wo diese Einwirkung erst recht einsetzen sollte.“ Der Luftschiffer-Abteilung war das Flugzeug hingegen zu wenig robust: „Da die Bleriot-Apparate für die ersten Übungen der Schüler zu leicht gebaut und daher zerbrechlich sind – besonders auch nach einer längeren Abnutzung – so wurden diese Übungen durch vielfache Materialschaden ... sehr häufig in unangenehmer Weise unterbrochen...“

Ein Dokument, das verdeutlicht, daß die Bleriot des Museums, die ja von dieser Fliegerschule stammt, im Laufe ihrer Nutzung doch erheblichen Abnutzungserscheinungen und Beschädigungen ausgesetzt war. Lediglich der robust gebaute, doppelsitzige Doppeldecker der ‚Fa. August Euler‘ schien der Belastung eines Ausbildungsbetriebes in der Bayerischen Fliegerschule zufriedenstellend standzuhalten und ermöglichte eine Unterweisung auch während des Fluges. Letztendlich mußte Gans-Fabrice seine Flie-

gerschule schließen und noch 1911 inserieren: „Bayerische Fliegerschule München-Oberwiesenfeld, Bleriot Flugzeuge mit Anzani- und Gnôme-Motoren und ein Euler-Flugzeug mit Gnôme-Motor, sowie ein guter deutscher 3 Cyl.-Motor äusserst preiswert zu verkaufen.“

Bereits am 24. Oktober 1911 wandte sich Oskar von Miller mit dem Anliegen an Gans-Fabrice, daß „ein Original Bleriot Apparat für unser Museum von besonderem Interesse wäre“, und er erinnert ihn: „nachdem Sie gelegentlich des letzten Begrüßungs-Abends im alten Rathaus-saale Ihre Bereitwilligkeit ausgesprochen haben, unserem Museum einen der ersten Flugapparate zu stiften.“ Hauptmann Hiller vom Luftschiffer-Bataillon fungierte sodann als Vermittler bei der Übergabe des Bleriot-Flugzeugs. Das Luftschiffer-Bataillon hatte nach der Stilllegung der Fliegerschule mindestens eine Bleriot übernommen und stellte nun auch im Auftrage Gans-Fabrices den Eindecker dem Deutschen Museum zu. Abschließend schrieb Oskar von Miller an den Stifter Gans-Fabrice: „Von Herrn Hauptmann Hiller vom Kgl. Luftschiffer Bataillon erhielten wir die Mitteilung, daß Sie die Güte hatten, einen Original-Bleriot-Eindecker unserem Museum zu überweisen und haben wir inzwischen den Apparat erhalten und in unseren Sammlungen bereits aufgestellt.“

Die Bleriot im Deutschen Museum

Offiziell wurde der 25. Februar 1912 als Eingangsdatum der Bleriot ins Museum registriert, die die Inventarnummer 34465 erhielt. Damals wurde die ‚Bleriot XI‘ noch immer produziert, und Oskar von Miller konnte somit dem Publikum eine „aktuelle“ Flugzeugkonstruktion zeigen. Insgesamt wurden die Bleriotics von Juli 1909 bis August 1914 in über 800 Exemplaren hergestellt, die meisten davon als ‚Bleriot XI‘-Versionen. Es war damit das über die längste Zeit hinweg gebaute Flugzeug aus der Pionierzeit der Fliegerei: also aus der Zeit vor dem 1. Weltkrieg. Allein diese Tatsache unterstreicht die historische Bedeutung der Bleriot in den Sammlungen des Deutschen Museums. Anfang 1921 wurde der Anzani-Motor aus der an der Decke hängenden Maschine ausgebaut und durch eine Holzattrappe ersetzt. Der Motor wurde nun am Boden ausge-

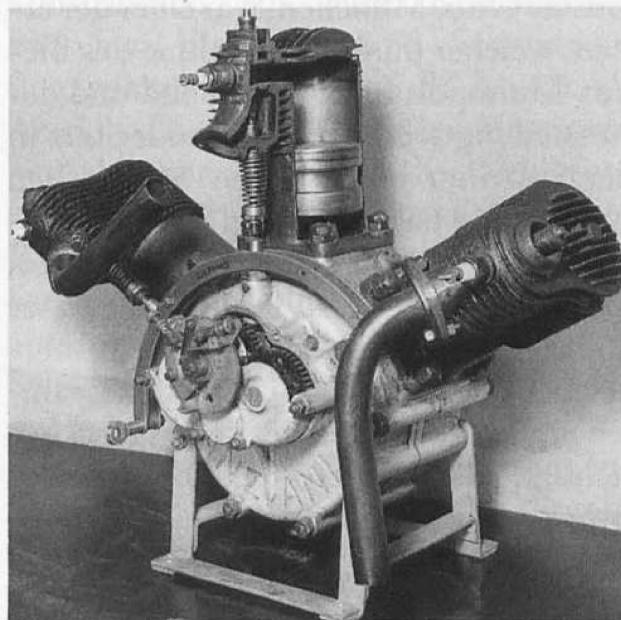
stellt, damit die Besucher ihn aus der Nähe betrachten konnten.

Während des Zweiten Weltkriegs wurde die ‚Bleriot XI‘ zusammen mit anderen Flugzeugen der Ausstellung in einem Depotraum im Keller des Deutschen Museums sicher verwahrt. Sie überstand den Krieg dort relativ unbeschadet. Eine Flugzeug-Schadensliste vermerkte lediglich: „Flächen reparaturbedürftig ca. 5%.“

Mit der Restaurierung wurde im Februar 1956 begonnen. Die Schäden wurden ausgebessert, die Grundstruktur des Rumpfes und der Tragflächen blieb unberührt; die Bespannung wurde allerdings erneuert. Da die Gummireifen des Fahrwerks mürbe und porös geworden waren, sah man sich gezwungen, ‚Gummireifen‘ aus Holz anzufertigen und schwarz anzumalen.

Nach ihrer Instandsetzung kam die Bleriot mit Eröffnung der Luftfahrtabteilung 1958 wieder in die Ausstellung zurück. Im Rahmen der Neugestaltung und Erweiterung der Luftfahrtabteilung 1984 wurde sie dann zwar umgehängt, jedoch in der ‚alten‘ Luftfahrrhalle belassen. Der Anzani-Motor wurde in die Ausstellung der ‚Flugantriebe‘ eingegliedert, wo er die Anfangszeit der Flugmotoren-Technik vertritt.

Mit der ‚Bleriot XI‘ besitzt das Deutsche Museum ein Flugzeug, das neben dem historischen Aspekt auch eine für ihre Zeit sehr fortschrittliche Konstruktion dokumentiert: Der Grundriß der Tragflächen strebt bereits eine Ellipse an; die Tragflächen waren oben an einem



Der 3-Zylinder-Fächermotor – er leistete rund 25 PS – von Alessandro Anzani in der Ausstellung des Deutschen Museums.

Spannturm und unten am Fahrgestell verspannt; man konnte in relativ kurzer Zeit die Verspannung lösen und die Tragflächen zum Rumpf hin klappen, was den Transport und die Unterbringung erleichterte; die Flugzeugzelle bestand aus einem Holzgitter-Rumpf mit Drahtauskreuzung, das sehr leicht war und doch eine hohe Festigkeit besaß.

Der kleine Anzani-Motor war das Herz dieses kleinen Flugzeuges. Obwohl „bei jedem Kolbenhub Öl aus den Löchern spritzte und sich in einer dünnen schmierigen Schicht über dem Piloten verteilte, so daß es vom Flieger einiges an Gleichmut und Ausdauer verlangte, mit diesem elenden Motor weiterzufliegen“, wie sich Bleriotics Mechaniker Collin erinnerte, hatte der Motor einen versöhnlichen Vorteil: er war kleiner und leichter und lief zuverlässiger als andere. Bleriot konnte die Flugzeit mit diesem Motor von zunächst fünf Minuten auf schließlich eine halbe Stunde steigern. Zeit genug, um Überlandflüge wagen zu können. Bleriotics Eindecker-Konzeption setzte sich – obwohl die nächste Generation der Militärflugzeuge des Ersten Weltkriegs mit Doppeldecker-Versionen dominierte – immer mehr durch und entspricht heute der Regel-Ausführung von Flugzeugen. □

Hinweise zum Weiterlesen:

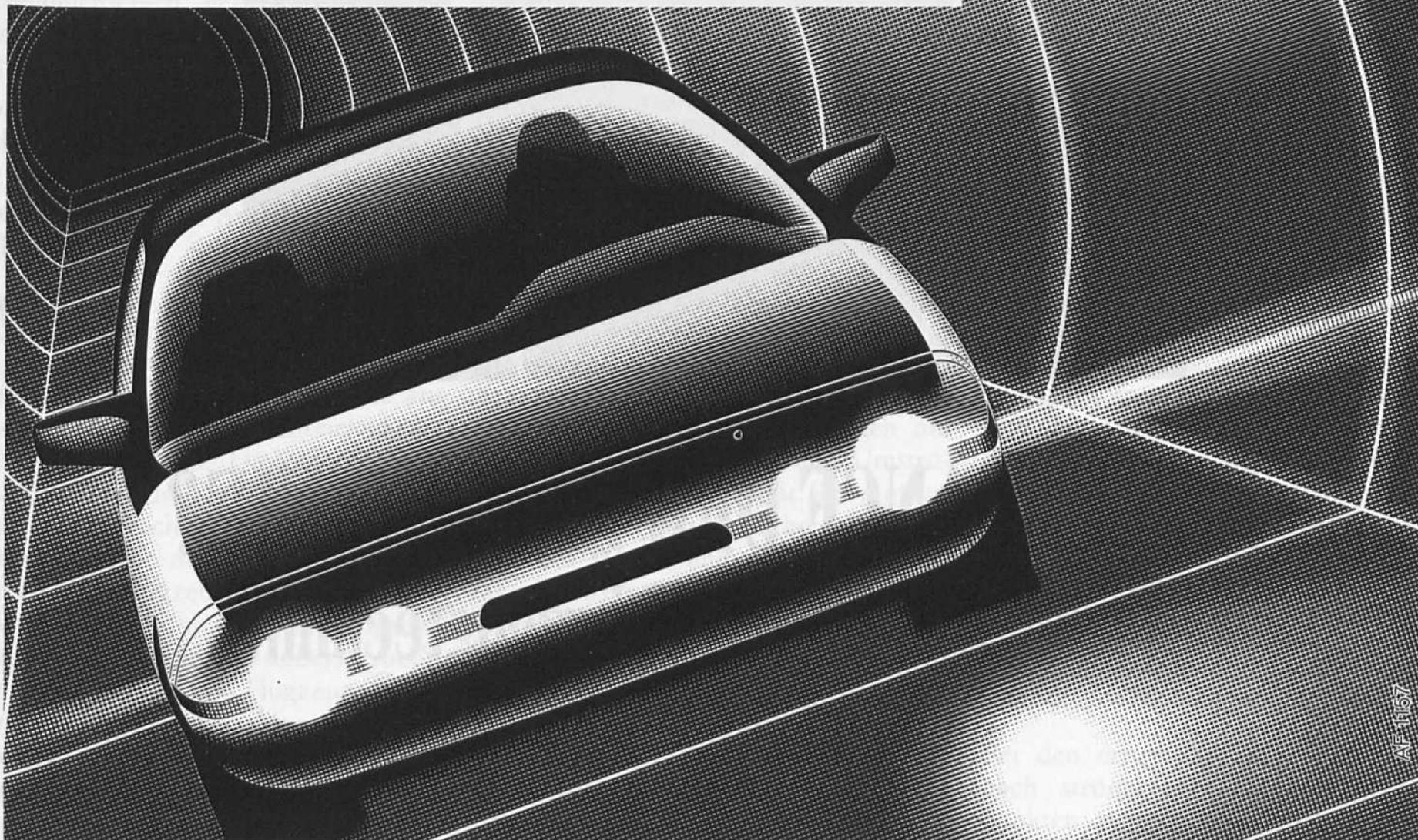
- Tom D. Crouch: Bleriot XI – The Story of a Classic Aircraft. Washington 1982.
- Charles H. Gibbs-Smith: The Invention of the Aeroplane (1799–1909). London 1966.
- Peter Pletschacher: Die Königlichen Bayerischen Fliegertruppen 1912–1919. Stuttgart 1978.
- Curtis Prendergast: Pioniere der Luftfahrt. Amsterdam 1981.

DIE AUTOREN

Dipl.-Ing. (FH) Hans Holzer, geb. 1951, ist Mitarbeiter des Deutschen Museums. Sein Spezialgebiet ist die Frühzeit des Fliegens.

Leonhard Löffler, geb. 1927, Feinmechaniker, war bis Ende 1989 Mitarbeiter des Deutschen Museums, zuletzt in der Exponatsverwaltung und Dokumentation.

Unsere Innovationen für die Automobil-Industrie: der Weg in die Zukunft wird kürzer.



Fortschritt bei der Weiterentwicklung leistungsfähiger Automobile hat klare und zunehmend steigende Forderungen an Fahrleistung, Sicherheit, Wirtschaftlichkeit, Umweltfreundlichkeit, Komfort und Ästhetik zu erfüllen.

Entsprechend anspruchsvoll sind die Aufgaben der Automobil-Industrie: Mit Technologien aus unterschiedlichsten Gebieten müssen zukunftsweisende Lösungen entwickelt werden.

Bei BASF haben wir uns diese Ziele als Maßstab für unsere eigenen Entwicklungs- und Produktleistungen gesetzt. So gelingt es uns, aus der Chemie und angrenzenden Technologien entscheidende Impulse für die Verwirklichung neuer Ideen zu geben. Dies wird in enger Zusammenarbeit mit Automobilherstellern effizient umgesetzt.

Die Ergebnispalette dieser Partnerschaft reicht von deutlich verbesserten Konstruktionslösungen aus Kunststoffen und Weichmachern für die Innenausstattung – beispielsweise Lenkrädern, Türverkleidungen und Armaturentafeln bis hin zu Pedalen, Kraftstoffbehältern, Motoransaugrohren, Blattfedern,

Kardanwellen und großflächigen Karosserieteilen.

Und neue Lackiersysteme schützen vor Korrosion und entlasten die Umwelt: Der Lösungsmittelanteil wurde wesentlich gesenkt.

Brillante und farbstarke Pigmente erfüllen höchste Qualitätsanforderungen.

Mit diesen – und vielen anderen Leistungen sind wir für unsere Kunden weltweit zu einem attraktiven Partner bei der Suche nach neuen Lösungen geworden.

Wir setzen unser Know-how dafür ein, mit ganzheitlicher Betrachtung von Problemfeldern in unterschiedlichen Branchen und Märkten innovative Impulse für den Fortschritt zu geben.

BASF Aktiengesellschaft · D-6700 Ludwigshafen

Menschen mit Verantwortung.

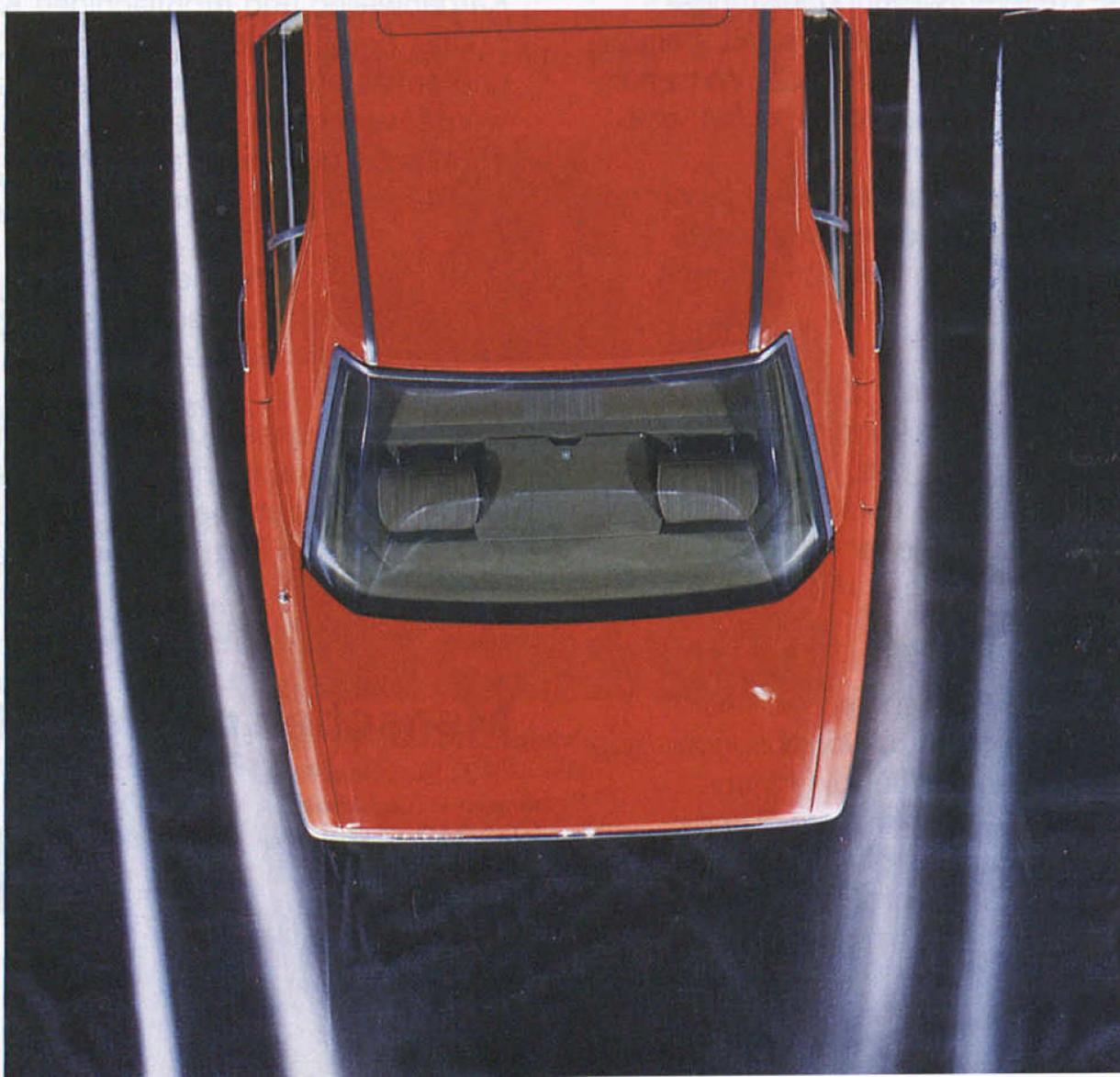
BASF



RENAISSANCE DER STROMLINIE?

Aerodynamik und Fahrzeugtechnik im Widerstreit

Wolf-Heinrich Hucho



Nahezu im Gewicht einer magischen Größe entscheidet der c_w -Wert heute maßgeblich über den Markterfolg von Automobiltypen, gehören die Resultate aus den Windkanalmessungen zu den wichtigsten Verkaufsargumenten überhaupt. Was zunächst mit ‚Torpedos auf Rädern‘ und Tropfenformen begann – denen technisch wie stilistisch wenig Erfolg beschieden war –, führte rasch zum Stromlinienwagen, der in der neueren Automobiltechnik eine beachtliche Renaissance erfährt. Nicht immer aber standen Aerodynamik und Konstruktionstechnik im Einklang, nicht jede Designlinie diente wirklich d' - besseren Aerodynamik. Und welche Aufgaben stellt die Zukunft?

Aerodynamik und Automobiltechnik taten sich lange Zeit recht schwer miteinander. Eine Synthese aus beiden gelang erst nach zahlreichen vergeblichen Anläufen. Dieses zögerliche Zusammenwachsen ist um so verwunderlicher, als sich in den benachbarten Disziplinen – in der Schiffstechnik und vor allem im Flugzeugbau – die Symbiose von Konstruktion und Strömungsmechanik von Anbeginn als äußerst fruchtbar erwies. Schiffe und Flugzeuge profitierten bei ihrer Entwicklung sehr von ihren Vorbildern in der Natur, von den Fischen und den Vögeln. Dem Automobil aber fehlte ein derartiges Pendant. Also suchten seine Konstrukteure nach Anleihen bei den Verkehrsmitteln zu Wasser und in der Luft. Dabei übersahen sie nur zu oft die ganz anders gelagerten physikalischen Gegebenheiten; das Scheitern war vorprogrammiert.

Eine weitere Ursache für die sich wiederholenden Mißerfolge der Aerodynamik im Automobilbau liegt überdies darin, daß sie wohl „viel zu früh gestartet“ wurde. Wegen der schlechten Straßen waren die ersten, nur schwach motorisierten Automobile sehr langsam; Stromlinienkarossen mußten da geradezu absurd wirken. Der Schutz der Insassen vor Wind, Regen und Staub ließ sich auch mit den Bauformen der Kutsche gewährleisten. Das Vorurteil aber, daß strömungsgünstige Formen etwas für spleenige Sonderlinge seien, hielt sich auch dann noch, als es aus technischen und ökonomischen Gründen dringend geboten war, die Vorzüge der Aerodynamik zu nutzen.

c_w kleiner als . . .

Im Brennpunkt des Interesses an der Fahrzeugaerodynamik steht der Luftwiderstand, der fast schon zum Synonym für die ganze Disziplin geworden ist. Und tatsächlich kann man ihm kaum seine Funktion als eine Art ‚Leitgröße‘ absprechen, vergleichbar dem Verdichtungsverhältnis im Motorenbau. Die Fahrleistungen wie Höchstgeschwindigkeit und Verbrauch hängen unmittelbar vom Luftwiderstand ab; sie sind – leider noch immer in dieser Rangordnung – kaufentscheidende Produktmerkmale. Und der c_w -Wert ist eine schöne, griffige Zahl. Mit ihr läßt sich selbst dann noch trefflich werben, wenn niemand so ganz genau weiß, was sich dahinter wirklich verbirgt.

Darüber darf aber nicht vergessen werden, daß die Aerodynamik viel mehr umfaßt: sie ist für die Richtungsstabilität des Autos maßgeblich; Geradeauslauf, Eigenlenkverhalten und Reaktionen auf Seitenwind werden von der Umströmung wesentlich beeinflusst. Sie trägt zur Funktion der Aggregate bei; die Kühlung des Motors und der Bremsen verlangt nach einer sorgfältig abgestimmten Durchströmung der Karosserie. Schließlich sorgt die Aerodynamik ebenso für die Fahrsicherheit wie für den Komfort; Scheiben und Leuchten müssen mit strömungstechnischen Tricks von Wasser und Schmutz freigehalten werden; ein behagliches Innenklima und niedrige

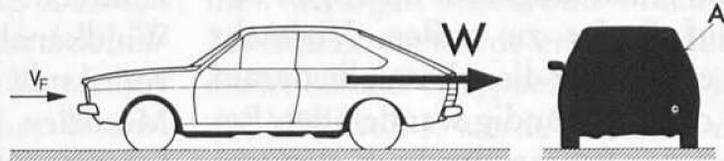
Windgeräusche fördern das Wohlbefinden der Insassen.

Die Akzente werden bei der aerodynamischen Auslegung in den einzelnen Fahrzeug-Kategorien sehr unterschiedlich gesetzt. Beim Nutzfahrzeug steht die Wirtschaftlichkeit im Vordergrund; Entwicklungsziel ist ein Kubus mit minimalem Luftwiderstand. Bei Rennwagen wurde lange Zeit nur auf hohe Spitzengeschwindigkeit geachtet; widerstandsarme Formen waren hier gefragt. Dann aber erkannte man, daß Rennen vor allem in den Kurven gewonnen werden, daß also, je nach Rennstrecke, ein hoher negativer Auftrieb selbst bei Inkaufnahme eines höheren Widerstandes sehr hilfreich sein kann. Besonders gefordert werden die Aerodynamiker indes – und das mag erstaunen – bei der Konstruktion von Sport- und Personenwagen. Vor allem bei ihnen sind sämtliche Zielgrößen gleichzeitig zu realisieren. Und das bei einem ansprechenden Design! Deshalb soll hier die Entwicklung der Aerodynamik auch vornehmlich am Beispiel des Personenwagens nachgezeichnet werden; ohne dabei zu vergessen, wie sehr dieser von den Lastwagen, Bussen und Rennwagen aller Art profitieren konnte.

Torpedos auf Rädern

Bei den ersten Versuchen, Fahrzeuge nach strömungstechnischen Gesichtspunkten zu gestalten, orientierte man

Bei gegebener Fahrgeschwindigkeit hängt der Luftwiderstand eines Autos von zwei Faktoren ab: einmal von der Größe, die durch die Stirnfläche gut charakterisiert ist; und zum zweiten von der aerodynamischen Qualität der Form, die durch den dimensionslosen Widerstandsbeiwert c_w gekennzeichnet wird.

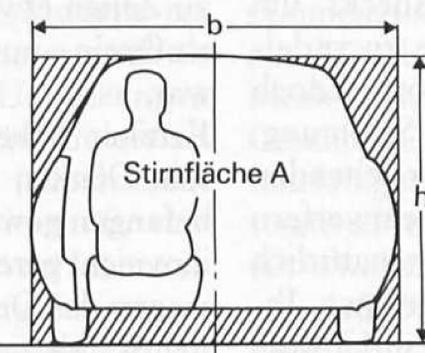


$$W = c_w \cdot A \cdot \frac{\rho}{2} v_F^2$$

$$c_w = \frac{W}{A \cdot \frac{\rho}{2} v_F^2}$$

$$P_w = W \cdot v_F = c_w \cdot A \cdot \frac{\rho}{2} v_F^3$$

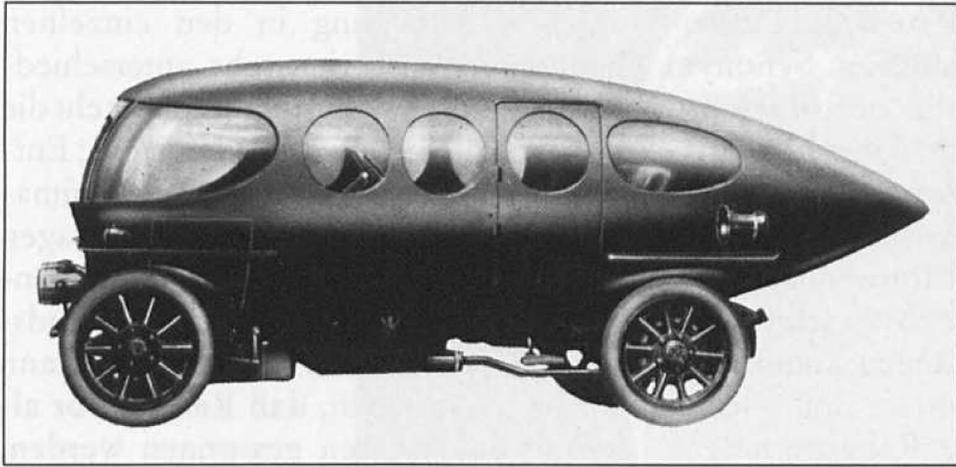
W = Luftwiderstand
 c_w = Luftwiderstands-Beiwert
A = Fahrzeug-Projektionsfläche
 ρ = Luftdichte
 v_F = Fahrgeschwindigkeit
 P_w = Luftwiderstandsleistung



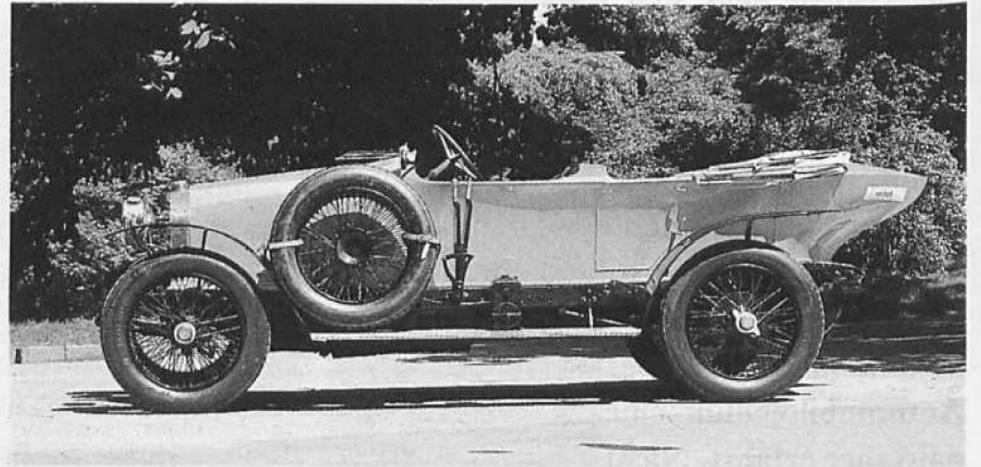
	Stirnfläche A [m ²]
Kleinwagen	1,8
Untere Mittelklasse	1,9
Obere Mittelklasse	2,0
Oberklasse	2,1

$A \approx 0,81 \cdot (b \cdot h)$

Dem Alfa-Romeo, den sich Graf Ricotti 1913 karossieren ließ, diente das Luftschiff als Vorbild. Chassis und Fahrwerk waren völlig unverkleidet. (Bild und Exponat: Museum Alfa-Romeo, Arese)



Den Audi-Alpensieger von 1913 zierte ein schnittiges Bootsheck, das strömungstechnisch jedoch ganz unwirksam war. (Bild und Exponat: Deutsches Museum)



sich an Formen, die sich im klassischen Schiffbau und im noch jungen Luftschiffbau bewährt hatten; man übernahm diese fast unbesehen. Es entstanden Torpedos und Zeppeline auf Rädern. Zweifellos hatten diese Autos einen viel niedrigeren Luftwiderstand als ihre kutschenförmigen Konkurrenten. Strömungsmechanisch waren sie jedoch keineswegs so perfekt, wie ihre Formen suggerierten. So blieb etwa unberücksichtigt, daß die Strömung um einen Rotationskörper ihre Achssymmetrie und damit ihre Verlustarmut verliert, wenn der Körper in Bodennähe gebracht wird. Und das freiliegende Fahrwerk trug das seine dazu bei, die Strömung empfindlich zu stören. Vom Erscheinungsbild der zeitgenössischen Wagen wichen diese Vehikel derart radikal ab, daß sie nur Kopfschütteln hervorriefen. Schon an diesem Beispiel wird deutlich: es war und ist nicht Aufgabe der Automobil-Aerodynamik, einen möglichst niedrigen c_w -Wert auf Räder zu stellen. Vielmehr kommt es auch für diese Disziplin darauf an, auf die sich ständig wandelnden Bedürfnisse der Fahrzeugtechnik einzugehen.

Mancher Konstrukteur erlag schon damals der Versuchung, mit Merkmalen der Aerodynamik Technik nur vorzutäuschen, diese also für Zwecke des Stylings zu mißbrauchen. So bediente man sich des spitz auslaufenden Bootshecks, um Autos ein schnelles Aussehen zu verleihen. Physikalisch war diese Form jedoch völlig unwirksam. Denn die Strömung, die am kantigen Bug, an vorstehenden Kotflügeln und riesigen Scheinwerfern abgelöst war, ließ sich damit natürlich nicht wieder zum Anliegen bringen. Ihren Höhepunkt erreichte diese Unsitte, stilistische Kuriositäten mit aerodynami-

schon Argumenten zu rechtfertigen, mit den abenteuerlichen Heckflossen der amerikanischen Autos der fünfziger Jahre. Aber auch heute ist man keineswegs frei davon, wie der eine oder andere Spoiler beweist.

Der Tropfenwagen

War dieser erste Abschnitt der Fahrzeug-aerodynamik eher durch Einzelergebnisse gekennzeichnet, so setzte nach dem Ersten Weltkrieg eine regelrechte Entwicklung ein. Auf der Suche nach neuen Betätigungsfeldern wandten sich Flugzeugingenieure der Automobiltechnik zu. Edmund Rumpler – durch sein erfolgreiches Flugzeug ‚Rumpler-Taube‘ zu Ruhm gekommen – entwickelte ab 1919 den ‚Tropfenwagen‘. Der Körper dieses Autos bildete ein senkrecht stehendes, symmetrisches Profil, auf das, je nach Bauform, ein zweites, ebenfalls senkrecht stehendes aufgesetzt wurde. Windkanalmessungen, die unter Leitung von Ludwig Prandtl in Göttingen an Modellen im Maßstab 1:7,5 durchgeführt wurden, lieferten gute Resultate: der Luftwiderstand lag um die Hälfte unter dem der herkömmlichen Limousinen. Besonders stellte Rumpler in der Werbung heraus, daß sein Wagen wegen der sauberen Umströmung kaum Staub aufwirbelte, ein Vorzug, der offenbar schon zu Zeiten etwas galt, als das Umweltbewußtsein noch nicht so ausgeprägt war.

Kritiker haben Rumpler vorgeworfen, sein Denken sei im Zweidimensionalen befangen gewesen. Aber damit wird man ihm nicht gerecht. Als 1979 der Rumplerwagen des Deutschen Museums im großen Windkanal der Volkswagen AG vermessen wurde – trotz freistehender

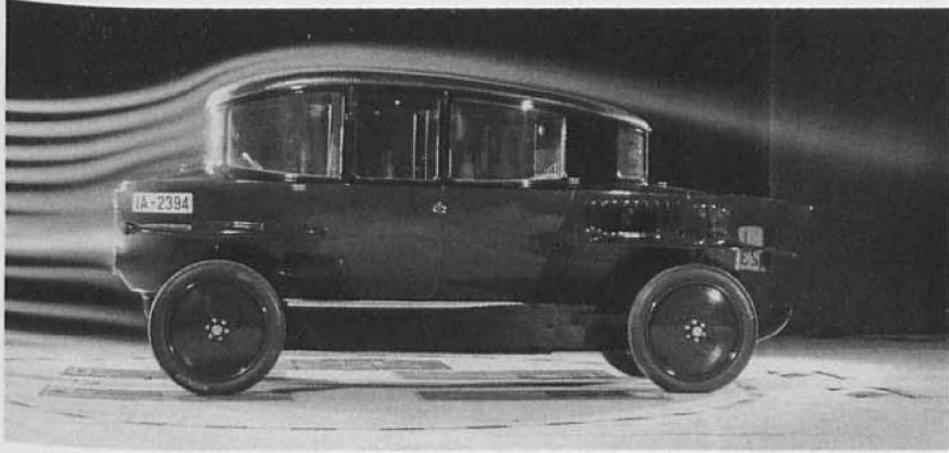
Räder ergab sich mit $c_w = 0,28$ ein Spitzenwert, der bis heute nur von wenigen Autos erreicht wird –, zeigte sich bei Rauchaufnahmen, daß Rumpler den dreidimensionalen Charakter der Strömung sehr wohl erfaßt hatte. Nicht nur die seitliche Umströmung seines Wagens ist sauber; auch das gewölbte Dach und der glatte Unterboden weisen eine gesunde, anliegende Strömung auf. Dieser Disput war indes geradezu typisch für die frühe Fahrzeug-aerodynamik: Die Puristen wurden nicht müde, hervorzuheben, wie weit ein Modell noch vom Optimum entfernt ist, statt den Fortschritt gegenüber dem Stand der Technik anzuerkennen.

Aber selbst Rumpler konnte nicht aus seiner Haut. Als echter Flugzeugbauer paßte er die konstruktive Gestaltung seines Autos – heute würde man ‚Packaging‘ sagen – der Aerodynamik an, ja ordnete sie ihr unter. Die Fahrgastzelle legte er in den Bereich der größten Profildicke des Aufbaus, also weit nach vorn. Motor und Getriebe ordnete er im spitz auslaufenden Heck an. Ein Erfolg war diesem Auto nicht beschieden; als Automobilfabrikant scheiterte Rumpler kläglich – allerdings wohl kaum allein an der Aerodynamik. Rumplers zweifelsohne wegweisende Konstruktionen waren so wenig ausgereift, daß schon allein die daraus folgenden Qualitätsmängel für das Desaster ausgereicht hätten.

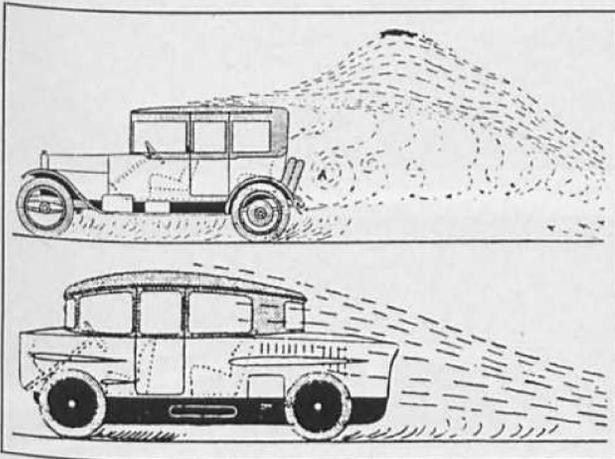
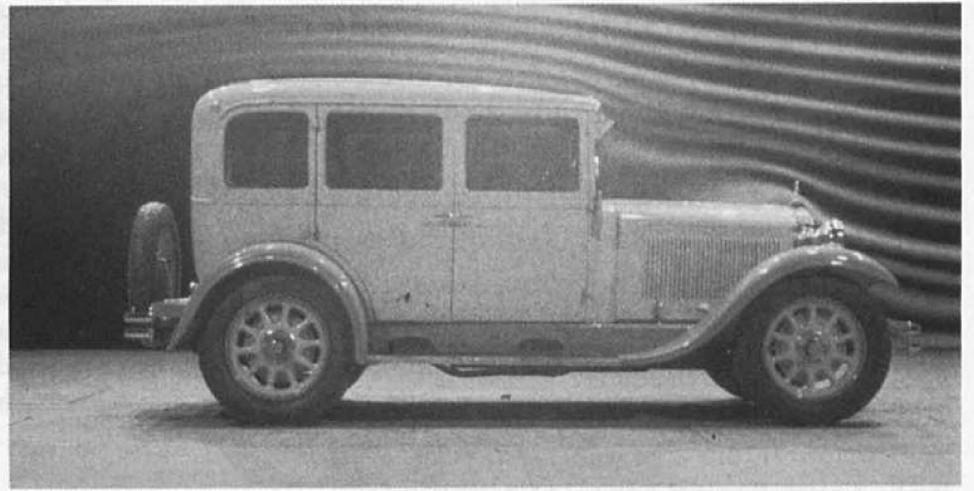
Die Stromlinie

Etwa zur gleichen Zeit wie Rumpler begann Paul Jaray mit einer Entwicklung, die den ‚Stromlinienwagen‘ zum Ziel hatte. Zum Ausgangspunkt seiner experimentellen Untersuchungen, die er zusammen mit W. Klemperer bei Zeppelin

Das im großen Windkanal der Volkswagen AG aufgenommene Rauchfoto vom Rumpeler-Tropfenwagen aus dem Jahr 1924 offenbart, daß Rumpeler sehr wohl den dreidimensionalen Charakter der Strömung um ein Auto erfaßt hatte. (Bild: Volkswagen AG; Exponat: Deutsches Museum)



Der Typ 260 Stuttgart von Mercedes-Benz, Baujahr 1928, zeigt, welche Automobilformen damals in Mode waren. Auf die Aerodynamik nahmen diese noch immer sehr kutschenähnlichen Vehikel jedoch keine Rücksicht. (Foto und Exponat: Daimler-Benz AG)



Fahrzeugaerodynamik hat mehr als nur den Luftwiderstand zum Thema. Schon Rumpeler betonte, daß sein strömungsgünstiger Tropfenwagen den gewaltigen Staubschleppen der frühen Automobile ein Ende setzte.

in Friedrichshafen ausführte, wählte Jaray einen ‚spindelförmigen‘ Rotationskörper mit einem Verhältnis von Länge zu Durchmesser von etwa fünf. Für diesen ergab sich im Freiflug, also hoch über dem Boden, ein Widerstandsbeiwert von $c_w = 0,045$. Diesen Körper brachte er nun schrittweise dem Boden näher. Dabei nahm dessen Widerstand zu, zunächst langsam, dann aber, bei einem fahrzeuggerechten Bodenabstand, sehr steil. Jaray erkannte, daß für diesen Widerstandsanstieg der Verlust der Rotationssymmetrie der Strömung verantwortlich war. Es stellte sich eine ausgeprägte Ablösung auf der Oberseite des Hecks ein, die einen hohen Druckwiderstand zur Folge hatte. Für den Grenzfall ‚Bodenabstand gleich Null‘ ließ sich die Rotationssymmetrie des Strömungsverlaufs jedoch zurückgewinnen, wenn die Spindel durch einen parallel zum Boden geschnittenen Halbkörper ersetzt wurde. Hob man nun diesen so weit an, wie für eine verkehrstaugliche Bodenfreiheit erforderlich, so konnte durch Verrunden der scharfen Schnittkante – vor allem am Bug – der Luftwiderstand vergleichsweise

se niedrig gehalten werden: $c_w = 0,09$. Durch das Hinzufügen der Räder stieg der c_w -Wert auf $0,15$. Er lag damit zwar dreimal so hoch wie der des freifliegenden Ausgangskörpers; aber im Vergleich zu den Autos jener Tage, die mit $c_w = 0,7$ aufwarteten, war das dennoch eine Traumzahl. Und das ist sie bis heute geblieben.

In einer Reihe von Schritten leitete Jaray aus diesem Halbkörper sodann Automobilformen ab. Zunächst ging er auf einen rechteckigen Querschnitt über, um einen geräumigen Fahrgastraum zu erhalten. Dann aber nahm er sich des Hecks an, das mit seiner langen, spitz auslaufenden Form für ein Auto völlig untauglich war.

Die Aufgabe der rückwärtigen Partie eines umströmten Körpers besteht ja darin, der Strömung die ablösungsfreie Bewältigung des Druckanstieges zu ermöglichen. Ist der Druckgradient zu steil, gelingt das nicht. Die Strömung löst sich von der Kontur ab, und es bildet sich hinter dem Körper ein breites ‚Totwasser‘ mit niedrigem Druck; ein hoher Widerstand ist die Folge. Jaray glaubte nun, dadurch an Körperlänge sparen zu können, daß er diesen Druckanstieg auf zwei Ebenen verteilte: auf einen horizontalen und einen darauf vertikal aufgesetzten Profilkörper. Das Ergebnis war die ‚Kombinationsform‘.

Nach dieser Idee gebaute Modelle erweisen sich mit $c_w = 0,3$ immer noch als so fortschrittlich, daß eine Umsetzung in die Praxis attraktiv erschien. Anders als Rumpeler traute sich Jaray jedoch nicht zu, selbst Autos zu produzieren. Er vergab vielmehr eine Vielzahl von Lizenzen – und er stritt sich jahrelang mit seinem Rivalen Rumpeler um die Patente. Firmen wie Ley, Dixi, Audi und Chrysler stellten

bereits ab 1923 Prototypen mit Jarayschen Linien vor. Aber sie kamen damit beim Publikum nicht an, trotz der inzwischen mit Stromlinien-Rennwagen erkämpften Siege.

Später wandelte Jaray die Kombinationsform ab. Als Aufsatz auf das Grundprofil wählte er einen halben Rotationskörper. Auch das wurde in Prototypen umgesetzt, wiederum von Audi, aber auch von Mercedes und BMW. Aber einzig mit dem von H. Ledwinka konstruierten Tatra Typ 87 gelang der Durchbruch in die Serie. Mit Beginn des Zweiten Weltkrieges brach die Entwicklung jäh ab. Und nach dem Krieg lebte die Jaray-Form nur scheinbar wieder auf, in zahlreichen Fließheckwagen, die irreführend als ‚Fastback‘, als schnell, ausgehoben wurden. Sie waren, um Länge zu sparen, hinten viel zu steil abgeschrägt. Das führte zu einem zunächst unerklärlichen Widerstandsanstieg, der die Stromlinie in argen Mißkredit brachte. Sein Mechanismus wurde erst sehr viel später entschlüsselt. 1975, bei der Entwicklung des VW Golf I, wurde entdeckt, daß für den hohen Widerstand des ‚Fastbacks‘ ein kräftiges Längswirbelpaar verantwortlich ist. Dieses bildet sich bei einem bestimmten Neigungswinkel des Hecks und induziert dort hohe Unterdrücke.

Nach der gleichen Idee, nämlich ein Auto aus strömungsgünstigen Profilen zusammenzusetzen, entwickelte A. Lange, ein Mitarbeiter von Prandtl, 1938 ein Modell, das als ‚Lange-Wagen‘ in die Geschichte einging, obgleich nie ein fahrfähiges Auto daraus entstand. Lange setzte auf ein horizontal liegendes Profil ein zweites, ebenfalls horizontales, so auf, daß es an der Windschutzscheibe begann und an der Fahrzeughinterkante mit dem unteren Profil zusammenlief.

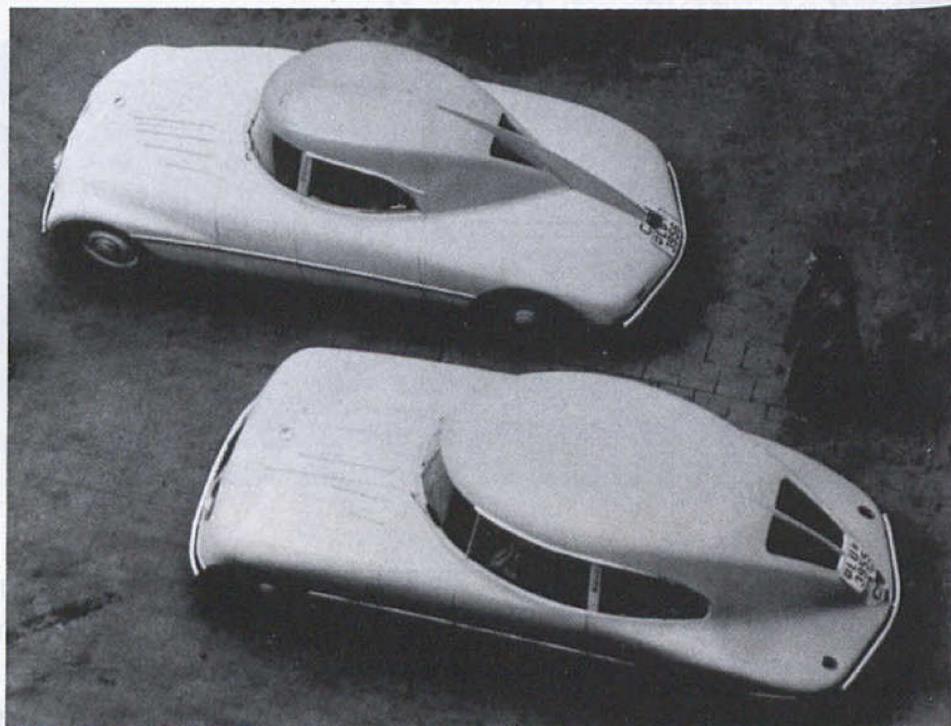
Nach Verrunden aller Schnittkanten ergab sich mit $c_w = 0,15$ ein ebenso günstiger Wert wie für den Grundkörper von Jaray und Klemperer. Aber die Langeform war auch mit dem gleichen Nachteil behaftet wie dieser: der Abschluß des Wagens war viel zu lang. Das ließ sich allenfalls bei Anordnung des Motors im Heck verkraften. Man kann den Langewagen als den Urahn einiger in der Nachkriegszeit entstandener Sportwagen ansehen; im Porsche 911, schon zu ‚Lebzeiten‘ ein Klassiker, hat die Langeform nun schon 50 Jahre überdauert.

Das Kamm-Heck

Dem Vorgehen von Rumpler, Jaray und Lange war gemeinsam, daß sie Formen, die sich in der Aerodynamik der Flugzeuge herausgebildet hatten, möglichst unverändert auf das Auto übertrugen. Sie konnten sich von der Flugtechnik, in der sie ihre Wurzeln hatten, nicht lösen. Das aber war für das Auto nicht genug! Nur eine eigenständige, auf die Belange des Automobils ausgerichtete Aerodynamik sollte sich schließlich durchsetzen. Die wesentlichen Beiträge dazu wurden Anfang der dreißiger Jahre von zwei Schulen geliefert: in den USA von Walter E. Lay, in Deutschland von Wunibald Kamm.

In seiner 1933 publizierte Schrift ‚50 Miles per Gallon Possible with Correct Streamlining‘ veröffentlichte Lay Parameterstudien, die unter anderem zeigten, daß ein stumpf abgeschnittenes Heck die Strömung nur mäßig beeinträchtigt und kaum zusätzlichen Widerstand ‚kostet‘. W. Kamm und Freiherr Koenig-Fachsenfeld kamen zu dem gleichen Ergebnis und setzten es in eine Richtlinie um, die man heute als ‚Designrule‘ bezeichnen würde: es galt, die Strömung am rückwärtigen Fahrzeugteil durch dessen mäßige Verjüngung so lange wie irgend möglich anliegend zu erhalten und so einen gewissen Druckanstieg zu erzielen. Kurz vor der Stelle jedoch, an der sich die Strömung von der Kontur ablösen würde, wird der Körper senkrecht abgeschnitten. Der so entstehende ‚Spiegel‘ ist vergleichsweise klein; der im Totwasser herrschende Unterdruck findet also nur eine kleine Angriffsfläche. Das ‚Kamm-Heck‘ war ge-

Jaray engte die Desinger mit seiner Kombinationsform sehr stark ein; die Prototypen der verschiedenen Hersteller ähnelten einander so weit, daß ihre Markenidentität verlorenging. Oben im Bild ein Audi 21, unten ein Mercedes 200, beide aus den Jahren 1933/34. (Bild: Archiv R. J. F. Kieselbach)



Der von H. Ledwinka konstruierte Tatra Typ 87, Baujahr 1940, blieb der einzige Wagen, bei dem die Kombinationsform von Jaray in Serie ging. Mit $c_w = 0,36$ blieb aber von deren Aerodynamik-Potential nicht mehr allzu viel erhalten. (Foto: Volkswagen AG; Exponat: Deutsches Museum)



boren. Und bis heute ist es Konstruktionsmerkmal der Kompaktfahrzeuge und Kombis geblieben.

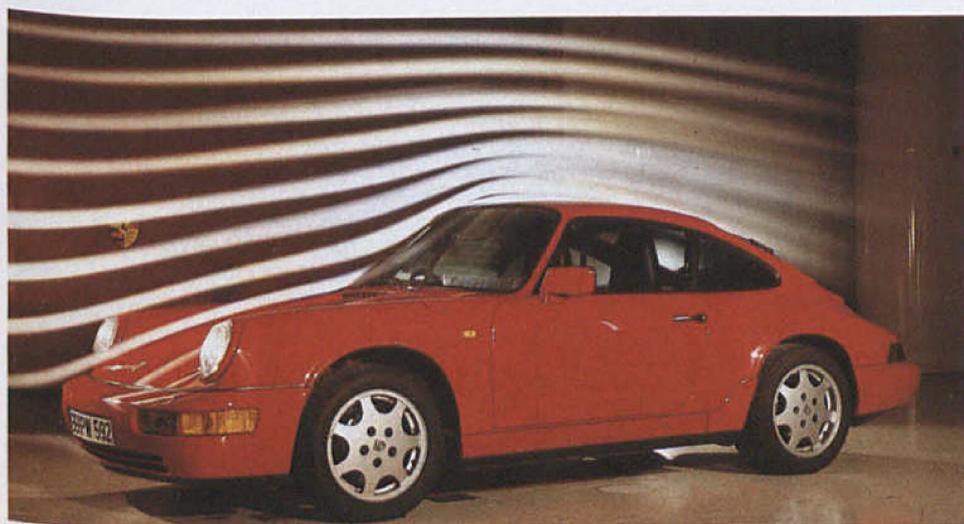
Nach dem Zweiten Weltkrieg, der natürlich auch die Arbeiten von Kamm zum Erliegen brachte, setzte sich weltweit die Ponton-Karosserie durch. Treibendes Motiv dafür war wohl kaum die Aerodynamik, wenngleich wichtige Ergebnisse der vorangegangenen aerodynamischen Forschung implizit übernommen wurden: glatte Flächen, eingestrukte Kotflügel und Scheinwerfer, gerundete Übergänge und gewölbte Frontscheibe. Bestimmend waren vielmehr die Fertigungstechnik und vor allem natürlich der Zeitgeschmack, über den die Aerodynamik wie durch die Hintertür dann doch noch zum Zug kam. Denn die faszinierenden Formen der Schiffe und Flugzeuge jener Tage – gern erinnert man sich an die ‚Meyer-Form‘ und die ‚Superconstel-

lation‘ – wurden als Ausdruck des Fortschrittsglaubens begeistert aufgenommen. Und im Vergleich zu den Vorkriegsmodellen bedeuteten die Pontons einen Schritt nach vorn. Der c_w -Wert sank von 0,55 auf 0,45, also um fast 20 Prozent.

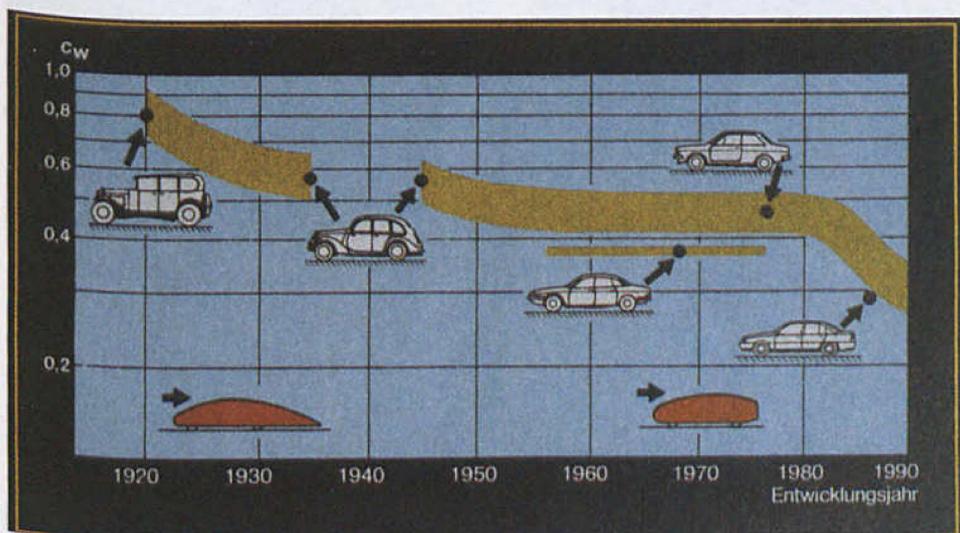
Auf diesem Niveau verharrte die Aerodynamik lange Zeit. Man glaubte, niedrigere c_w -Werte seien nur mit typischen Stromlinien darzustellen. Und niemandem stand der Sinn danach, sich mit diesen auf dem Markt erneut eine Abfuhr zu holen. Der einzige Hersteller, der es dennoch versuchte, lieferte dann auch prompt den Beweis dafür, wie berechtigt diese Reserve war: Citroën verlor seine unternehmerische Selbständigkeit. Ob aber dieses Scheitern allein den eigenwilligen Formen der ‚IDs‘ und ‚GSs‘ anzulasten ist, steht dahin, ähnlich wie bei Rumplers Mißerfolg.



Der VW Golf I wurde nach der Strategie der Detailoptimierung entwickelt. Trotz seines ‚harten‘ Stylings setzte er sich mit $c_w = 0,42$ von seinen Wettbewerbern deutlich ab.
(Bild: Volkswagen AG)



Im Porsche 911 und seinen Varianten, hier dem 964, hat die Lange-Form bis heute überlebt. Sein Heckmotor-Konzept ist darauf bestens abgestimmt. Im Bau von Großserien-Pkw konnte sich dieses Konzept jedoch nur beim VW-‚Käfer‘ behaupten.
(Bild: Porsche AG)



Der Luftwiderstand der Automobile wurde in Etappen abgebaut, deren jüngste wurde von der Energiekrise 1973/74 ausgelöst. Wie niedrig der c_w -Wert sein kann, war jedoch lange vorher bekannt gewesen. Die Nutzung dieses Potentials gelang indes erst, als die Aerodynamiker sich von der Flugtechnik ganz gelöst hatten.

Die Detailoptimierung

Aus der langanhaltenden Stagnation führte die Methode der Detailoptimierung heraus, der dritte Anlauf der Fahrzeugaerodynamik. Die Auswertung der in der Literatur verstreuten Ergebnisse von Parameterstudien an einfachen Körpern und von Versuchen aus der Serienentwicklung zeigte, daß es viele Möglichkeiten gab, mit kleinen lokalen Form-

änderungen einen vergleichsweise großen Widerstandsabbau zu erzielen. Auch dafür ein Beispiel: Rundet man eine senkrecht umströmte Kante ab, zum Beispiel vorn an der Motorhaube, so führen schon kleine Radien zu einer großen Widerstandsreduktion. Vergrößert man aber den Radius über einen bestimmten mit ‚optimal‘ bezeichneten Grenzwert hinaus, dann fällt der Widerstand nicht mehr weiter. Dieses Optimum wird gerade dann erreicht, wenn die Kante ablö-

sungsfrei umströmt wird. Die Praxis zeigte, daß derartige ‚optimale‘ Abmessungen oft nur wenig von der Ausgangsform abwichen, die der Stylist gewählt hatte. Und es gab genügend Ansatzpunkte, um nach dieser Anschauung zu retuschieren. Es war also möglich, signifikante Widerstandsverbesserungen anzubringen, ohne in das stilistische Erscheinungsbild einzugreifen.

Nach dieser Entwicklungsstrategie wurden der VW Golf I und der VW Scirocco I optimiert. Unter Beibehaltung ihres ‚harten‘ Stylings konnte der Widerstand gegenüber dem Entwurf des Stylisten um rund 20 Prozent reduziert werden. Mit $c_w = 0,42$ für den Golf und $0,41$ für den Scirocco hoben sich beide deutlich vom Wettbewerb ab.

Die Detailoptimierung war aber nur dort möglich, wo eine enge Zusammenarbeit zwischen Styling, Konstruktion und Aerodynamik zustande kam, wo es also gelang, die Kluft zwischen der Fahrzeugtechnik und der Aerodynamik zu überbrücken. Die bis dahin geübte Praxis, die aerodynamischen Untersuchungen an externe, vorwiegend mit anderen Problemen befaßte Aerodynamiker zu vergeben, mußte aufgegeben werden. Die Fahrzeugfirmen begannen damit, eigene Aerodynamik-Abteilungen aufzubauen und geeignete Windkanäle zu erstellen. Mit dem großen Klimawindkanal, der 1965 in Wolfsburg in Betrieb ging, setzte Volkswagen ein entsprechendes Datum. Heute verfügen fast alle großen Automobilhersteller über eigene Windkanäle für Messungen an Fahrzeugen in natürlicher Größe.

Aber die Strategie der Detailoptimierung stieß schnell an ihre Grenzen. Es zeigte sich nämlich sehr bald, daß kleinere c_w -Werte als $0,40$ mit ihr kaum zu erreichen waren. Und zum anderen wurde der Spielraum dieses Verfahrens dadurch immer enger, daß die so gewonnenen Erkenntnisse von vorneherein in die Stylingmodelle eingearbeitet wurden. Die Methode fraß sich gewissermaßen selbst; aber sie weckte dabei das Verständnis für die Fahrzeugaerodynamik, sowohl für ihre Probleme als auch für ihre Möglichkeiten. Sie schuf damit die Voraussetzungen für den nächsten, einen vierten, großen Schritt.

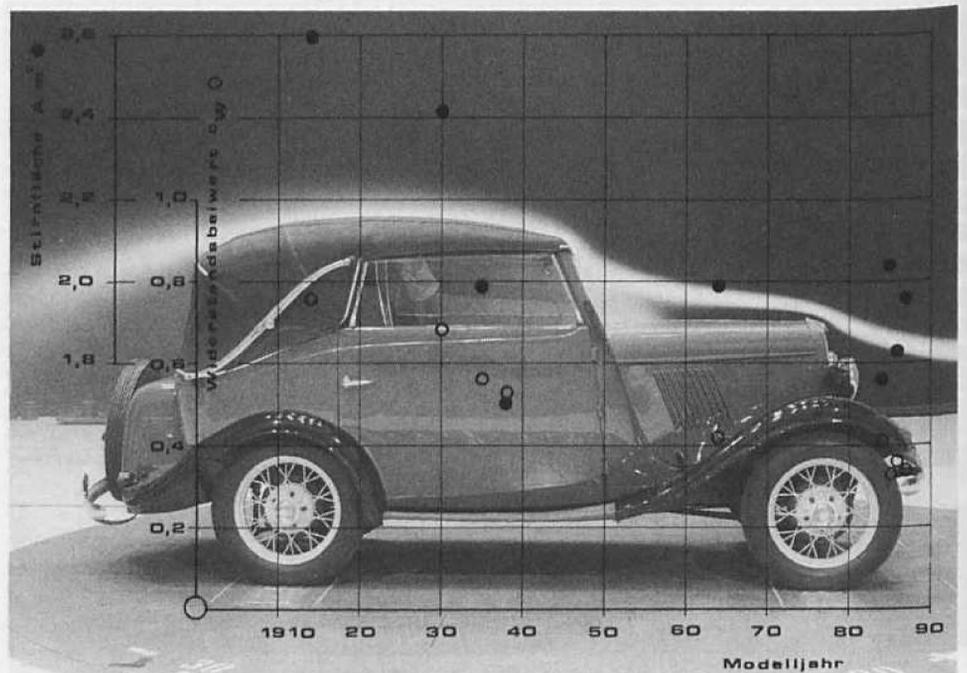
Die Formoptimierung

Die drastische Verteuerung der Treibstoffe, die mit der ersten Energiekrise 1973/74 einsetzte, rückte den Energieverbrauch in den Brennpunkt der Entwicklungsanstrengungen. Damit wuchs die Bereitschaft, das Potential der Aerodynamik konsequenter auszuschöpfen als bislang. Die Aerodynamiker hatten sich für diese Situation gut präpariert. Denn als sich abzeichnete, daß die Detailoptimierung bald ausgereizt sein würde, hatten sie eine Entwicklung begonnen, die an die Gedanken von Jaray und Klemperer anknüpfte. Es wurde nach neuen Wegen gesucht, das von diesen bereits 1922 aufgedeckte Widerstandspotential zu erschließen.

Zunächst wurden widerstandsarme Grundkörper entwickelt. Aber, anders als noch Jaray, ließ man nun nur solche zu, die die gleichen Hauptabmessungen wie die gängigen Fahrzeuge hatten und die ein modernes ‚Packaging‘ erlaubten. Bei Volkswagen, später auch bei Pininfarina, entstanden Grundkörper, die trotz dieser Einschränkungen den günstigen Widerstand des Jarayschen Modells fast erreichten. Daraus wurden dann in zahlreichen Schritten, die denen der Detailoptimierung ähnelten, Karosserieformen abgeleitet, die den Stylisten als Ausgang für ihre Arbeit dienten. Mit einer Reihe von Forschungsautos – sie wurden unter dem Motto ‚Auto 2000‘ auf der Internationalen Automobilausstellung 1981 in Frankfurt ausgestellt – drang man bis zu $c_w = 0,25$ vor. Mit dem Audi 100 III, der 1982 debütierte, kam das erste ‚formoptimierte‘ Serienfahrzeug auf den Markt. Sein damals ‚weltmeisterlicher‘ c_w -Wert von 0,30 ist inzwischen von einer Reihe jüngerer Konkurrenzmodelle unterboten worden. Die Bestmarken werden derzeit von Opel gehalten; mit den Modellen Omega $c_w = 0,28$ und Calibra $c_w = 0,26$.

Diese ansehnlichen Zahlen sind nun aber keineswegs, wie immer wieder behauptet, das Ergebnis einer kompromißlosen c_w -Züchtung, gar das Diktat des Windkanals. Sie sind vielmehr Teil eines in seinen Eigenschaften sorgfältig ausgewo-

Als ein typisches Beispiel dafür, wie sich die Aerodynamik in den einzelnen Firmen durchsetzen konnte, mögen die Zahlen der Ford AG dienen. Beide, Stirnfläche und c_w -Wert, wurden im Lauf der Jahre reduziert. (Foto und Exponat: Ford AG)



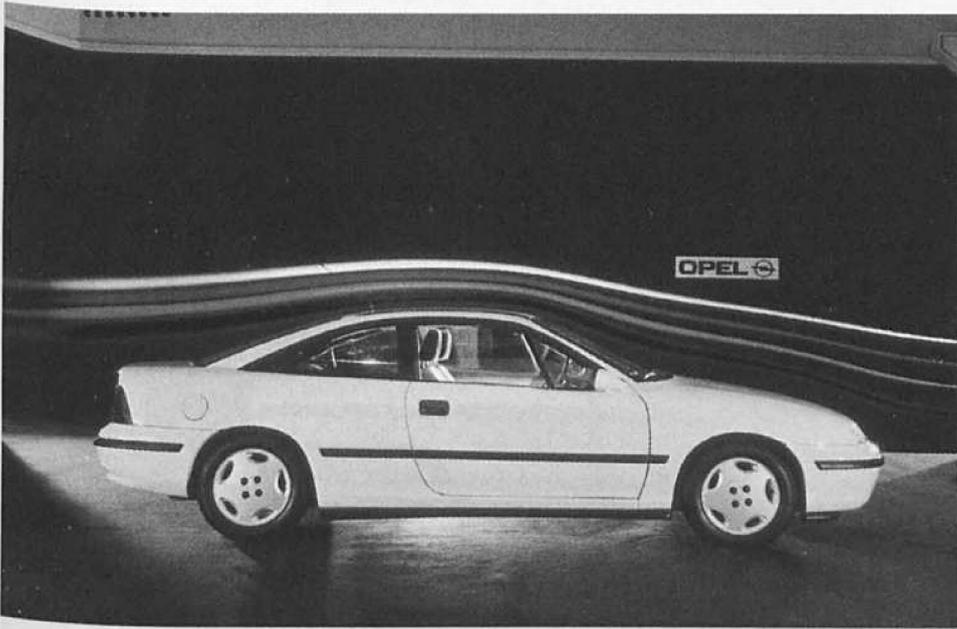
Der Schwerpunkt der Aerodynamik verlagert sich derzeit zu den Sektoren Sicherheit und Komfort. BMW stellte 1989 der Öffentlichkeit einen ganz einzigartigen Akustik-Windkanal vor, in welchem dem Phänomen Windergeräusche zu Leibe gerückt wird. (Bild: BMW AG)



genen Fahrzeugkonzeptes, zu dem die Aerodynamik noch einiges mehr beisteuert: gutmütigen Geradeauslauf durch sehr kleinen Auftrieb, wasser- und schmutzfreie Scheiben, Spiegel und Leuchten, gekühlte Aggregate wie Motor und Bremsen, niedrige Windgeräusche. Und der berechtigte Vorwurf, die stark geneigten Scheiben führten bei Sonnenschein zu einer unerträglichen Aufheizung des Fahrgastraums, geht an der Aerodynamik vorbei. Diese nämlich würde auch an steileren Scheiben keinen Schaden nehmen. Nicht so die Designer; sie alle setzen auf den ‚Coupé-Look‘. Und die Verkaufszahlen scheinen ihnen Recht zu geben. Offenbar muß Hochmut nicht nur Pein leiden, sondern will es sogar.

Die Wiederkehr der Stromlinie

Bei dem Erreichten sind die Aerodynamiker mit ihrem Latein jedoch keineswegs am Ende. Daß ein noch sehr viel niedrigerer Luftwiderstand möglich ist, wurde wiederholt unter Beweis gestellt. So hat Ford mit dem ‚Probe V‘ bereits $c_w = 0,14$ demonstriert, und General Motors steht mit den ‚Aero-Typen‘ kaum dahinter zurück. Dennoch ist es wenig wahrscheinlich, daß Wagen mit derartigen Extremwerten in absehbarer Zeit in Serie gehen werden; vielmehr bewegt sich die Mehrzahl der Hersteller asymptotisch auf $c_w = 0,25$ zu, den ‚Grenzwert‘ des Projekts ‚Auto 2000‘. Der Grund für diese Behutsamkeit ist bei allen der gleiche: das Fahrzeuggewicht.



Die gegenwärtige Modell-Generation der Adam Opel AG verkörpert die Synthese aus Fahrzeugtechnik und Aerodynamik, die Stromlinie in moderner Form. Mit $c_w = 0,26$ ist der Opel-Calibra klar der Spitzenreiter. (Bild: Adam Opel AG)



Die mit Helium gefüllten Seifenbläschen lassen erkennen, wie verwickelt die Strömung in Ablösungsgebieten ist. Es wird deshalb wohl noch eine Weile dauern, bis numerische Verfahren dem Fahrzeug-Aerodynamiker brauchbare Resultate liefern. Bis dahin bleibt er auf den Windkanal angewiesen. (Bild: Adam Opel AG, aufgenommen bei Pininfarina, Turin)



Ein Manko der Windkanaltechnik ist, daß die Relativbewegung zwischen Fahrzeug und Straße nicht simuliert wird. Ein Laufband hilft hier weiter. Der Rauchfaden zeigt die Aufgabenstellung: Das Fahrwerk wird sehr schlecht umströmt; es ist so für die Hälfte des Luftwiderstandes verantwortlich. (Bild: Adam Opel AG, aufgenommen im Deutsch-Niederländischen Windkanal)

Dieses läßt sich mit konventionellen Mitteln, also dem Ausreizen der bewährten – und preisgünstigen – Materialien kaum noch reduzieren. Im Gegenteil, durch zunehmende Ausstattung der Autos mit Komfort-Features ist derzeit ein Trend zu steigendem Gewicht zu beobachten. Ein niedriger Luftwiderstand wiederum ist kein Selbstzweck. Er ‚lohnt‘ sich nur, wenn er in gesteigerte Fahrleistungen umgesetzt wird. Schnell genug sind die Autos aber auch jetzt schon. Bleibt der Verbrauch. Das Potential, über einen niedrigen Luftwiderstand den Verbrauch zu senken, wird nur dann voll ausgeschöpft, wenn man die Spitzengeschwindigkeit des Autos konstant hält, also einen leistungsschwächeren Motor einbaut. Bleibt nun aber das Gewicht unverändert, dann verliert das Auto seine Beschleunigungsfähigkeit. Das aber dürfte vom Markt kaum akzeptiert werden. Eine in ihren Eigenschaften – und dazu gehören ja keineswegs nur die Fahrleistungen – ausgewogene Limousine ist nach heutigem Stand der Technik jenseits von $c_w = 0,25$ nicht möglich.

Diese Einschätzung kann sich aber schnell ändern. Dann nämlich, wenn für den Verbrauch ganz drastische Beschränkungen gesetzlich vorgeschrieben werden. Das wird zur Zeit etwa in den USA vor dem Hintergrund des vom CO_2 -Ausstoß erzeugten Treibhauseffekts diskutiert. Dann werden sich endgültig auch exotische Leichtbau-Werkstoffe, wie zum Beispiel kohlefaserverstärkte Kunststoffe, ‚rechnen‘, und der Aerodynamik wird sich ein neuer Spielraum öffnen. Gleichzeitig werden ihr aber auch harte Pflichten auferlegt werden. Denn bei leichteren Wagen tritt das Phänomen Seitenwindempfindlichkeit wieder stärker hervor. Es gilt dann, das abdrehende Giermoment und die Seitenkraft nachhaltig zu unterdrücken.

Aber auch bis dahin bleibt den Aerodynamikern genug zu tun. Einmal gilt es, den Stylisten einen größeren Formenreichtum an die Hand zu geben. Die mit zunehmendem Unmut geäußerte Meinung, die Renaissance der Stromlinie habe uns die Einheitsform beschert, wird sich damit leicht widerlegen lassen. So niedrig sind die Luftwiderstände noch lange nicht, als daß alle Autos gleich aus-



Rekordautomobile wie das oben gezeigte ARVW ($c_w = 0,15$) der Volkswagen AG nähren die Befürchtung, die Aerodynamik würde uns Geschosse auf Rädern bescheren. Daß es dahin nicht so schnell kommen wird, beweist das unten abgebildete Auto 2000 der VW AG mit $c_w = 0,25$. (Bilder: Volkswagen AG)



sehen müßten. Das wird erst für Extremwerte zwingend, die mit Autos jedoch kaum zu erreichen sind: bei $c_w = 0,05$ etwa, einem Wert, mit dem die Natur Rekordschwimmer wie Haifische und Delfine ausgestattet hat, die sich in der Tat trotz unterschiedlicher Ausgangspunkte ihrer Entwicklung sehr ähnlich sehen. Die Akzente werden sich insgesamt für die Aerodynamik wohl verschieben. Nach vorn rücken derzeit die Windgeräusche. Mit den Fortschritten bei der Zähmung der Motorengeräusche machen sich die von der Umströmung induzierten Geräusche zunehmend störend bemerkbar. Vor allem die abgelöste Strömung zeichnet sich durch hohe Schalldruckpegel aus. Die Vermeidung von Ablösungen wird zu noch glatteren Karosserien und Fahrzeugunterseiten führen, zu Stromlinien bis ins kleinste Detail. Und ein weiteres Betätigungsfeld bietet die Bändigung der Wasserkaskaden, die

bei nasser Fahrbahn aufgewirbelt werden. Hier gilt es, einen entscheidenden Beitrag zur aktiven Verkehrssicherheit zu leisten.

Mit der neuen Fahrzeuggeneration wurde in der Tat die Stromlinie wiedergeboren. Aber nicht als ein starres Korsett, wie von den Pionieren der zwanziger Jahre dogmatisch verordnet. Vielmehr hat sie neue Freiräume eröffnet, gleichermaßen für technische Konzeptionen wie für die stilistische Gestaltung. Dem Automobilkäufer wird es also auch in Zukunft bei der Typenauswahl nicht langweilig werden. □

Hinweise zum Weiterlesen

Zur Fahrzeugaerodynamik existiert ein schier unüberschaubares Schrifttum in Fachzeitschriften und Kongreß-Berichten. Hier sei auf drei zentrale Bücher verwiesen, die einen Überblick über das Thema bieten und zahlreiche Hinweise auf weiterführende Fachartikel enthalten:

Freiherr Reinhard Koenig-Fachsenfeld: Aerodynamik des Kraftfahrzeuges, Bd. 1 und 2. Frankfurt 1951. (Dieses Buch ist seit langem vergriffen, kann aber in der Bibliothek des Deutschen Museums in München eingesehen werden.)

Ralf J. F. Kieselbach: Stromlinienautos in Deutschland; Aerodynamik im Pkw-Bau 1900 bis 1945. Stuttgart 1982.

Wolf-Heinrich Hucho (Herausgeber): Aerodynamik des Automobils. Würzburg 1981. (Eine Neuauflage ist in Vorbereitung; sie wird im VDI Verlag erscheinen.)

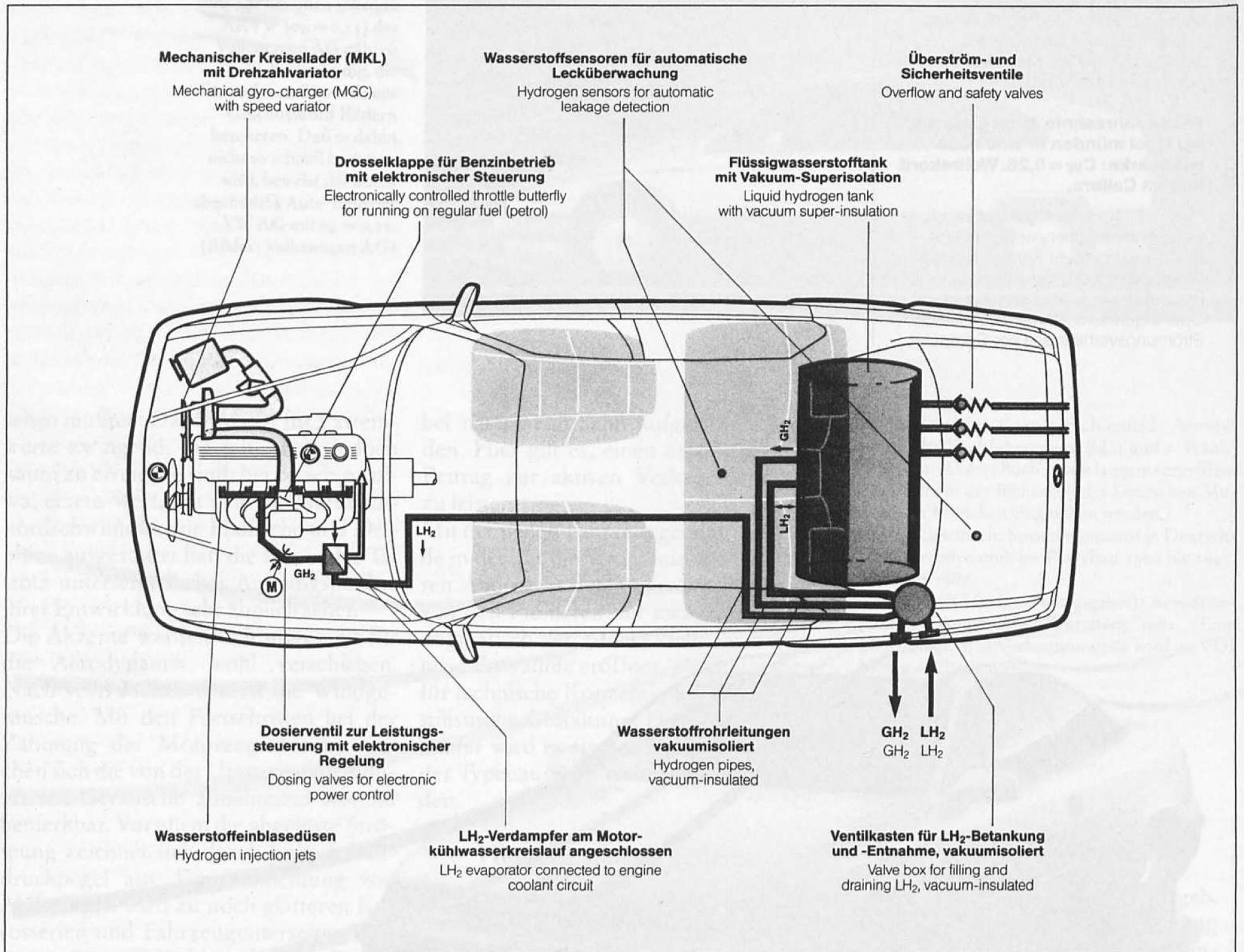
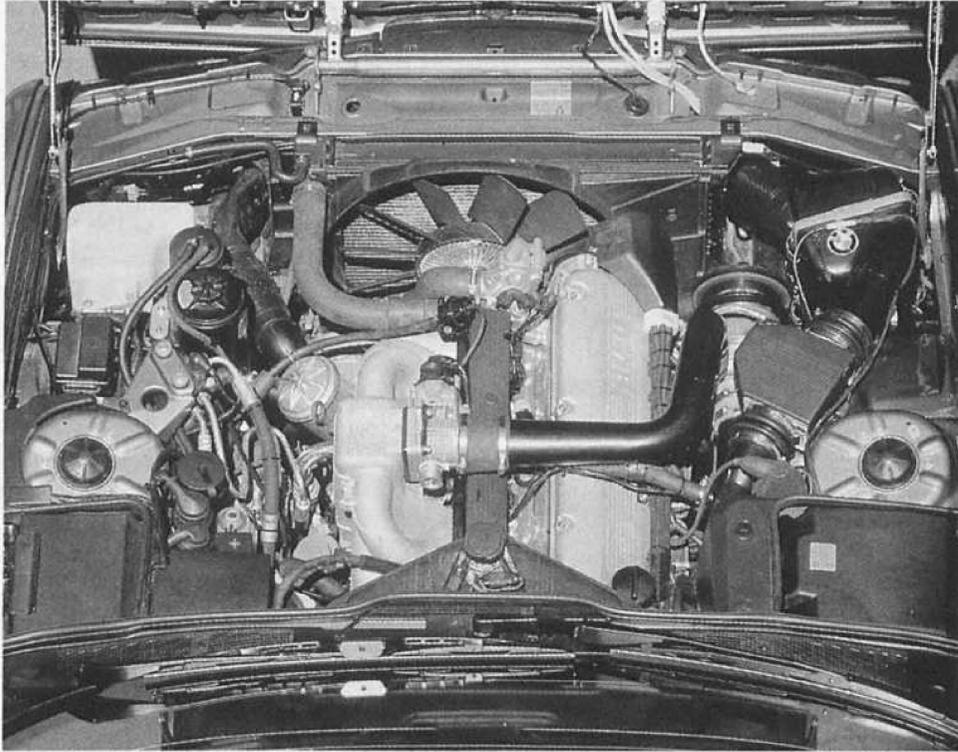
DER AUTOR

Dr.-Ing. *Wolf-Heinrich Hucho*, geb. 1935, war lange Zeit in Forschung und Entwicklung in der Automobilindustrie tätig und ist heute freischaffend.

Der 6-Zylinder-Motor arbeitet mit einer mageren Gemischbildung ($\lambda > 1$).

Dadurch können Frühzündungen im Saugrohr vermieden werden, die Wassereinspritzung wie beim Mercedes 310 entfällt. Die Leistungseinbußen des Gasmotors gegenüber einem herkömmlichen Benzinmotor kompensiert BMW zum Teil mit dem mechanisch betriebenen Kreissellader, so daß die Motorleistung beim Wasserstoffbetrieb nur rund 30% unter der eines Serienfahrzeugs liegt. (Foto: BMW, 1989)

Der Kryo-Tank mit flüssigem Wasserstoff hinter den Rücksitzen im Kofferraum des BMW 735il. Der Ventilblock (Magnet- und Rückschlagventile) ist außerhalb des Tanks angeordnet, um das Eindringen von Wärme in den Tank zu minimieren. Der Wasserstoff gelangt über den Ventilblock und durch eine doppelwandig vakuumisolierte Leitung am Fahrzeugunterboden zum Motor. (Foto: BMW, 1989)



Der flüssige, tiefkalte Wasserstoff wird mittels des Tankdrucks von 3,8 bar in den Wärmetauscher (Kühlwasser/Wasserstoff) gedrückt, dort verdampft und dem zentralen Dosierventil zugeleitet. (Zeichnung: BMW, 1989)

WASSERSTOFF IM AUTOTANK

Löst die Sonnenenergie unsere Abgasprobleme?

Albrecht Hoffmann

„Autos raus, damit die Stadt Zukunft hat“, „Die City soll zur Fußgängerzone werden“, „Busse und Bahnen laufen Autos den Rang ab“. Unter diesen und ähnlich aufgemachten Überschriften werden derzeit neue Verkehrskonzepte vorgestellt und Pläne zur autofreien Innenstadt veröffentlicht. Sogar führende Manager der Automobilindustrie, etwa von VW und Volvo, sind sich darüber einig, daß dem drohenden innerstädtischen Verkehrsinfarkt nur durch den Ausbau des öffentlichen Nahverkehrs beizukommen sei. Doch aller Voraussicht nach wird der Bestand an Kraftfahrzeugen zum Jahre 2000 auf etwa 32–35 Millionen in der Bundesrepublik steigen.

Das ‚Symbol der Freiheit‘ ist für viele schon längst zum Umweltsünder Numero eins avanciert. Mit der Zunahme der Verkehrsteilnehmer kommt die Natur und mit ihr die Gesundheit der Menschen mehr und mehr unter die Räder – trotz sparsamer Motoren, bleifreiem Benzin und 3-Wege-Katalysator. Das Kohlendioxid, das weltweit in einer Menge von etwa 400 Millionen Tonnen jährlich durch den Auspuff in die Atmosphäre gelangt, wird von keinem Katalysator zurückgehalten. Es ist für den Treibhauseffekt und die Klimaveränderung verantwortlich, also für Prozesse, die zusammen mit dem absehbaren Ende der Erdölquellen zunehmend auf eine Änderung des Konzeptes ‚Auto‘ drängen. Mehr noch: Die Frage nach den zukünftigen Energieressourcen wird immer dringlicher. So heißt es in einer offiziellen Verlautbarung von Daimler-Benz: „Die Aktivitäten aller Firmen des

Mehr und mehr rückt die Abgas- und Verkehrsproblematik in den Rang eines politischen Dauerbrenners. Selbst Spitzenmanager der Automobilindustrie mahnen mittlerweile zu neuer Technik und veränderten Verkehrskonzepten. Bietet der solare Wasserstoff als Antriebsart für Kraftfahrzeuge realistische Alternativen, oder eröffnet er neue Unwägbarkeiten? Wie weit ist die industrielle Forschung heute? Der Beitrag entwirft Chancen und Risiken des Wasserstoffantriebs im Automobilbau.

Daimler-Benz-Konzerns sind von der Verfügbarkeit bestimmter Energieträger, von der Entwicklung der Energiemärkte und den Möglichkeiten gegenwärtiger und zukünftiger Energietechnik vital berührt.“ Die Lösung scheint in erneuerbaren Energien zu liegen, von denen gegenwärtig zumindest eine intensiv diskutiert wird: der solare Wasserstoff.

Der von H. Cavendish 1766 entdeckte Wasserstoff, das am längsten bekannte Gas, ist 14mal leichter als Luft und wurde



Der BMW 735i auf Fahrt. Der von Messer Griesheim entwickelte Kryo-Tank faßt 93 Liter Flüssigwasserstoff, das entspricht einer Menge von etwa 30 Litern Benzin. (Foto: BMW, 1989)

ab 1860 mit seinem Atomgewicht eins zur Bezugsgröße für alle anderen chemischen Elemente. Er verhalf nicht nur der Ballonfahrt ab 1783 zum Auftrieb, sondern auch der Physik am Anfang unseres Jahrhunderts zur Einsicht in die Struktur der Materie. Für seine Verwendung als Alternative zu Benzin und Diesel sprechen vor allem zwei seiner Eigenschaften: Bezogen auf sein Gewicht hat er von allen chemischen Brennstoffen die größte Energiedichte, das heißt, seine Verbrennung erzeugt mehr Wärme als dieselbe Menge eines anderen Brennstoffs. Wird er verbrannt – dies sein zweiter Vorzug –, so verbindet er sich mit Sauerstoff zu Wasser/Wasserdampf und der Sauerstoff mit dem Stickstoff zu Stickoxiden, die aber nur in geringen Spuren auftreten, womit sich die Smogbildung erheblich reduziert. Unverbrannte Kohlenwasserstoffe, Schwefelverbindungen, Kohlendioxid und -monoxid und Ruß wie bei herkömmlichen Benzinmotoren entfallen völlig.

Würden alle Verbrennungsmotoren der Welt mit Wasserstoff betrieben, käme nur ein Millionstel der natürlichen Verdampfung hinzu. Eine unbelastete Umwelt wäre die Folge, bei der das Waldsterben und die Smogbildung in den Städten bald der Vergangenheit angehören könnten.

Die solare Herstellung von Wasserstoff

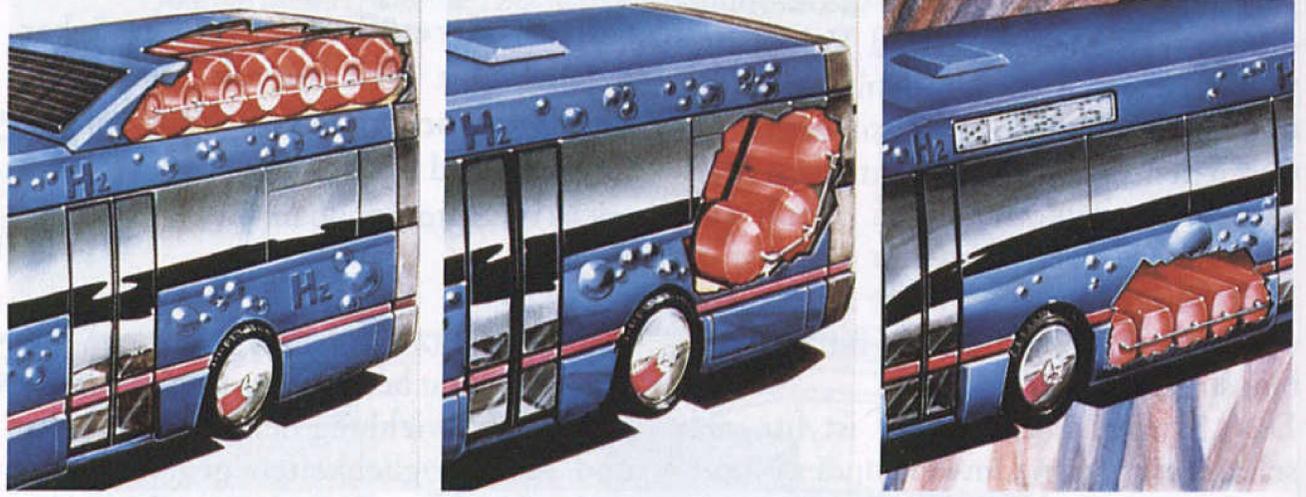
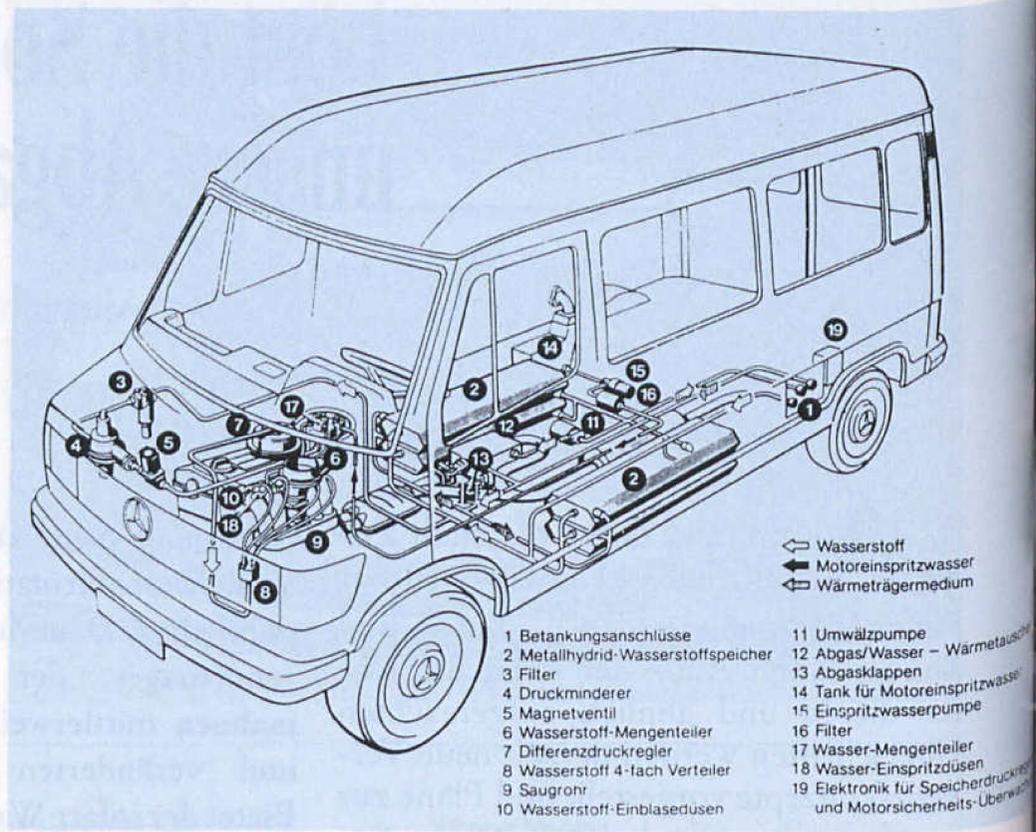
Gelöst wäre dann vielleicht auch das Problem seiner derzeit noch immer zu kosten- und energieaufwendigen Herstellung. Verantwortlich dafür ist der Tatbestand, daß das Wasserstoffgas zwar

reichlich, aber nur in chemisch gebundener Form auf der Erde vorhanden ist. Es muß also erst von anderen Stoffen getrennt werden, will man es für weitere Zwecke verwenden. Das geschieht auf der Grundlage von Butan, das verbrannt wird, oder von Kohle und Koks, die man vergast. Die solare Herstellung – also unter Ausnutzung von Sonnenenergie – erfolgt hingegen in zwei Schritten. Das Sonnenlicht wird zuerst elektrothermisch oder direkt durch Solarzellen in elektrische Energie umgewandelt, die im weiteren zur Elektrolyse des Wassers in seine Bestandteile Sauerstoff und Wasserstoff verwendet wird. Etwa ein Drittel der späteren Verbrennungsenergie wird dabei verbraucht.

Verfahren dieser Art werden in den kommenden Jahren intensiv erprobt. In Riad, der Hauptstadt von Saudi-Arabien, entsteht zur Zeit die größte Solarkraft-Anlage mit einer Leistung von 350 kW. Auf einer Fläche von 8,9 km² sollen dort täglich 120 m³ Wasserstoff produziert werden. Träger des 55 Millionen-DM-Projekts ist neben Saudi-Arabien das Bundesministerium für Forschung und Technologie (BMFT), das Land Baden-Württemberg, die Universität Stuttgart und die Deutsche Forschungs- und Versuchsanstalt für Luft- und Raumfahrt (DFVLR).

Des weiteren wird die „bedeutendste Solar-Wasserstoff-Anlage Europas“ mit über 100 Millionen DM in der Nähe von Wackersdorf errichtet und dient den Firmen Linde, Bayernwerk AG, Siemens, BMW und MBB zur Erforschung des effizientesten Verfahrens der Wasserstoffherstellung. Dabei wollen die Bayernwerk AG und Siemens den Wirkungsgrad von Solarzellen verbessern, der noch zwischen 10–15% liegt. Ab 1991 sollen dann über ein 500 kW-Solarzellenfeld täglich rund 278 m³ Wasserstoff geliefert werden. Damit wäre der Ausgangspunkt eines Kreislaufs von Wasser-Elektrolyse-Wasserstoff geschaffen, an dessen Ende das Auto den Wasserstoff wieder zu Wasser verbrennt. – Ein Kreislauf, mit dem wir vielleicht in der Lage wären, unsere traditionelle, auf Kohlenstoffen gegründete Energiebasis im

Der Transporter 310 von Mercedes-Benz für Wasserstoff-Betrieb. Der Metallhydrid-Speicher nimmt 66 m³ Wasserstoffgas bei 50 bar Betriebsdruck auf, was einer Menge von 22 Litern Benzin entspricht. Da die Zündgrenze des Wasserstoffs zwischen 4 und 75 Vol.% liegt, ist fast jedes Gemisch aus Wasserstoff und Luft zündfähig. Eine Drosselklappe ist nicht erforderlich. (Zeichnung: TÜV Rheinland, 1989)



Stadtbus mit Wasserstoffantrieb, links in Gasflaschen gespeicherter Wasserstoff, in der Mitte flüssiger Wasserstoff in Kryo-Tanks, rechts Wasserstoff in Metallhydrid-Speichern. Alle drei Speichervarianten sind möglich, da bei Bussen das zusätzliche Gewicht kaum eine Rolle spielt. (Zeichnung: Mercedes-Benz)

nächsten Jahrhundert gänzlich abzulösen.

Wasserstoff in der Erprobung

Vorstellungen dieser Art kommen nicht aus dem Reich der Utopie, sondern werden von vielen Wissenschaftlern auf Symposien diskutiert und von offizieller Seite mit großem Interesse verfolgt. So investierte das Bundesministerium für Forschung und Technologie (BMFT) bis 1988 rund 2 Milliarden DM in die Entwicklung erneuerbarer Energien. Drei Viertel der Summe entfielen auf die ‚Solarwasserstofftechnologie‘, die mit wei-

teren 750 Millionen DM für die Jahre 1989–1992 gefördert wird.

Hauptsächliche Nutznießer des Geldregens waren neben MBB (29 Mio. DM) die Daimler-Tochterfirmen AEG (158 Mio. DM) und Dornier (47 Mio. DM) sowie Daimler-Benz selbst (31 Mio. DM), die zusammen für die Entwicklung alternativer Fahrzeuge zusätzlich 39 Millionen DM erhielten. In Zusammenarbeit mit Mannesmann und Thyssen konnten dadurch bei Mercedes-Benz mit Wasserstoff getriebene Autos realisiert werden, die im Rahmen des BMFT-Forschungsprojekts ‚Alternative Energien für den Straßenverkehr‘ zwi-

WASSERSTOFF IM AUTOTANK

Motoren keine große technische Herausforderung. Durch die stationären Gasmotoren, die es seit Ende des letzten Jahrhunderts gibt, und den Holzvergaser, der zwischen 1935 und 1950 über 100000mal gebaut worden war, lagen genügend verwertbare Erfahrungen vor. Das veranschaulichte nicht zuletzt der erste Wasserstoff-Zwölfzylindermotor der Welt, den BMW auf der IAA '89 präsentierte.

Aber Wasserstoffgas im Autotank gilt vielen wegen seiner Explosionsgefahr noch immer als zu gefährlich – ein Argument, das häufig gegen die Verwendung des umweltfreundlichen Treibstoffs vorgebracht wird. Tatsächlich benötigt das Gas nur eine zehnmal geringere Zündenergie als Benzin (von 0,02 mJ, Benzin hingegen von 0,24 mJ), um zu verbrennen, und jede Knallgasreaktion zeigt, daß Wasserstoff mit Luft sehr explosive Gemische bilden und große Energiemengen freisetzen kann. So geschehen in Lakehurst/USA, als 1937 beim Anlegen der ‚Hindenburg‘ ihre mit Wasserstoff gefüllte Hülle explosionsartig in Flammen aufging und die Zeppelin-Luftfahrt ihr Ende fand. Was blieb, war ein tiefer Eindruck von der Gefährlichkeit des Gases.

Eine Gefährlichkeit, die kaum jemand bestreitet, die aber bei richtiger Handhabung nicht größer sein muß als die anderer Brennstoffe. Zumindest ging die Industrie bald wieder an die Herstellung und Verwendung von Wasserstoffgas: Zum Beispiel beim Schweißen, bei der Synthese von Ammoniak oder Methan, als Antriebsmittel beim ‚Space Shuttle‘ oder bei der Europa-Rakete ‚Ariane‘ sowie als Brenn- und Kühlgas in der Energietechnik. Darüber hinaus zeigen die Testergebnisse von Daimler-Benz und BMW, daß das Speichern von Wasserstoffgas im Automobilbau durchaus möglich ist.

Die Speicherung von Wasserstoff

Das entscheidende Problem bei der Verwendung von Wasserstoff als Treibstoff liegt in der Auslegung des Tanks, da das Wasserstoffgas wegen seiner geringen

Der Transporter 310 im Flottentest in West-Berlin. Rund 400 000 km wurden von den Testfahrzeugen insgesamt zurückgelegt. Fazit: „Der Betrieb von Fahrzeugen mit Wasserstoff ist sicher und beherrschbar“. (Foto: Mercedes-Benz, 1985)

Der Pkw 280 TE beim Tanken. Wasserstoff- sowie Kühlwasserzuleitungen sind angeschlossen. Die Betankungszeit liegt bei etwa 10 min, 63 m³ Wasserstoff und 10 Liter Einspritzwasser werden dabei gespeichert. (Foto: Mercedes-Benz, 1985)

ne BMFT-Zuschüsse. Sechs Jahre später war die Technik so ausgereift, daß BMW ihr Fahrzeug auf der Welt-Wasserstoffenergie-Konferenz (WHEC) offiziell vorstellen konnte. Daimler-Benz wie auch BMW sehen durch ihre Tests als erwiesen an, daß ein „grundsätzliches Umdenken seitens der Hersteller und Betreiber nicht erforderlich ist, denn herkömmliche Fahrzeugkonzepte können angepaßt und alle Arten von Verbrennungskraftmaschinen für den Betrieb mit Wasserstoff eingerichtet werden“. Für beide Konzerne war die entsprechende Umrüstung ihrer Hubkolben-

schen 1984 und 1988 in West-Berlin getestet wurden. Fünf 280 TE mit Wasserstoff/Benzin-Mischbetrieb und fünf Transporter 310, nur mit Wasserstoff betrieben, waren zur Zufriedenheit der Ingenieure den Alltagsanforderungen gewachsen.

BMW, die sich ebenfalls der Wasserstofftechnologie für Pkws zuwandte, baute 1979/80 zusammen mit der Deutschen Forschungs- und Versuchsanstalt für Luft- und Raumfahrt (DFVLR) sowie der Hoechst-Tochterfirma Messer Griesheim ihren ersten wasserstoffgetriebenen Kraftwagen auf, allerdings oh-



Dichte von $0,084 \text{ kg/m}^3$ (bei Normaldruck und -temperatur) erheblich ‚komprimiert‘ werden muß. Die technische Bewältigung der dabei entstehenden Probleme wie Tanksicherheit, Speichervolumen und Materialbeschaffenheit entscheidet über den Erfolg oder Mißerfolg der weiteren Wasserstoffanwendung. Die Ergebnisse werden in jedem Fall von der Automobilindustrie an dem hochenergetischen Benzin mit seiner Dichte von rund $4,4 \text{ kg/m}^3$ gemessen: 50 Liter reichen für 500 km, und der gefüllte Tank wiegt ganze 45 kg.

Drei Varianten kommen grundsätzlich für die Speicherung von Wasserstoff in Betracht: als Gas (H_2), chemisch gebunden und als Flüssigkeit (LH_2).

Bei der gasförmigen Speicherung muß der Wasserstoff auf mindestens 200 bar komprimiert werden, um auch nur entfernt eine dem Benzin entsprechende volumenbezogene Speicherdichte zu erzielen. Das geschieht normalerweise in schweren Stahlflaschen oder Tankbehältern, die nur für Busse, Gabelstapler und andere technische Fahrzeuge in Betracht kommen, da bei diesen das zusätzliche Gewicht kaum eine Rolle spielt. Werden stattdessen leichte Faserverbund-Werkstoffe verwendet, so liegt das Gewicht des Tanks inklusive Inhalt immer noch bei 350 kg, da 667 Liter Wasserstoffgas gespeichert werden müssen, um auf einen Energiegehalt von 50 Litern Benzin zu kommen. Solche Tanks sind für Pkws indes zu voluminös, zu schwer und nicht sicher genug, denn die Gefahr der Ribildung durch den Hochdruck ist nicht auszuschließen.

Die sicherste Art, Wasserstoffgas im Auto mitzuführen, ist die chemische Bindung als Metallhydrid. Titan-Eisen-Legierungen nehmen bei einer Temperatur von $0-20^\circ\text{C}$ und geringem Druck (zwischen 1 und 50 bar) den Treibstoff auf und bauen dessen Atome unter Abgabe von Wärme zwischen ihre Metallatome ein. Wird Wärme höherer Temperatur (ab 40°C) wieder zugeführt, zerfällt das so entstandene Metallhydrid in seine Komponenten Metall und Wasserstoffgas. In der Praxis muß der Metallhydrid-Tank deshalb wie ein Röhrenwärmetauscher aufgebaut sein, damit die beim Tanken entstehende Wärme über Kühlwasser abgeführt und die für die Entnahme von Wasserstoff während der Fahrt notwendige Energie aus der Motorabwärme zugeführt werden kann.

Daimler-Benz entschied sich so auch für die Entwicklung solcher Tanks, „da die Sicherheit der Wasserstoffspeicherung durch die chemische Bindung im Metallgitter in einem bisher nicht bekannten Ausmaß gewährleistet war“. Zusammen mit der Gesellschaft für Hydrid-Wasserstofftechnik, der Universität Dortmund, Thyssen und dem Forschungsinstitut von Mannesmann wurde eine TiVMn-Legierung in der Zusammensetzung von Titan (0,98), Zirkon (0,02), Vanadium (0,43), Eisen (0,09), Chrom (0,05) und Mangan (1,5) entwickelt. Diese Legierung erwies sich als die beständigste bei dem 1500mal zu durchlaufenden Prozeß von ‚Laden‘ und ‚Entladen‘ auf dem Prüfstand.

Der ungeheure Vorteil gegenüber anderen Speicherungsarten ist, daß keine Gefahr für die Bildung eines explosiven Wasserstoff-Luft-Gemisches besteht, solange die Metallatome die Gasatome binden. Das bedeutet, daß solche Speicher ohne Probleme transportiert, gelagert und nur durch die kontrollierte Zufuhr von Wärme wieder ‚entladen‘ werden können. Beschädigungen solcher Tanks bringen daher keine Explosionsgefahr mit sich.

Der Nachteil des Metallhydrids dagegen ist zum einen die Notwendigkeit, sehr reinen Treibstoff verwenden zu müssen. Kleinste Verunreinigungen, wie etwa Feuchtigkeit, können zu einem Rückgang der Speicherkapazität von bis zu 40% führen und damit zu einer erheblichen Reduzierung der Reichweite des Fahrzeugs. Zum anderen ist die geringe volumenbezogene Speicherdichte und das dazu relativ hohe Gewicht ungünstig: Die von Daimler-Benz verwendeten Tanks bestanden aus zwei bzw. vier Modulen, von denen jedes mit 80 kg Metallpulver gefüllt war. Metallpulver wurde verwendet, um eine größere Oberfläche zum Speichern von Wasserstoffgas zu bekommen. Die Tanks hatten ein Gewicht von 280 beziehungsweise 560 kg und konnten insgesamt nur einen Energiegehalt von 11 beziehungsweise 22 Litern Benzin aufnehmen – zu wenig für einen Autofahrer, der nicht nur in der Stadt fahren will.

Für den stationären Einsatz lassen sich hingegen viele Anwendungsmöglichkeiten finden. Daneben könnte zum Beispiel der Effekt von Wärmez- und -abfuhr für den Betrieb von Wärmepumpen, Kühlschränken oder Klimaanlage ein-

gesetzt werden. Am Argonne National Laboratory (USA) wurde in einer Testphase Wasserstoff zwischen zwei unterschiedlichen Metallspeichern hin- und hergepumpt, um zu beweisen, daß Kühlsysteme so durchaus betrieben werden können.

Die Entwicklung von Metallhydriden wird bei Daimler-Benz jedoch in Zukunft nicht weiter verfolgt, da es BMW und Messer Griesheim inzwischen gelungen ist, einen zukunftssträchtigen Flüssiggastank herzustellen. Mit seinem Fassungsvermögen von 93 Litern flüssigen Wasserstoffs ist der Tank „small and beautiful“, wie die Werksingenieure meinen.

Die Verflüssigung von Wasserstoff erfolgt durch einen Kälteprozeß in großtechnischen Anlagen, der sehr energieaufwendig ist: Weitere 30% (die ersten 30% wurden ja schon für die Herstellung von Wasserstoffgas benötigt) müssen aufgewendet werden, um das Wasserstoffgas mittels Kompression in Verdichtern und nachfolgender Expansion in Turbinen auf seinen Siedepunkt von -253°C abzukühlen.

Um diese tiefkalte Flüssigkeit speichern zu können, entspricht der Tank dem Prinzip einer Thermoskanne: Er besteht aus einem Innenbehälter, der im Abstand von 4 cm von einem Außenbehälter eingeschlossen wird. Dazwischen befindet sich ein Vakuum, das mit mehrschichtigem Isolationsmaterial, bestehend aus Aluminiumfolie und Glasfaserpapier, angefüllt ist. Diese Isolierung ist notwendig, um den Wärmeaustausch zwischen der normalen Außentemperatur und der tiefen Innentanktemperatur möglichst gering zu halten.

Getankt wird, ähnlich wie bei einem Benzinauto, an der Tankstelle, wobei der Vorgang insgesamt noch sehr zeitaufwendig ist: Nach dem Ankuppeln müssen Luft und Feuchtigkeit durch Helium gebunden und die Tankzuleitung mit kryogenem Wasserstoff (Kryo = Kälte, Frost) gekühlt werden. Die reine Betankungszeit liegt dann bei 7–8 Minuten, eine Zeit, die BMW durch die Einführung automatischer Tankanlagen auf 2–3 Minuten senken will.

Dieser Aufwand erscheint, technisch gesehen, lohnenswert, da die Energiedichte des flüssigen Wasserstoffs dem Benzin sehr nahe kommt. Sie liegt bei 3,2 Litern gegenüber einem Liter Benzin. Die 93 Liter Tankfüllung reichen also für et-

wa 300 km. Der entscheidende Nachteil dieser Speichervariante ist ein Phänomen, das erstmals um 1860 R. J. E. Clausius als Übergang vom flüssigen zum gasförmigen Aggregatzustand beschrieben hat: ein Teil der Flüssigkeit verdampft. Trotz guter Isolierung sind es täglich 2%, die über zwei Sicherheitsventile aus dem Kryotank nach außen strömen. Nach ungefähr 50 Tagen wäre der Tank leer.

Dieses Sicherheitsrisiko, das auf ein Prozent Verdampfung täglich gesenkt werden soll, beabsichtigt BMW in Zukunft mit Ventilatoren zu lösen: Sie sollen, in die Garage eingebaut, das Gas einfach nach außen befördern, wo es sofort ‚verfliegt‘.

Zusammenfassend läßt sich sagen, daß der Kryotank trotz aller gegenwärtigen Probleme die geeignetste Alternative zum Benzintank darstellt und mit seinen 30 kg den Anforderungen nach geringem Gewicht, optimaler Ausnutzung des Tankraumes und guter thermischer Isolation gerecht wird. – Nur, bei den Kosten von derzeit rund 100000 DM pro Stück ist an eine lohnende Serienproduktion keinesfalls zu denken. „Das sind Gelder, die wir für reine Forschungstätigkeiten ausgeben, ohne jegliche Marktorientierung“, erklärt der Leiter von Wissenschaft und Forschung bei BMW, Dr. H. Braess. „Wir sind froh, wenn wir in 10–15 Jahren zu serienreifen Lösungen kommen.“

Der zukünftige Einsatz von Wasserstoff ist vorstellbar

„Was wir brauchen ist ein EURECA-Projekt im Automobilwesen, eine Konzertierte Aktion verschiedener Betriebe mit dem Staat, um die Solarwasserstofftechnologie voranzubringen. Harte Arbeit ist auf allen Sektoren gefordert.“ Eine Aufforderung, die für H. Braess in erster Linie auf die Bewältigung der Sicherheitsprobleme und den Aufbau einer Infrastruktur für flüssigen Wasserstoff zutrifft, die in einem Pilotversuch getestet werden müssen. Das Interesse an einer solchen Zusammenarbeit haben schon Daimler-Benz, Peugeot und VW bekundet, erste Schritte sind bei BMW vorgeprojektiert. Busse sollen als Versuchsfahrzeuge im Langzeittest eingesetzt werden. Der Vorteil besteht darin, daß im Bus-Depot eine zentrale Versorgung, das heißt eine Infrastruktur mit Werkstätten, Garagen und Tankstellen aufgebaut werden kann. Schritt für

Schritt wären dann private Pkws an diesem Test zu beteiligen, bis schließlich einzelne Städte über eine gesamte Wasserstoffversorgung verfügen.

Hintergrund solcher Planung ist die Verkehrssituation in vielen Städten, die – wie Los Angeles – wegen geographischer Bedingungen unter besonders häufiger Smogbildung zu leiden haben. Es wird darüber nachgedacht, den Benzingebrauch in solchen Städten bis zum Jahre 2000 erheblich einzuschränken. ‚Insellösungen‘, wie BMW sie vorschlägt, könnten hier Abhilfe schaffen. In der Stadt würde man mit Wasserstoff, über Land weiter mit Benzin oder Diesel fahren. Ein Teil der Wagen von Daimler-Benz wie auch der BMW 735i sind schon heute für den Mischbetrieb eingerichtet. Sie haben zwei Tanks, so daß nur ein Schalter am Armaturenbrett von ‚H‘ auf ‚B‘ gekippt werden muß, damit die entsprechende Treibstoffversorgung durch zwei verschiedene Chips geregelt werden kann. Ob flüssiger Wasserstoff oder Benzin, der Wagen fährt.

Ob und wann er jedoch tatsächlich fahren wird, hängt nach Meinung der Autokonzerne von verschiedenen Faktoren ab: Von der Zunahme der Luftverschmutzung durch CO und CO₂, von der Veränderung des Klimas und von politischen Entscheidungen, die den Einsatz hinauszögern oder beschleunigen können. Und, viertens, von der Wirtschaftlichkeit der neuen Technologie. Gemessen an einem Liter Benzin kostet die entsprechende Menge flüssigen Wasserstoffs ungefähr 10,- DM. Eine Summe, bei der jeder Betriebswirt abwinkt und ein weiteres Gespräch darüber als „indiskutabel“ beendet. Würde er jedoch die tatsächlichen Folgekosten des Benzingebruchs für die Umwelt, im Städtebau und bei der Luftreinhaltung dem Benzinpreis hinzurechnen, so käme auch er auf einen ähnlich hohen Betrag.

Solange das aber nicht geschieht, wird die Realisierung der solaren Wasserstoffanwendung einen schweren Stand haben. Man rechnet, wie Eberhard von Kuenheim (BMW), in längeren Zeiträumen: „Ich möchte daran erinnern, wie lange es gedauert hat, bis Benzin problemlos verteilt wurde. Ursprünglich wurde es in Flaschen verkauft, in der Drogerie. Beim Benzin hat dieser Aufbau eines ganzen Systems über 50 Jahre gedauert – beim Wasserstoff wird das sicherlich 30 Jahre dauern.“

WASSERSTOFF IM AUTOTANK

Ob dann die Speicherung von Wasserstoff noch aktuell ist, bleibt fraglich, denn, so absurd das auch hier klingen mag, im Grunde genommen ist sie ein Umweg. Der direkte Weg wäre die Speicherung solarer Energie in Elektrobatterien. Diese ließen sich im Auto ebenso einsetzen wie in Kraftwerken, ohne daß man den Weg über die Elektrolyse zum Wasserstoff gehen müßte. Die gegenwärtigen Bleibatterien kommen hierfür allerdings nicht in Betracht: Ein Elektroauto müßte 20800 kg Bleibatterien laden, um eine 500 km-Strecke zu schaffen. Hochenergiebatterien aus Schwefel und Natrium stehen hingegen erst am Anfang ihrer Entwicklung.

Beide Konzepte, Wasserstoff wie Elektrobatterie, werden bei BMW verfolgt. Befragt zu der Zukunft alternativer Treibstoffe, antwortete H. Braess: „Wir wissen nicht, was die endgültige Lösung sein wird.“ □

Quellen:

- Interview mit Dr. Ing. H. Braess, Dr. Ing. K.-N. Rega und Dipl.-Ing. C. Fickel von der BMW-Entwicklung, München 1989.
- Energiewirtschaftliche Tagesfragen. 1988, Heft I.
- Scheer, H.: Die gespeicherte Sonne. München 1987.
- Wasserstoff-Antrieb. Abschlußbericht des BMFT-Projekts ‚Alternative Energien für den Straßenverkehr‘. Köln 1989.
- Wasserstoff-Energietechnik. VDI-Berichte 602. Düsseldorf 1987.
- Wasserstoff-Energietechnik II. VDI-Berichte 725. Düsseldorf 1989.
- Wasserstoff als Energieträger. Hrsg. von C. J. Winter und J. Nitsch. Heidelberg 1986.

DER AUTOR

Albrecht Hoffmann, geb. 1952, arbeitete zuletzt als verantwortlicher Lektor für die Reihe ‚Beiträge zur Technikgeschichte‘ des Bundesministeriums für Bildung und Wissenschaft im Deutschen Museum. Er lebt heute als freier Redakteur und Journalist in München.



Kartenspiel aus
Aluminiumblech, USA
1932. (Foto: Hans Joliet)



Violine mit Klangkörper,
Halsteil und Schnecke aus
Aluminium, USA 1936.
(Foto: Hans Joliet)

Wöhler-Medaille, um
1880, aus Aluminium, das
in Salindres/Frankreich
hergestellt wurde. (Foto:
Hans Joliet)



SILBER AUS LEHM

Hans Joliet

Jährlich entstehen heute weltweit aus 23 Millionen Tonnen Aluminium Flugzeuge und Automobile, Fenster und Türen, Verpackungsfolien und Getränkedosen – alltägliche Gebrauchsgüter wie faszinierende High-Tech-Produkte. Und schon dem römischen Kaiser Tiberius soll ein Handwerker eine Schale aus einem silberweißen Material überreicht haben, das er aus Lehm gewonnen haben wollte. Der Kaiser befürchtete, dieser neue Werkstoff könne das Silber seines Kriegsschatzes entwerten. Tiberius soll sich vergewissert haben, daß der Handwerker das Geheimnis der Erzeugung allein besaß, um ihn schließlich hinrichten zu lassen.

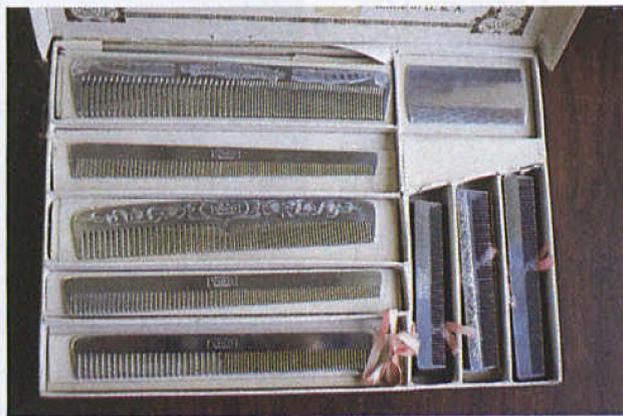
Auch wird seit Jahren immer wieder über eine Gürtelschnalle, angeblich aus Aluminium, berichtet, die in einem historischen chinesischen Grab gefunden worden sein soll. Eine Legende? Grabräuber aus jüngerer Zeit sollen sie vergessen haben, so eine der möglichen Erklärungen. Doch vielleicht ist sie wirklich viel älter. Vielleicht bestand ja auch die Schale für Tiberius vorwiegend aus Aluminium. Wir wissen beides nicht.

Erste Zeugnisse

Verlässlicheres liegt 7000 Jahre zurück. Die Menschheit begann gerade zu töpfern. Und man weiß heute, daß der verwendete Ton als wichtigstes Mineral ein Silikat aus Aluminium-Magnesium enthielt. Dieses Töpferhandwerk nahm nach aktuellem Stand der Kenntnis seinen Anfang in einem kleinen, aus Lehmwällen und Steinfundamenten auf einem Hügel oberhalb eines Flusses errichteten Dorf. Es lag in Jarmo, einer Gegend in der Nähe von Kirkuk im nördlichen Irak, am Rande einer Ebene unterhalb des Hochlandes von Kurdistan.

Die Brennöfen für die Töpferei erreichten Temperaturen von rund 1000 Grad C und waren die Vorläufer der modernen Hochöfen zum Ausschmelzen von Metallen aus Mineralien. Diese Öfen führten direkt zur Entdeckung von Metallen.

Überall stoßen wir darauf: beim Druck auf die Zahncremetube, beim Abziehen des Joghurtdeckels, beim Betreten des Flugzeugs. Aus dem ‚Lehm-Metall‘ von einst, damals noch Material für Paradehelme und Gardesignets und militärische Hoffnung Napoleons III., wurde ein allgemeines technisches Kulturgut. Mittlerweile werden weltweit jährlich 23 Millionen Tonnen Aluminium, wie wir es heute nennen, verarbeitet. Aluminium ist aus unserem Alltag nicht mehr wegzudenken. Die Rahmenbedingungen seiner Produktion aber haben sich gewandelt.



Aluminium-Kamm-Garnitur im Verkaufsdisplay, USA 1896. (Foto: Hans Joliet)



Moderne Aluminium-Anwendung: Airbus-Produktion in Hamburg. (Foto: MBB)

Denn man glaubt heute nicht mehr, daß die Metalle beim gelegentlichen Schmelzen von Steinen im offenen Herdfeuer gefunden wurden – diese Hitze wäre nicht ausreichend gewesen, um Metall freizusetzen.

Im Laufe der Jahrtausende bis etwa 1600 v. Chr. wurden Gold, Silber, Eisen, Kupfer, Blei, Zinn entdeckt. Aluminium als eigenständiges Metall wurde indes noch nicht ausfindig gemacht, da es in der Natur nur in Verbindungen, vor allem mit Sauerstoff und Kieselsäure, vorkommt. Seine Karriere verlief jahrtausendlang eher verborgen. Aluminiumsalze, zumeist Sulfate, – unter dem Begriff Alaun zusammengefaßt – wurden von den alten Ägyptern und Babyloniern verwendet. Alaun war um das Jahr 1000 v. Chr. weit verbreitet: als Bestandteil pflanzlicher Farbstoffe und verschiedener chemischer Prozesse. Spätestens zur Zeit des frühen Rom wurde Alaun auch für medizinische Zwecke verwendet; seine zusammenziehende Wirkung war gut geeignet, Blutungen zu stillen. Die Herstellung war die gleiche wie heute die Gewinnung der Tonerde aus Bauxit: das Erz (Alaunstein) wurde gebrannt, ausgelaugt, abgesetzt, gekocht, in Absatzbecken geklärt, als Kristalle niedergeschlagen und eingedampft.

Aluminium – wiederum in nichtmetallischer Form – ist, obgleich in jener Zeit noch nicht erkannt, wesentlicher Bestandteil von Edelsteinen. Die Oxidverbindungen des Aluminiums bilden den Saphir, den Rubin, den orientalischen Amethyst und den Smaragd; verbunden mit Fluor und Silizium den Topas, mit Phosphat den Türkis und mit Kiesel, Soda und Sauerstoff die Jade. Jeder Edelstein – mit Ausnahme des Diamanten – verdankt damit dem Aluminium seine Schönheit.

Stationen der Entdeckung

5000 vorchristliche Jahre reichten nicht aus, um das Element aus seinen uralten Verbindungen mit anderen Elementen zu lösen. Weder der Einfluß von Quecksilber noch die Kraft des Hämmerns, noch die Glut des Feuers brachten das zustande. Alchimisten wie Metallurgen bemühten sich vergeblich darum. Ein

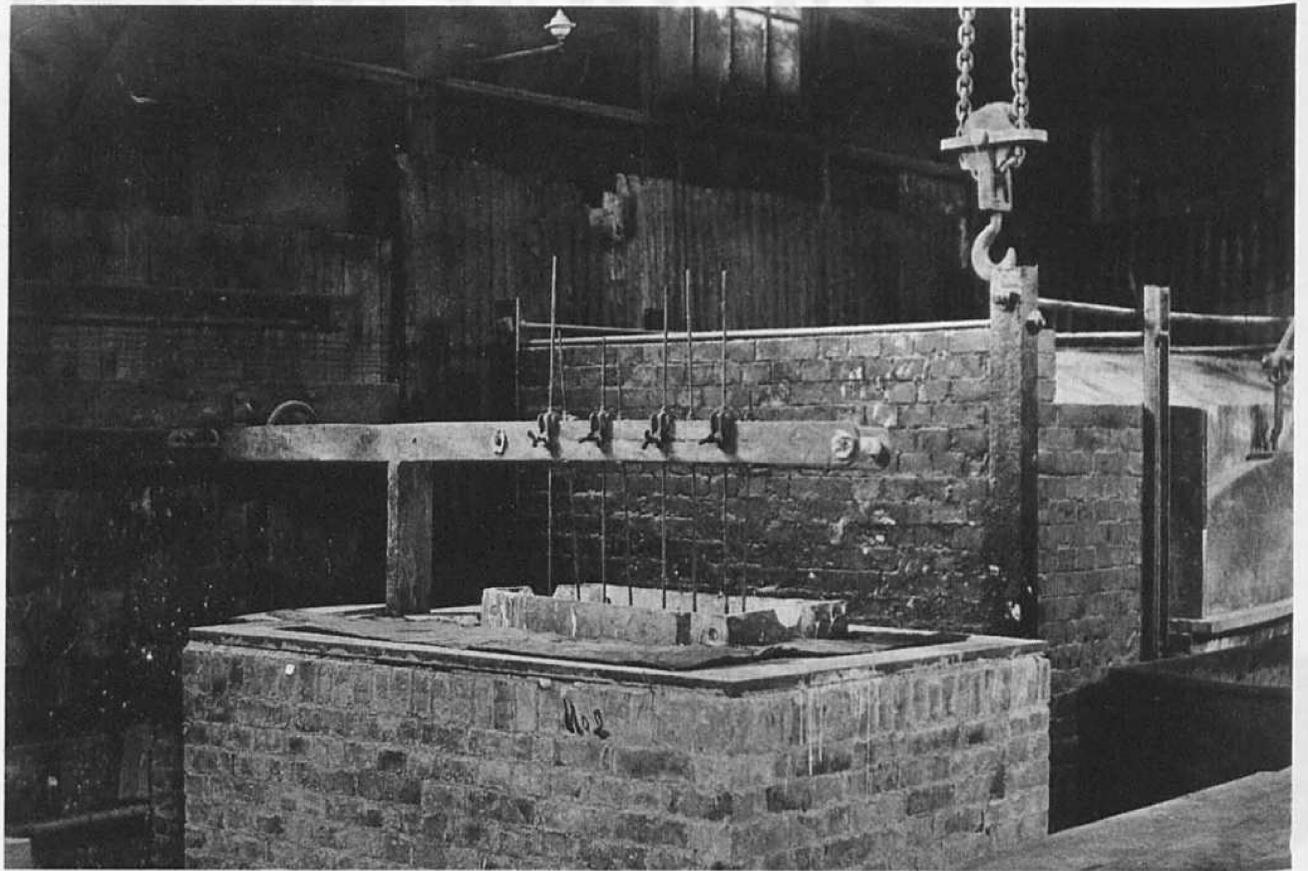
winziger Schritt zur Wende dieses bis dahin erfolglosen Tuns war 1791 die Entdeckung des Aluminium-Doppelfluorids Kryolith in Grönland, der einzigen natürlichen Fundstelle. Eine Rarität, die sich später noch als Schlüssel eines Rätsels erweisen sollte, über das der große Chemiker Lavoisier 1782 räsionierte: „Wahrscheinlich ist Tonerde das Oxid eines Metalls, das mit dem Sauerstoff so starke Bindungen eingeht, daß es weder durch Kohle noch sonst irgendein bekanntes Reduktionsmittel aufgespalten werden kann.“

Sir Humphry Davy, der die Wirkung des Lachgases entdeckte und die Sicherheitsgrubenlampe erfand, rückte auch dem Problem des Aluminiums 1807 energisch zu Leibe. Er versuchte mit Hilfe der Elektrolyse die Trennung eines Gemisches von Tonerde und Kali. Ohne Resultat, denn die Elektrotechnik war damals bei weitem noch nicht ausreichend fortgeschritten. Doch Davy gab dem Metall, das er aus den Verbindungen mit anderen Elementen lösen wollte, das er zwar nicht kannte, an das er aber fest glaubte, den Namen ‚Aluminium‘. Davy erschien diese Bezeichnung wissenschaftlicher als der populäre Ausdruck ‚Lehm-Metall‘, und außerdem war darin das alte Wort ‚Alumen‘ enthalten.

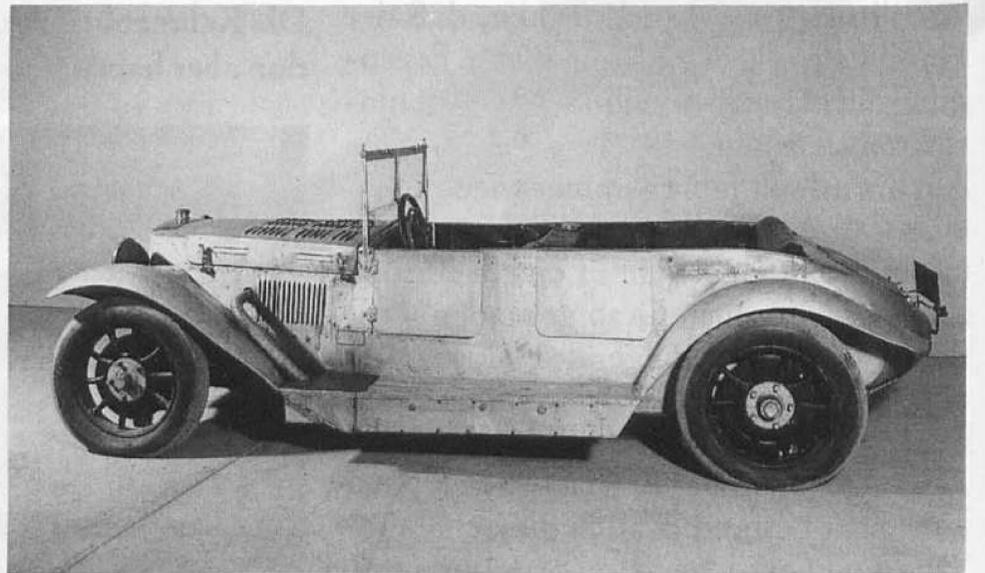
1809 schmolz Davy Eisen mit Tonerde und erhielt so eine Eisen-Aluminiumlegierung. Für den Bruchteil einer Sekunde, bevor das Aluminium sich mit dem Eisen verband, war es erstmals als Metall freigesetzt worden. Am 20. Juni 1808 wurde das Aluminium von Davy in einem öffentlichen Vortrag dem Auditorium der Royal Institution in London erstmalig als Metall vorgestellt. Es war als Element erkannt.

Das Erz selbst, aus dem das Aluminium gewonnen wird, entdeckte 1821 der französische Chemiker Pierre Berthier in der Nähe des Dorfes Les Baux bei Arles in Südfrankreich. In Anlehnung an den Fundort wird die aluminiumhaltige rote Erde bis heute Bauxit genannt. In vier Tonnen davon stecken bis zu zwei Tonnen Aluminiumoxid, das eine Tonne Aluminium ergibt.

1825 gelang dem Dänen Hans Christian Oersted ein weiterer entscheidender Schritt auf dem Weg zur Entdeckung des Aluminiums. Bei seinen Experimenten fand er das leichte Metall in Amalgamresten eingebettet. Stolz konnte er der Kö-



Der erste Reduktionsofen nach Hall im Werk der Pittsburgh Reduction Company, 1888. (Foto: Alcoa)



SHW-Wagen von 1924 mit selbsttragender Aluminium-Karosserie, restauriert von BMW. (Foto: Deutsches Museum)

niglich-Dänischen Akademie der Wissenschaften in Kopenhagen mitteilen: „Es bildet einen Metallklumpen, der in Farbe und Aussehen etwas an Zinn erinnert.“ Oersteds Ehrgeiz war befriedigt. Er verzichtete auf weitere Versuche und teilte seine Ergebnisse dem Berliner Chemiker Friedrich Wöhler mit.

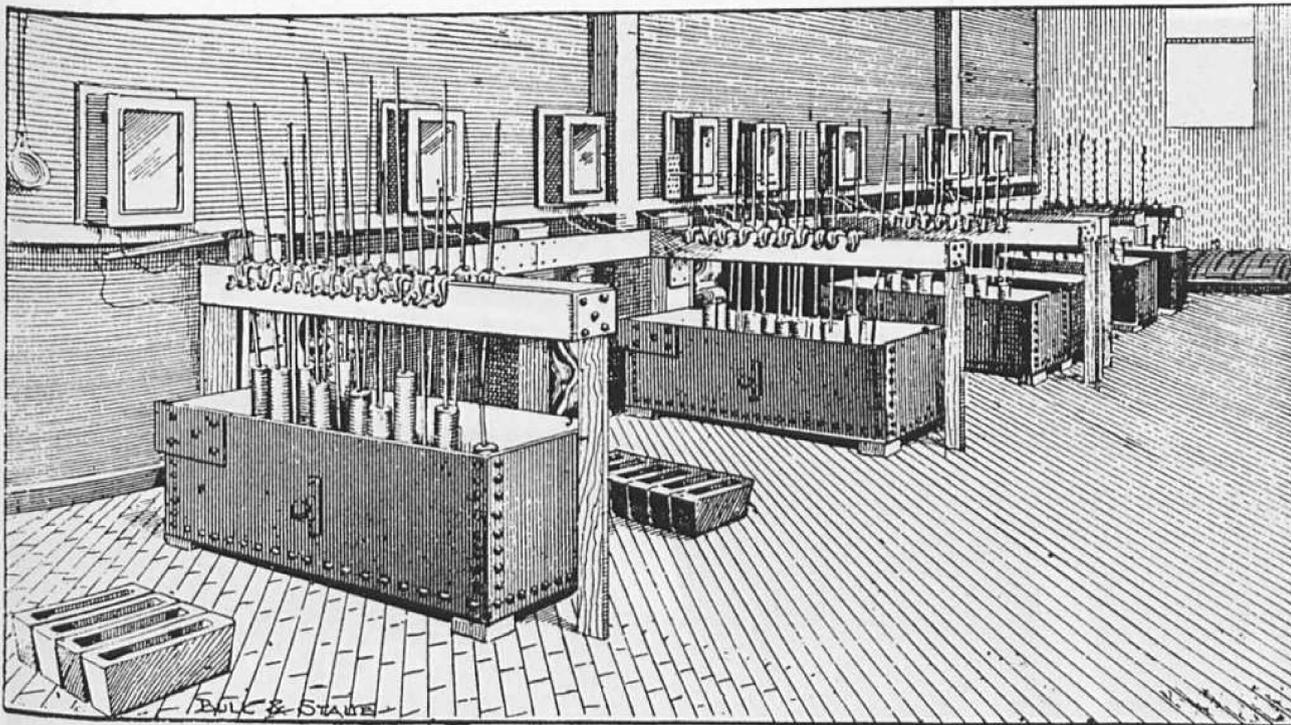
Bescheidene Anfänge

Und Friedrich Wöhler, geboren am 31. 7. 1800 in Eschersheim bei Frankfurt am Main, ist es auch, dem es am 22. Oktober 1827 in seinem bescheidenen Laboratorium an der Städtischen Gewerbeschule Berlin gelingt, Metallblättchen aus Aluminium herzustellen. Der Beginn des späteren Siegeszugs. Eine Reihe weiterer Versuche folgen noch, bis Wöhler 1845 endlich größere Mengen von Aluminiumkügelchen in der Größe von Stecknadelköpfen herzustellen vermag.

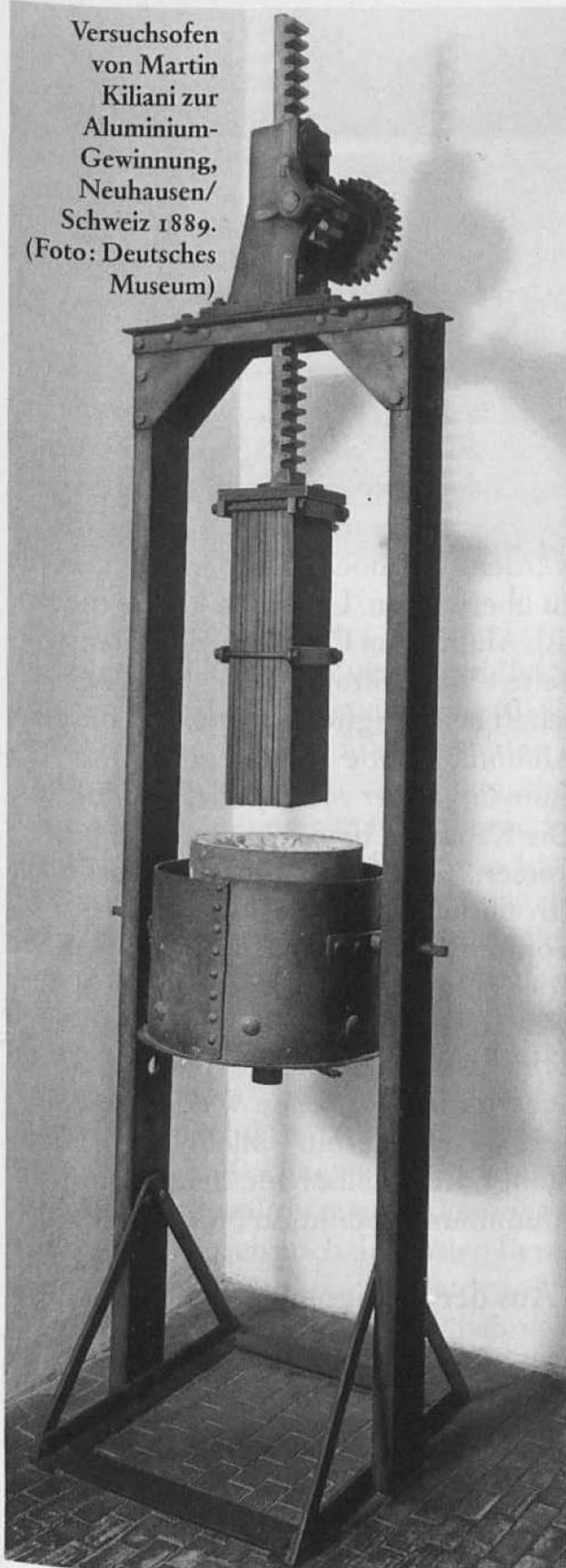


Aluminium-Briefkasten im Monadnock Building, Chicago 1892. (Foto: Alcoa)

Darstellung der Schmelzöfen-Halle in Pittsburgh 1888. (Foto: Alcoa)



Versuchsofen von Martin Kiliani zur Aluminium-Gewinnung, Neuhausen/Schweiz 1889. (Foto: Deutsches Museum)



Der französische Wissenschaftler H. Sainte-Claire Deville nahm sodann 1854 die Herstellung von Aluminium nach einem chemischen Verfahren auf, das er selbst entwickelt hatte. Er konnte der Französischen Akademie der Wissenschaften mitteilen, daß ihm nunmehr die Produktion von Aluminium-Klumpen in der Größe von Murmeln gelungen sei.

Deville's Fortschritte legten den Grundstein für eine erste, bescheidene Aluminium-Industrie, die nach einem rein chemischen Verfahren produzierte. Aluminiumbarren aus den Chemischen Werken Javel in Glacière, einem Vorort der Hauptstadt Frankreichs, wurden auf der Weltausstellung 1855 in Paris neben den Kronjuwelen ausgestellt. Die Öffentlichkeit sah und hörte somit erstmals von Aluminium, dem ‚Silber aus Lehm‘. Die französische Akademie war beeindruckt und stiftete 3000 Francs, um weitere Forschungen anzuregen. Napoleon III. hoffte, durch Aluminium seine Truppen mit leichten Waffen ausstatten zu können und ermutigte Deville zur Fortsetzung seiner Versuche durch Unterstützung aus der Staatskasse. Trotz aller technischen Verbesserungen aber war der chemische Weg zur Aluminium-Herstellung letztlich eine Sackgasse: zu aufwendig. Doch immerhin war das Augenmerk der Wissenschaftler nun auf das leichte Metall gelenkt.

Und erste Gebrauchsgegenstände aus Aluminium fanden in den fünfziger Jahren des 19. Jahrhunderts ihre Besitzer. So etwa eine Kinderklapper für den Sohn Napoleons III., Operngläser und Brillen, Adler für die Fahnenstangen der kaiserli-

SILBER AUS LEHM

chen Garde, ein Paradehelm für den König von Dänemark, Uhrketten, Eßbestecke, kleinere Gegenstände für den Haushalt und 1864 sogar eine Armbanduhr mit Aluminium-Gußgehäuse.

Start in die moderne Aluminium-Industrie

Ein sinnvoller chemischer Weg zur Produktion von Aluminium wurde nicht gefunden. Auch die Gewinnung mit Hilfe von elektrischem Strom ging nicht so recht voran, bis Werner von Siemens 1866 die Dynamo-Maschine erfand, die erste elektrische Kraftquelle mit hoher Stromstärke bei niedrigen Spannungen. Die Voraussetzung für die großtechnische Verwertung des elektrischen Stromes zur industriellen, wirtschaftlichen Erzeugung von Aluminium war geschaffen. Weitere Entwicklungsstufen folgten. 1886 war dann das Geburtsjahr der modernen Aluminium-Industrie.

Unabhängig voneinander fanden zwei gleichaltrige junge Männer – der eine in Frankreich, der andere in Amerika – im selben Jahr den Weg zur Produktion von Aluminium durch Elektrolyse von Aluminiumoxid in Kryolith: Paul L. Héroult in Paris und Charles Martin Hall in Oberlin, Ohio, melden zum gleichen Zeitpunkt ihre Patente an, nach denen noch heute, rund 100 Jahre später, in allen Aluminiumhütten der Welt gearbeitet wird.

Erste Aluminiumhütte in Deutschland

Bereits am 9. April 1885 wurde in Hemeilingen, Norddeutschland, die Aluminium- und Magnesiumfabrik A. G. gegründet. Dort sollten nach dem Verfahren DRP Nr. 26962 von 1883, dem sogenannten ‚Patent Grätzel‘, die beiden damals noch wenig bekannten Metalle Aluminium und Magnesium elektrolytisch hergestellt werden. Die Versuche aber blieben ohne Erfolg.

Ab Mitte 1886 produzierte man dann nach der Methode von Deville, stellte aus einem Gemisch von reiner Tonerde, Kochsalz und Teer durch Überleiten von Chlor das Doppelsalz Chloraluminium-Chlornatrium her und reduzierte es in Flammöfen durch Magnesium. Jedoch waren die Materialkosten so hoch und die hergestellte Menge an Aluminium so gering, daß diese Fabrikation Mitte 1887 aufgegeben wurde.

Versuche im eigenen Laboratorium aber hatten bereits weitaus bessere Ergebnisse erzielt. Daher wurde ein Schmelzhaus für die Reduktion von Kryolith durch Magnesium mit einer Jahreskapazität von 24 000 kg Aluminium eingerichtet. 1887 kostete ein Kilogramm des leichten Metalls immerhin 70,- Mark.

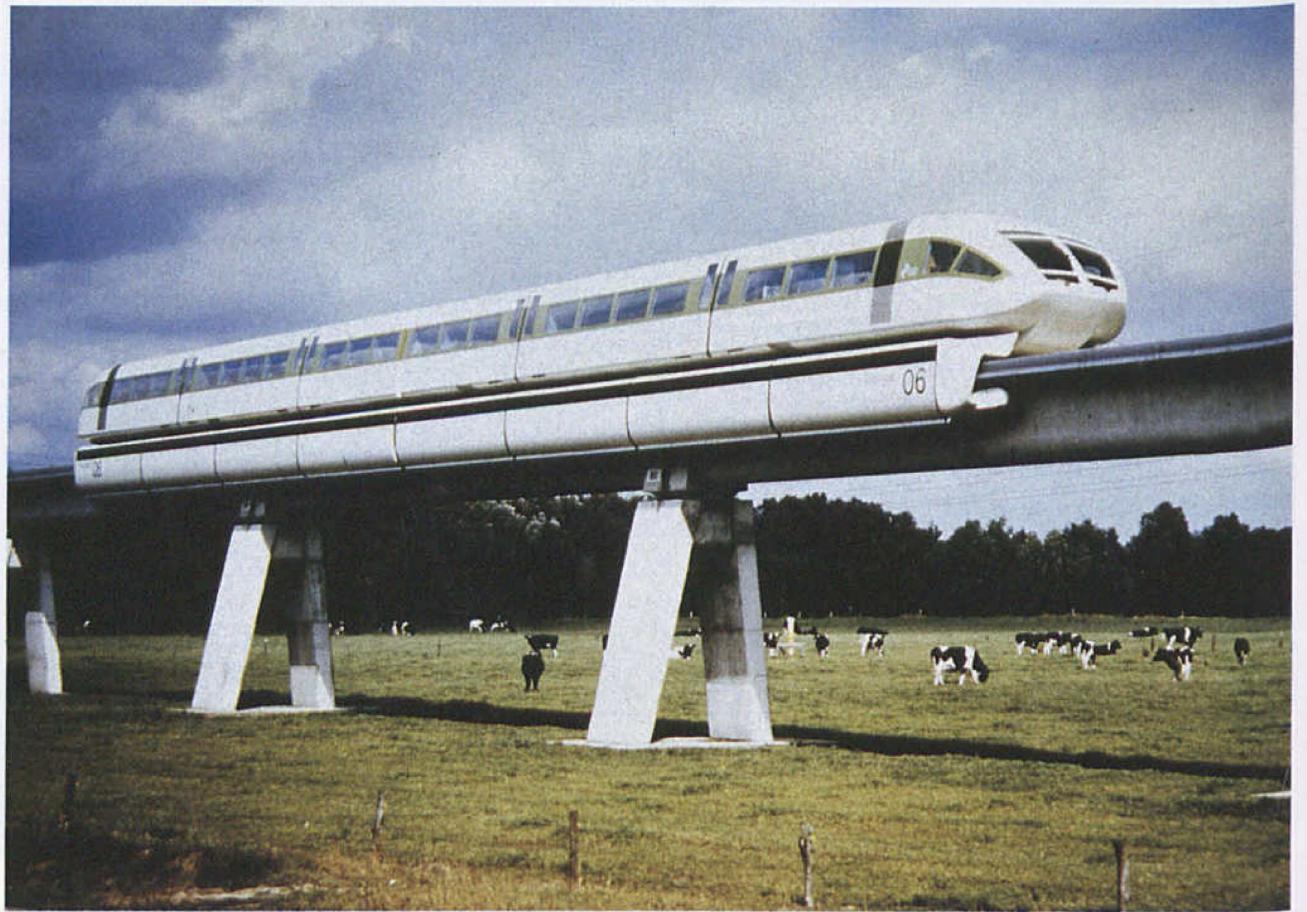
Die AIAG

Die Geschichte der Alusuisse ist aufs engste verbunden mit der Wasserkraftnutzung am Rheinfall bei Schaffhausen/Neuhausen in der Schweiz. Aus den einst mittelalterlichen Mühlen waren längst Eisenhütten und Verarbeitungswerke entstanden. So war auch das 1810 gegründete Eisenwerk J. G. Neher Söhne, Laufen, lange Zeit nicht nur durch sein charakteristisches Wassertrommelgehäuse bekannt, sondern vor allem durch die Qualität seiner Erzeugnisse. Eine Folge der Erschließung des Landes mit Eisenbahnen war aber, daß immer mehr ausländische Konkurrenzprodukte eingeführt wurden. Hinzu kam die ungünstige Lage des Werks im Hinblick auf die Beschaffung der Rohmaterialien. Eine neue Geschäftsidee also war bald dringend erforderlich.

Nur zwei Jahre zuvor hatte man den wirtschaftlichen Weg zur Herstellung von Aluminium entdeckt. Nun waren Mut und Zukunftsvisionen gefragt, um ihn zu realisieren. Viele Fragen stellten sich in Bezug auf das noch weitgehend unbekannte Metall: Wozu kann man es wirklich verwenden, wer wird es kaufen, wer wird den neuen Aluminium-Erzeugnissen vertrauen?

Mit der Produktionstechnik des neuen Werkstoffs war also die Erschließung eines noch unbekanntes Marktes eng verbunden. Eine integrierte Technologie- und Marketing-Konzeption entstand, die selbst heute noch als beispielhaft für unternehmerisches Denken und Handeln gilt.

Gustave Naville, Leiter der Maschinen- und Turbinenfabrik Escher Wyss & Co. in Zürich, machte zunächst Georg Neher auf das neue Patent von Paul-Toussaint Héroult aufmerksam: die Schmelzflußelektrolyse von Aluminium, mit der allerdings bis dahin noch kein Unternehmen in Europa gearbeitet hatte. Damit war die Idee zur Neuorientierung weg vom Eisen- hin zum Aluminiumwerk geboren. Auch der Unternehmer Peter Emil



Huber-Werdmüller, Leiter der Maschinenfabrik Oerlikon, erfuhr davon. So gründeten die vier Herren – Naville, Neher, Héroult und Huber-Werdmüller – am 26. August 1887 die Schweizerische Metallurgische Gesellschaft. Bereits im Frühsommer 1888 konnte Héroult seinen ersten Ofen in Betrieb nehmen. Zunächst wurde Aluminiumbronze mit einem Aluminiumgehalt von 20% hergestellt. Aus dem Unternehmen ging schnell die Aluminium Industrie Aktien Gesellschaft Neuhausen/Schweiz (AIAG) hervor. Am 12. November 1888 war es soweit. Dieser Tag gilt als Gründungstag der Alusuisse, die diesen Namen übrigens erst 75 Jahre später – 1963 – bekam.

Schon 1892 wurde von der Geschäftsführung der AIAG der Gedanke erwogen, in Rheinfelden (Baden) eine Aluminiumhütte zu bauen. Zunächst aber war dazu ein Kraftwerk am Rhein zu errichten. Die Arbeiten begannen im Sommer 1896. 1898 nahmen die Kraftübertragungswerke Rheinfelden als erstes Flußkraftwerk in Europa die Stromerzeugung auf. Im gleichen Jahr produzierte die Aluminium-Hütte Rheinfelden die ersten 100 Tonnen verwertbaren Aluminiums.

Auf dem Weg zum technischen Kulturgut

Andere Gründungsversuche in der Frühphase der Aluminiumindustrie verliefen

weniger glücklich. So lag es etwa bei der Suche nach preiswerter und effektiver Wasserkraft zur Aluminiumerzeugung mittels Elektrolyse nahe, Norwegen in die Standortwahl einzubeziehen. Die an Fjorden gelegenen Orte waren per Schiff leicht zu erreichen. Allerdings mußten sämtliche Rohstoffe und Fertigungserzeugnisse heran- und abtransportiert werden. Dennoch schienen die Vorteile zu überwiegen. Und 1906 kaufte die British Aluminium Company die teilentwickelte Wasserkraft einer Aktiengesellschaft bei Stangfjord, baute dort die erste Aluminiumhütte Norwegens und begann im Januar 1908 mit der Produktion. Die Kapazität betrug knapp 1000 Jahrestonnen. Das Aluminiumoxid wurde aus Großbritannien eingeführt.

Vom Ort aus aber gab es weder Straßen noch eine Eisenbahn ins Hinterland. Der kleinen Aluminiumhütte war so auch kein Erfolg beschieden, und sie wurde kurz nach Kriegsende wieder geschlossen. – Immerhin blieb der Name Stangfjord Symbol für den Beginn der Aluminiumproduktion Norwegens.

Aus der Fertigung der frühen Jahre

So entscheidend einerseits der Karrierestart des Aluminiums von der Hüttenproduktionstechnik bestimmt war, so unentbehrlich waren andererseits die Weiterverarbeitung und vor allem die Verkaufsiniciativen auf neuen Absatzmärkten.

Junkers F 13 von 1919, darüber Messerschmitt M 17 von 1925.
Die F 13 in Ganzaluminium-Bauweise war das erste
Verkehrsflugzeug. (Foto: Deutsches Museum)



Gelegentlich kam der Zufall zu Hilfe. So führten 1890 die USA Schutzzölle für Eisenwaren ein. Die Produktionsstätten in Deutschland, die vom amerikanischen Markt lebten, gerieten in Bedrängnis. Da kam von der AIAG die Marketing-Idee, auf Aluminium umzustellen. Wilhelm Berg griff sie auf und verhalf so als Pionier im Jahrzehnt vor der Jahrhundertwende dem damals unerprobten Aluminium-Kochtopf zum blühenden Markterfolg. Weitere neue Anwendungen folgten: Zunächst bestellten die Heeresverwaltungen Kochkessel, Feldflaschen und andere Behältnisse aus Aluminium, dann öffneten sich auch die zivilen Bereiche den neuen Märkten. Vielerorts entstanden kleinere und größere Fabriken für Aluminiumprodukte und vor allem Walzwerke, die Bleche und Bänder für die Kochgeschirr-Fabriken lieferten. Die bekanntesten unter ihnen waren Erbslöh, Basse & Selve, Carl Berg und Fritz Burr Wutöschingen.

Und noch vor dem Ersten Weltkrieg entwickelten sich die Aluminiumwalzwerke in Deutschland zu den größten Aluminiumverarbeitern Europas. Sie produzierten bis zu 18 000 Tonnen Halbzeug jährlich. Das Metall mußte jedoch größtenteils importiert werden, da es in Deutschland nur die Hütte der AIAG in Rheinfelden gab.

Aluminium wurde zum allgemein anerkannten technischen Kulturgut: 1892 war Baubeginn des vielbesprochenen Aluminiumluftschiffes nach dem Entwurf von David Schwarz in Ekeking, und ganz aus Aluminium bestanden auch die Gerüste der gasgetragenen Zeppeline. Das Ganzaluminium-Flugzeug folgte im und nach dem Ersten Weltkrieg.

Und wenn im Bauwesen auf die Langlebigkeit von Aluminium hingewiesen werden soll, zählt das Dach der San-Gioacchino-Kirche in Rom, das 1896 verlegt wurde, zu den bekanntesten und beliebtesten Beispielen.

SILBER AUS LEHM

Die Aluminiumfolie

Vor rund 100 Jahren – 1889 – hatte in den weltberühmten Metallwerkstätten von Fürth und Nürnberg das Blattaluminium das Blattsilber nahezu völlig verdrängt. Ausgehend von Blattaluminium in Bandform wurden dort zunächst durch Walzen, dann in weiterer Bearbeitung durch Hämmern hauchdünne Aluminiumfolien hergestellt. Der Beginn eines neuen Materials war gesetzt.

Und schon 1902 begann in der Schweiz Alfred Gautschi mit seinen Versuchen, Aluminiumfolie durch Walzen zu erhalten. Nach einem Patent von Gautschi & Jequier, Gontenswil, wurde ab 1905 das Paket- oder Buchwalzverfahren entwickelt. 1910 erreichte man bereits eine Stärke von 1/100 mm. Ein Aluminiumblech von 600 bis 700 mm Breite, 300 mm Länge und 1 mm Dicke wurde auf einem Duo-Walzgerüst auf etwa die doppelte Länge heruntergewalzt, dann zusammengelegt und wieder auf die doppelte Länge gewalzt und so fort, bis die gewünschte Stärke erreicht wurde. Nach dem Fertigwalzen mußten die Folien blattweise mit einem langen Holzmesser von Hand gelöst werden. Das Schneiden in dünne Lagen konnte nur mit Kreismessern geschehen. Das alles war zwar kostspielig, aber die erzielte Aluminiumfolie zeigte sich schmiegsam, geschmacksneutral, hygienisch und damit absolut geeignet zum Verpacken von Lebensmitteln.

Die Schokoladen-Industrie erkannte als erste den praktischen Wert der neuen Aluminiumfolie. Natürlich stieß die Einführung zunächst auf große Schwierigkeiten. Vor allem die Packerinnen konnten mit dem leichten Material nicht umgehen. Es vergingen mehrere Jahre, bis ihre Leistungen denen im Umgang mit Stanniolpapier vergleichbar waren.

Im Jahre 1928 produzierten die Aluminiumfolien-Hersteller in Deutschland so dann fast die gleiche Menge an Folie wie alle anderen Länder zusammen. In den USA verarbeitete man zum Beispiel 1500 Tonnen Rohmetall, in Deutschland über 4000 Tonnen. In der Nahrungs-, Genußmittel- und Zigarettenindustrie war die dreimal so teure und weniger hygienische Zinnfolie damit fast ganz verdrängt. Außerdem stellte man aus einem Kilogramm Aluminium 41 Quadratmeter,

aus der gleichen Menge Zinn nur etwa 15 Quadratmeter Folie in einer Stärke von 9/1000 mm her.

Duralumin

Zwar war durch die Erfindung der Schmelzflußelektrolyse 1886 Aluminium wirtschaftlich zu produzieren, seinen technischen Eigenschaften aber waren trotz der großen Anfangserfolge in verschiedenen Markt Bereichen noch Grenzen gesetzt. Die parallel einsetzende, allgemeine technische Entwicklung verlangte vom Aluminium gesteigerte Härte und Festigkeit, Dehnbarkeit und Elastizität sowie verbesserte Bearbeitungsfähigkeit. Durch Legieren versuchte man das zu erzielen. Der entscheidende Durchbruch gelang Alfred Wilm, der der Metallurgischen Abteilung der Zentralstelle für wissenschaftlich-technische Untersuchungen in Neubabelsberg bei Berlin vorstand.

Am 10. Oktober 1903 erhielt er sein erstes Patent (DRP 170 085) zur Veredelung von Aluminium durch Wärmebehandlung einer Al-Cu-Legierung aus 96% Aluminium und 4% Kupfer bei 524 °C und anschließendes Abschrecken.

1906 erfand Wilm das Duraluminium, das unter dem Namen ‚Duralumin‘ bekannt wurde, allerdings zunächst noch ohne Patentschutz. Am 11. Januar 1907 meldete er hierfür sein zweites Patent (DRP 204 543) an. Es betraf eine Aluminiumlegierung mit weniger als 2% Mg-Zusatz (0,25 bis 0,5%). Und 1909 folgte das dritte Patent (DRP 244 554): das Duralumin.

Die Dürener Metallwerke AG erwarben dieses Patent mit dem Nutzungsrecht für Deutschland, Skandinavien, Belgien, die Niederlande und die Schweiz. Im Oktober 1909 ließen sie das Wort ‚Duralumin‘ als Warenzeichen schützen.

1910 erwarben Vickers Sons & Maxim Ltd., London, dann die Rechte für Großbritannien, Frankreich, Spanien, Portugal und Italien. Ab dem Frühjahr 1914 wurde Duralumin als ausschließlicher Werkstoff bei der Konstruktion der starren Luftschiffe verwendet, nach und nach für 80 Zeppeline.

Die europäische Aluminium-Industrie heute

Was hat sich aus den einst bescheidenen Anfängen im Laufe eines Jahrhunderts

entwickelt? 230 000 Mitarbeiter sind heute in der Aluminium-Industrie Europas beschäftigt. 43 Primäraluminiumhütten produzieren in Europa. 64 Aluminium-Walzwerke gibt es europaweit, 181 Strangpreßwerke, 27 Folienwalzwerke und rund 3500 Aluminiumgießereien.

Die Aluminiumhütten in Europa produzieren jährlich 3,5 Millionen Tonnen Primäraluminium. Die Sekundäraluminiumhütten erreichen 1,5 Millionen Tonnen mit ständig steigender Tendenz, denn im Recycling liegt die eigentliche Reserve. An Aluminium-Halbzeug werden in Europa jährlich über 2,3 Millionen Tonnen Walzprodukte, rund 1,3 Millionen Strangpreßerzeugnisse, 380 000 Tonnen Folien und 1,1 Millionen Tonnen Gußstücke hergestellt. Wobei die Prioritäten und Rahmenbedingungen sich deutlich gewandelt haben.

Zum Beispiel steht die Energieverbrauchsdebatte an erster Stelle. Die Rohstoffgewinnung, jeder Produktionsprozeß erfordern schließlich Energie. Allerdings kommt es dabei nicht nur auf den Energiebedarf der produzierten Menge an, sondern vor allem auch darauf, was man aus ihr gewinnt. Zum Beispiel lassen sich aus einer Tonne Material 10 000 Glasflaschen, 33 300 Stahldosen – aber 62 500 Aluminiumdosen mit dem gleichen Volumen herstellen.

Die Energie, die während der Lebensdauer eines Aluminium-Produktes durch seine Verwendung und danach durch die praktisch unbegrenzte Wiederverwertbarkeit des Rohstoffs eingespart werden kann, ist weiterhin ausschlaggebend.

Moderne Verkehrsmittel, wie U-Bahnen, Straßenbahnen oder Busse, in Aluminium-Bauweise haben schon nach knapp zweijährigem Einsatz durch ihr leichteres Gewicht die Mehrenergie wieder eingespart, die zu ihrer Herstellung benötigt wurde. Und im Kraftfahrzeugbau gilt die Faustregel: 100 Kilogramm Gewichtsreduzierung bedeuten bis zu einem Liter weniger Kraftstoffverbrauch je gefahrenen 100 Kilometer.

Der Energieeinsatz bei der Herstellung von Aluminium sinkt dabei ständig. Wurden 1950 zur Herstellung eines Kilos Primäraluminium noch 22 Kilowattstunden Strom benötigt, so sind es heute nur noch 14 Kilowattstunden. Und dieser Anteil wird durch moderne Technologien noch weiter gesenkt.

Weit mehr als die Hälfte des 1988 in der



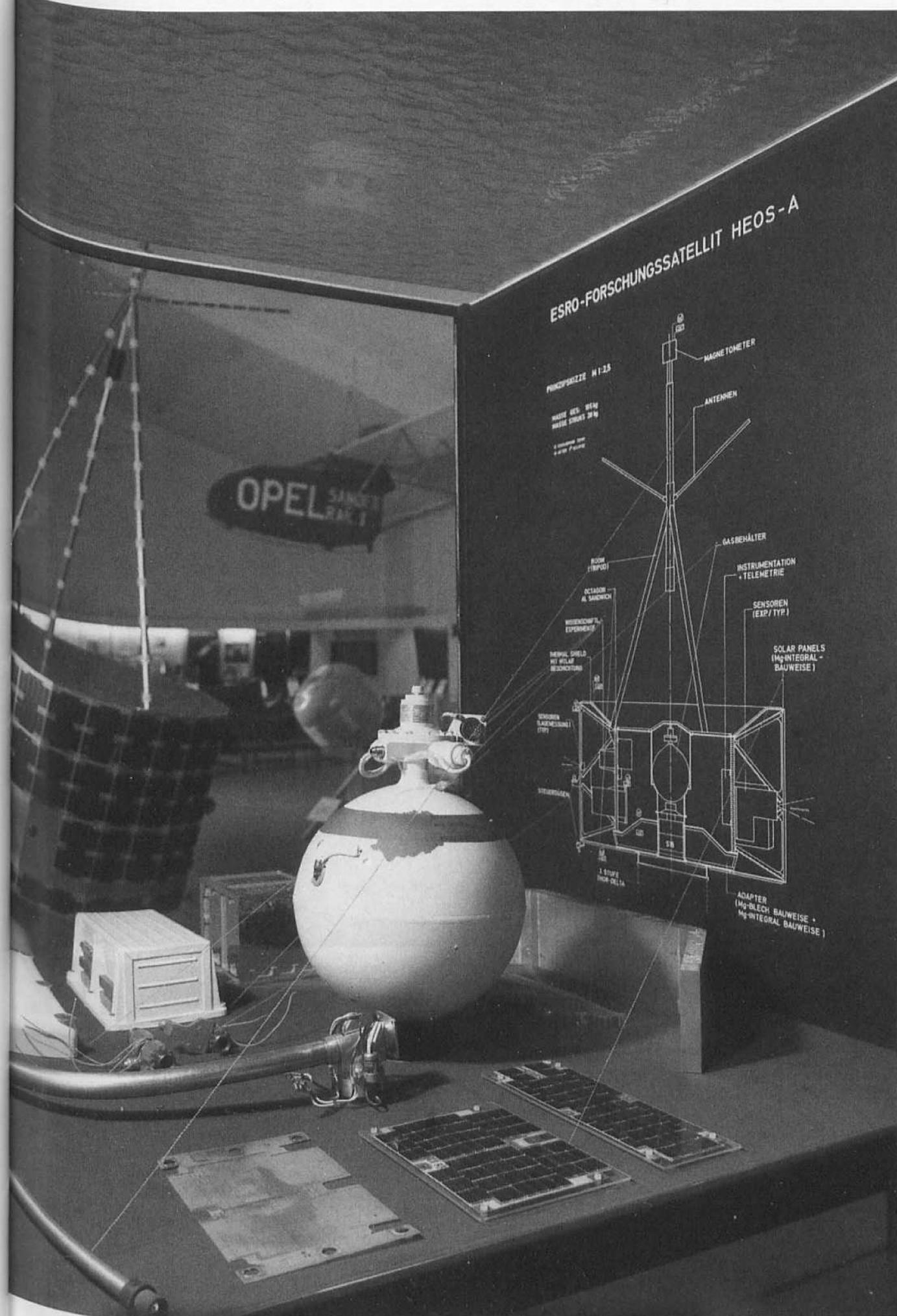
westlichen Welt erzeugten Aluminiums, nämlich rund 61 Prozent, wurde mit umweltfreundlicher Wasserkraft als Energiequelle hergestellt. Die restlichen Energiequellen waren Kohle (23,2%), Erdgas (3,2%), Kernenergie (3,2%), Braunkohle (2,1%), Erdöl (1,2%) und Mischenergie (5,8%).

Recycling und Umweltschutz

Ein weiterer zentraler Punkt sind Recycling und Umweltschutz. Denn auch nach seinem Erstverbrauch bleibt das Aluminium ein wertvoller Werkstoff. 1988 wurden in Europa so auch 1,5 Millionen Tonnen Aluminium wieder eingeschmolzen und erneut verwendet. Ein Drittel des Gesamtbedarfs wird mittlerweile aus Recycling-Metall gedeckt. Man kann Aluminium praktisch unbegrenzt oft wieder einsetzen, die einmalige Kombination seiner Eigenschaften bleibt erhalten. Die Vorteile: Energieeinsparung bis zu 95 Prozent und die Schonung der Bauxit-Reserven.

Schrotte aus Produktion und Verarbeitung werden praktisch zu 100 Prozent recycelt, gebrauchte Aluminiumteile kehren nach unterschiedlicher Lebensdauer in die Öfen zurück. Aus den Bereichen Verkehr, Bau, Elektronik und Maschinenbau werden heute bis zu 70 Prozent des verwendeten Aluminiums recycelt.

Nur knapp 0,2 Prozent macht der Aluminium-Anteil am Hausmüll aus. Sammel-



geführt wird. Das Ergebnis ist ein geschlossenes Schutz- und Kontrollsystem.

Aber auch die Schonung der Rohstoffressourcen und die Rekultivierung der Abbaufelder haben an Bedeutung gewonnen. So ist der Bauxitabbau für viele Länder ein gewichtiger Wirtschaftsfaktor. Auch in Europa gibt es Abbaugelände von Bauxit, in Griechenland, Ungarn, Frankreich, Jugoslawien und der Türkei. Alle bedeutenden Bauxitlagerstätten befinden sich jedoch in der Nähe des Äquators, im tropischen Gürtel Afrikas, Südamerikas und Australiens. Dort lagern mehr als die Hälfte der zur Zeit bekannten Weltvorräte, die auf über 50 Milliarden Tonnen geschätzt werden. Das würde bei der gegenwärtigen jährlichen Weltproduktion an Hüttenaluminium von 16 Millionen Tonnen bis weit in die zweite Hälfte des nächsten Jahrtausends reichen. Und laufend werden neue Lagerstätten entdeckt.

Dabei wird der abgebaute Bauxit zum Teil bereits im Lieferland zu Aluminiumoxid, der Produktionsstufe zwischen dem Erz und dem Metall, verarbeitet und in dieser Form zu den Hütten in den einzelnen Ländern transportiert.

Und bereits vor dem Abbau des Bauxits, der sich wie bei der Braunkohle im Tagebau vollzieht, liegen detaillierte Pläne zur Rekultivierung der Landschaft vor. Ein Punkt, der erst allmählich an Bedeutung gewann, mittlerweile jedoch nicht mehr wegzudenken ist.

Energieeinsparung, Recycling, sparsamer Umgang mit den Ressourcen, Umweltschutz und Landschaftspflege ergeben einen ökologischen Wertekatalog, dessen Herausforderung sich die Aluminiumindustrie schon seit einer Weile stellt und dessen weitere Optimierung ihr auch in Zukunft Anliegen sein wird. □

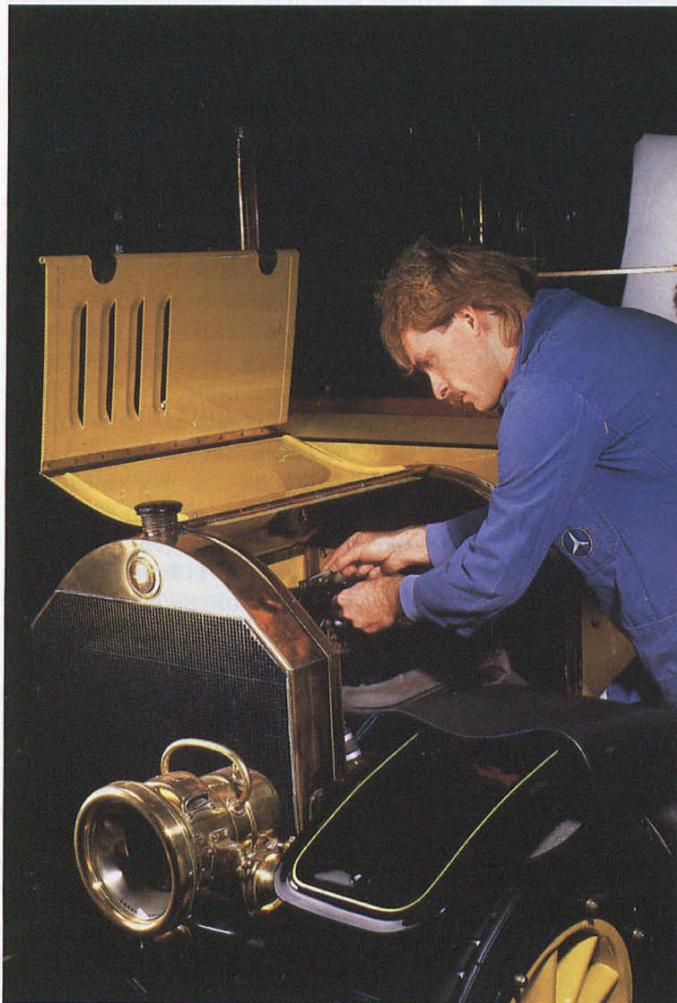
gruppen umweltbewußter Verbraucher in Gemeinden und Schulen tragen dabei mit steigender Tendenz gebrauchtes Aluminium aus den Haushalten in löhnen Mengen zusammen.

Und seit vielen Jahren hat sich die Aluminiumindustrie intensiv mit den Problemen des Umweltschutzes befaßt und entsprechend gehandelt. Dabei wurden bahnbrechende Erfolge erzielt. Die Aluminiumhütten sind heute mit Reini-

gungs- und Filteranlagen ausgerüstet, die 98 Prozent der Emissionsstoffe zurückhalten. Die Elektrolysezellen sind vollständig abgedichtet. Entstehende Gase und Stäube werden in Hauben gesammelt und über angeschlossene Rohrsysteme direkt den Reinigungs- und Filteranlagen zugeführt. Moderne Hütten verwenden sogar Aluminiumoxid als Filtermaterial, das mit den zurückgehaltenen Stoffen der Elektrolyse wieder zu-

DER AUTOR

Hans Joliet, geb. 1935, Kommunikationsfachmann und Publizist, ist Mitarbeiter der Aluminium-Zentrale in Düsseldorf, weiterhin Autor und Herausgeber zahlreicher Fachpublikationen und Standardwerke zum Aluminium, unter anderem des Bandes „Aluminium. Die ersten hundert Jahre“ im VDI-Verlag (1988).



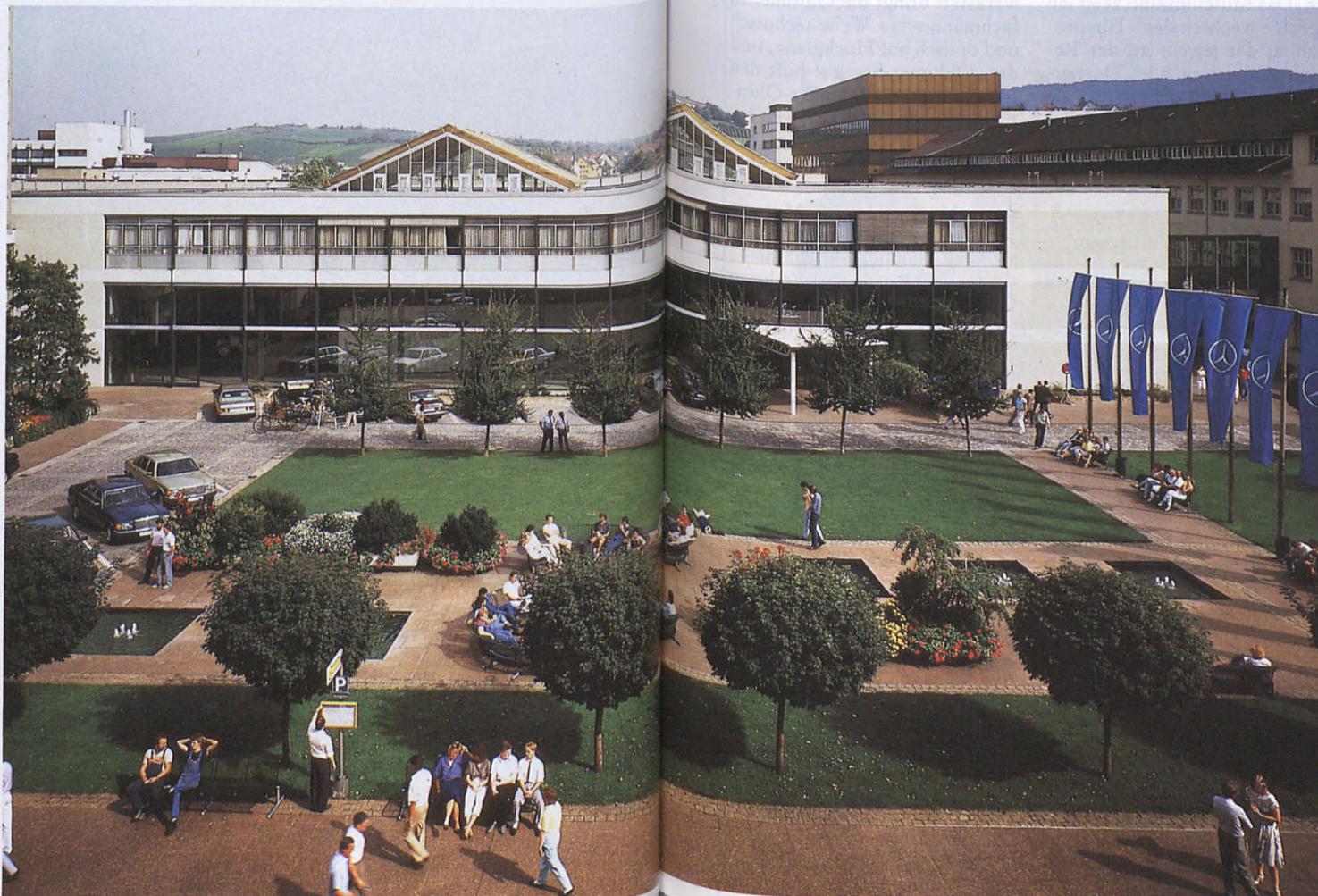
In der Museumswerkstatt wird ein Motor fahrbereit gemacht. Präzision steht dabei an vorderster Stelle.

Seit vielen Jahren ist das Mercedes-Benz Museum besonderer Anziehungspunkt für Besucher aus aller Welt. Das Einmalige dieser Sammlung, das sie aus den zahllosen Automobilmuseen weltweit heraushebt, besteht darin, daß die Entwicklung des Automobils lückenlos und kontinuierlich anhand einer Marke dargestellt werden kann: angefangen von den beiden ersten Automobilen von Gottlieb Daimler und Karl Benz bis hin zu den aktuellen Fahrzeugen. Das Mercedes-Benz Museum präsentiert sich heute dem Besucher mit einer modernen Konzeption und einer großzügigen, offenen und transparenten Museumslandschaft, in der die faszinierende Geschichte des Automobils in einem lebendigen und ästhetischen Rahmen nacherlebt werden kann.

Zur Geschichte

Der Grundstock für die heutige Sammlung des Mercedes-Benz Museums wurde in der Anfangszeit des Automobils gelegt. Schon damals bewahrte man bei der Daimler-Motoren-Gesellschaft und bei Benz & Cie. verschiedene Originalstücke auf, die für Konstruktionsstudien und zur Patentforschung dienten. Bereits 1911 existierte im Werk Untertürkheim der Daimler-Motoren-Gesellschaft eine Ausstellung mit wertvollen Wagen und Aggregaten. Daraus entwickelte sich eine Sammlung, die neben Personewagen und Nutzfahrzeugen auch Rennwagen, Schienenfahrzeuge und Motoren umfaßte. Als die Daimler-Benz AG 1936 auf 50 Jahre Automobilbau zurückblicken konnte, richtete sie

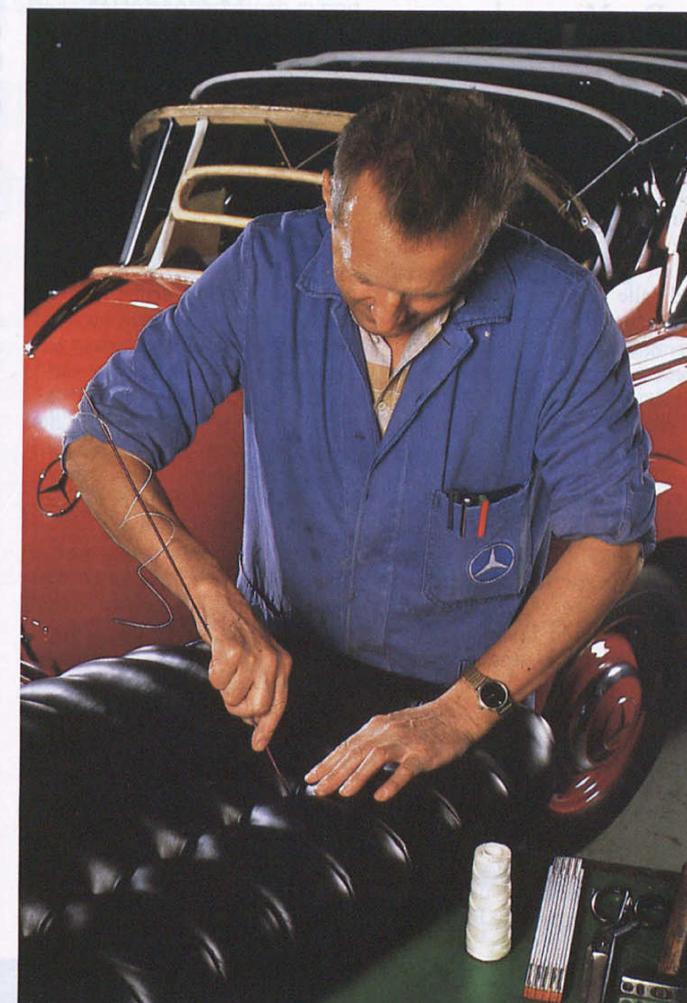
aus Anlaß dieses Jubiläums ihr erstes Museum ein. Neben den historischen Exponaten wurde auch die aktuelle Produktpalette ausgestellt. Während des Zweiten Weltkrieges mußten viele wertvolle Objekte ausgelagert werden, und einige gingen für immer verloren. Im Laufe der Zeit gelang es aber, viele bedeutende Fahrzeuge wieder zu beschaffen und die Sammlung allmählich auszubauen. 1961 entschloß sich die Daimler-Benz AG, ein neues, großzügiges Museumsgebäude zu errichten. Mehr als 3 Millionen Besucher aus aller Welt waren bereits zu Gast in diesem Museum, bevor es 1985 zur Renovierung und gleichzeitigen Neugestaltung geschlossen wurde. Pünktlich zum Jubiläum '100 Jahre Automobil' öffnete das heutige Museum am 1. Fe-



Das Mercedes-Benz Museum in Stuttgart.



Die Lagerhalle der Museumswerkstatt.



Lederarbeiten in der Sattlerei.

bruar 1986 wieder seine Pforten für die Besucher. Durch die Umbaumaßnahmen hatte sich die Ausstellungsfläche von 4560 auf 5760 Quadratmeter erweitert. Die Automobilgeschichte erhielt damit einen noch großzügigeren und attraktiveren Rahmen. Und im April 1989 konnte bereits der fünfmillionste Besucher seit 1961 begrüßt werden.

DAS MERCEDES-BENZ-MUSEUM IN STUTTGART

Edith Meißner

Verlag C.F. Beck

Das Museum heute

Das Mercedes-Benz Museum bietet seinen Besuchern heute über 70 Fahrzeuge und eine Fülle verschiedener Exponate. Bis auf den Daimler-,Reitwagen', dessen Original bei einem Fabrikbrand 1903 verloren ging, und den Benz-Patent-Motorwagen, der im Deutschen Museum steht, sind alle Exponate Originale. Sämtliche Fahrzeuge sind hervorragend erhalten oder restauriert und in fahrbereitem Zustand.

In chronologischer Reihenfolge kann der Besucher auf seinem individuell gestalteten Rundgang die Epochen der Automobilentwicklung anhand der Originale nacherleben: Die ersten Automobile bis zur Jahrhundertwende, der erste ‚Mercedes‘; die Fahrzeuge der Daimler-Motoren-Gesellschaft und Benz & Cie. vor der Fusion zur Daimler-Benz AG im Jahr 1926; die eleganten Kompressorwagen der 20er und 30er Jahre – darunter die ‚Kaiserwagen‘ Wilhelms II. und Hirohitos –; bis zu den Wagen der 50er und 60er Jahre – darunter die Dienstwagen von Konrad Adenauer und Papst Paul VI. –; legendäre Renn- und Rekordwagen; das aktuelle Neufahrzeugprogramm. Alle diese Exponate stellen Höhepunkte des Automobilbaus ihrer jeweiligen Epoche dar.

Daneben werden noch eine Reihe anderer wichtiger Anwendungsbeispiele der von Daimler und Benz initiierten Motorisierung gezeigt: das älteste Motorboot, das älteste Nutzfahrzeug, die älteste Feuerspritze mit Benzinmotor sowie zahlreiche Flug- und Schiffsmotoren.

Informationen zu allen Exponaten gibt ein drahtloses Audio-Informationssystem, das den Besucher auf seinem Rundgang begleitet. Gleichgültig, in welcher Reihenfolge er sich die einzelnen Ausstellungsbereiche anschaut, die im Museum verteilten Sender liefern per Infrarotstrahl jederzeit die richtige Informa-

tion in deutscher oder englischer Sprache. Weitere Informationsquellen für den Besucher sind die auf den Rückwänden dargestellte Technikgeschichte sowie die Design-Beispiele aus den 50er und 60er Jahren, die vielfältige Beziehungen zur Zeitgeschichte deutlich machen.

Ergeben sich durch die offene und transparente Bauweise des Museums wie von selbst zahlreiche Querverbindungen, so wird dieses Beziehungsgeflecht zur Zeitgeschichte noch verstärkt durch die ‚Inszenierungen‘ an den einzelnen Stationen und die Videoclips mit ‚Prominenz auf Mercedes-Benz‘. Historische Rennfilme vermitteln im kleinen ‚Rennkino‘ etwas von der Begeisterung und Atmosphäre, die die Mercedes-Silberpfeile zur Legende werden ließen; die Multimedia-Schau, die im Erdgeschoß stilecht in einem Container-Sattelzug gezeigt wird, stimmt auf die Verkehrssituation zu der Zeit ein, als Daimler und Benz ihre revolutionären Erfindungen machten.

Informationen zu neuesten technischen Entwicklungen können im Erdgeschoß an interaktiven Bildschirmen, sogenannten ‚touch screens‘, abgerufen wer-

den. Das Museumskino zeigt ein täglich wechselndes Filmprogramm, das jeweils an der Rezeption zu erfragen ist. Dort erhält man auch kostenlos die ‚sound sticks‘, um die Sender des Audio-Informationsprogramms zu empfangen, und Antwort auf alle Fragen, die noch offen sind.

Mehr als nur Museum

Zur Entspannung kann man sich nach dem etwa einstündigen Rundgang eine Pause im stilvollen Ambiente des Museumscafés gönnen. Und damit der Besuch im Mercedes-Benz-Museum in guter Erinnerung bleibt, gibt es im Museums-Shop ein großes Angebot an Souvenirs sowie den Katalog, der nochmals die wichtigsten Informationen enthält. Zum Museum gehören außerdem noch ein umfangreiches Archiv, in dem Unterlagen zur Unternehmensgeschichte und den Produkten der Mercedes-Benz AG aufbewahrt werden. Es beherbergt daneben auch über 200 000 historische Fotos und Filme und stellt somit eine geradezu unerschöpfliche Quelle für Studien zur Automobil- und Unternehmensgeschichte dar. Eine eigene Restaurierungs-

werkstatt bringt die Oldtimer in fachmännischer Weise technisch und optisch auf Hochglanz, und der ‚Oldtimer-Service‘ hilft den zahlreichen Mercedes-Oldtimerliebhabern aus aller Welt bei eventuellen Problemen der Restaurierung und Ersatzteilbeschaffung.

Vom Mercedes-Benz Museum werden darüber hinaus auch die Gottlieb-Daimler-Gedächtnisstätte (ehemalige Werkstatt Gottlieb Daimlers) im Kurpark von Bad Cannstatt sowie das Geburtshaus Gottlieb Daimlers in Schorndorf und das historische Benz-Haus in Ladenburg betreut. In all diesen Gebäuden sind kleine Museen eingerichtet.

Das Mercedes-Benz Museum ist also insgesamt mehr als eine Schau historischer Automobile. Denn dem Museum kommt es auch darauf an, dem Besucher technische und unternehmerische Problemlösungen der Automobiltechnik in Vergangenheit, Gegenwart und Zukunft anhand der eigenen Unternehmensgeschichte näherzubringen. □



Das historische Ersatzteillager.

Mercedes-Benz Museum
7000 Stuttgart-Untertürkheim,
Mercedesstraße 136,
Telefon: 07 11/17-2 25 78.

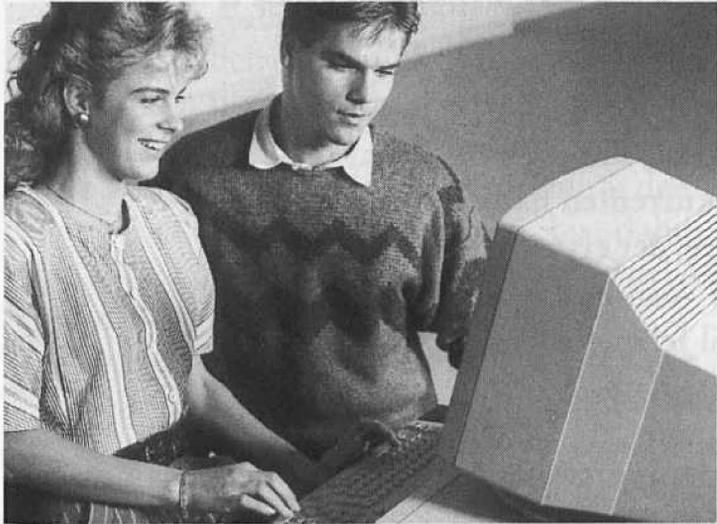
Öffnungszeiten:
täglich 9–17 Uhr, Montag und an
Feiertagen geschlossen.
Eintritt frei! Gruppen bitte an-
melden.

Anfahrt mit PKW:
Den Hinweisschildern ‚Neckar-
stadion‘ folgen. Parken auf dem
Besucherparkplatz vor dem
Tor 1 (‚Cannstatter Tor‘). Von
dort verkehrt ein Pendelbus zum
Museum.

Anfahrt mit S-Bahn:
Mit der S1, Haltestelle ‚Neckar-
stadion‘. Vom Besucherparkplatz
vor dem Tor 1 (‚Cannstatter
Tor‘) mit dem Pendelbus zum
Museum.

(Alle Fotos:
Mercedes-Benz Museum
Stuttgart)

SiemensMuseum



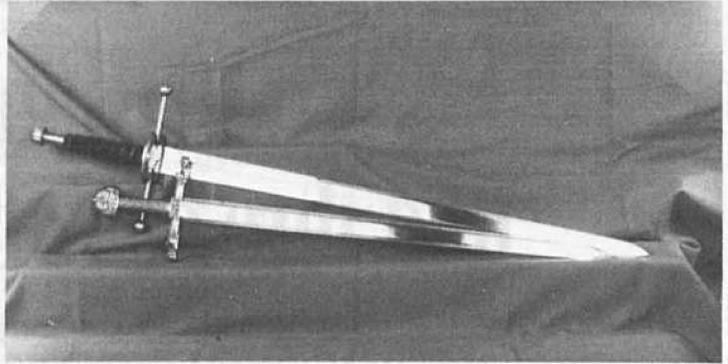
**Technik
erleben
begreifen
verstehen**

Elektrotechnik, Elektronik,
Mikroelektronik

Siemens-Museum,
Prannerstraße 10, 8000 München 2
(10 Minuten vom Marienplatz)

Öffnungszeiten:
Montag bis Freitag 9 Uhr bis 16 Uhr
Samstag, Sonntag 10 Uhr bis 14 Uhr
Feiertags geschlossen
Eintritt frei

Schwerter, die Geschichte machten



DAS ZWEIHANDSCHWERT GEORGS VON FRUNDSBERG

Der Vater der Landsknechte Georg von Frundsberg kämpfte mit diesem mächtigen „Bidenhänder“. Länge 1,20 m, Parierstange 30 cm breit, 2 kg schweres Messing, Klinge kunstvoll graviert, mit Zertifikat. Ein Meisterwerk maurischer Wafenschmiedekunst - ein wertvolles Geschenk
Orig. Museumsreplik DM 398,-

DAS SCHWERT KARLS DES GROSSEN

Das berühmte Schwert des mächtigsten Mannes seiner Zeit. Originalgetreue Nachbildung des Schwertes im Louvre in Paris. Länge 1 m, 1,6 kg schweres Messing, mit Zertifikat. Ein Meisterwerk maurischer Wafenschmiedekunst - ein wertvolles Geschenk
Orig. Museumsreplik DM 348,-

Bestell-Coupon:

Ja senden Sie mir
10 Tage zur Ansicht

Schwert Karl d. Große
DM 348,-

Schwert Georg v. Frundsberg
DM 398,-

Zahlung in 3 Monatsraten

Name/Vorname _____

Straße _____

PLZ/Ort _____

HISTORIA VERLAG
Dr. Joseph Niefeld
IN DEN WEIHERMATTEN 13
7800 FREIBURG I. BR.
TEL. 0761 / 54 82 1 (Tag + Nacht)

*Perspektiven und Orientierungen
Schriftenreihe des Bundeskanzleramtes,
Band 9*

Fohrbeck/Wiesand Von der Industriegesellschaft zur Kulturgesellschaft?

Kulturpolitische Entwicklungen in der Bundesrepublik
Deutschland

Von Dr. Karla Fohrbeck, Dr. Andreas Johannes Wiesand

1989. VI, 186 Seiten. Kartoniert DM 32,-
ISBN 3-406-33619-1

»Kulturgesellschaft«, dieser Begriff hat Konjunktur. Was soll man sich konkret darunter vorstellen? Die Verfasser finden die Antwort aus der Untersuchung

- der Leistungen von kulturellen Institutionen, Künstlern, Schriftstellern und Intellektuellen
- der privaten Kulturförderung und der politischen, wissenschaftlichen sowie wirtschaftlichen Aufgabenfelder sowie
- der neuen europäischen und internationalen Aufgaben.

Die Studie zieht praktische Folgerungen für die Arbeit politischer Institutionen und plädiert für ein Konzept der »integrierten Kulturentwicklung«.

Verlag C.H.Beck

ELEKTROMOBILZEIT

Die Jahrhundertwende und ihre ganz besonderen Automobile

Thomas Köppen

„La Jamais Contente“ hieß der erste Rennwagen, der 1899 die 100 km/h-Marke überschritt – elektrogetrieben. Keiner seiner Benzinkonkurrenten hatte ihm standgehalten. Und auf die Versuchsjahre folgten die Erfolgsjahre, der erste und bis heute einzige wirkliche Boom für Elektromobile setzte ein. Ganz vorn in der Reihe der Pioniere standen Ludwig Lohner, Ferdinand Porsche und Emil Jellinek, der dem Namen seiner Tochter Mercedes im Automobilbau bis heute Klang verlieh.

Elektromobile muten im heutigen Straßenverkehr eher exotisch an, und doch zählten sie um die Jahrhundertwende zum Alltag. Die Elektromobilkonstrukteure versuchten mit verschiedenen Konzepten – Oberleitungs-, Akkumulatoren- und Hybridwagen –, erfolgreich mit Dampf- und Benzinwagen zu konkurrieren.

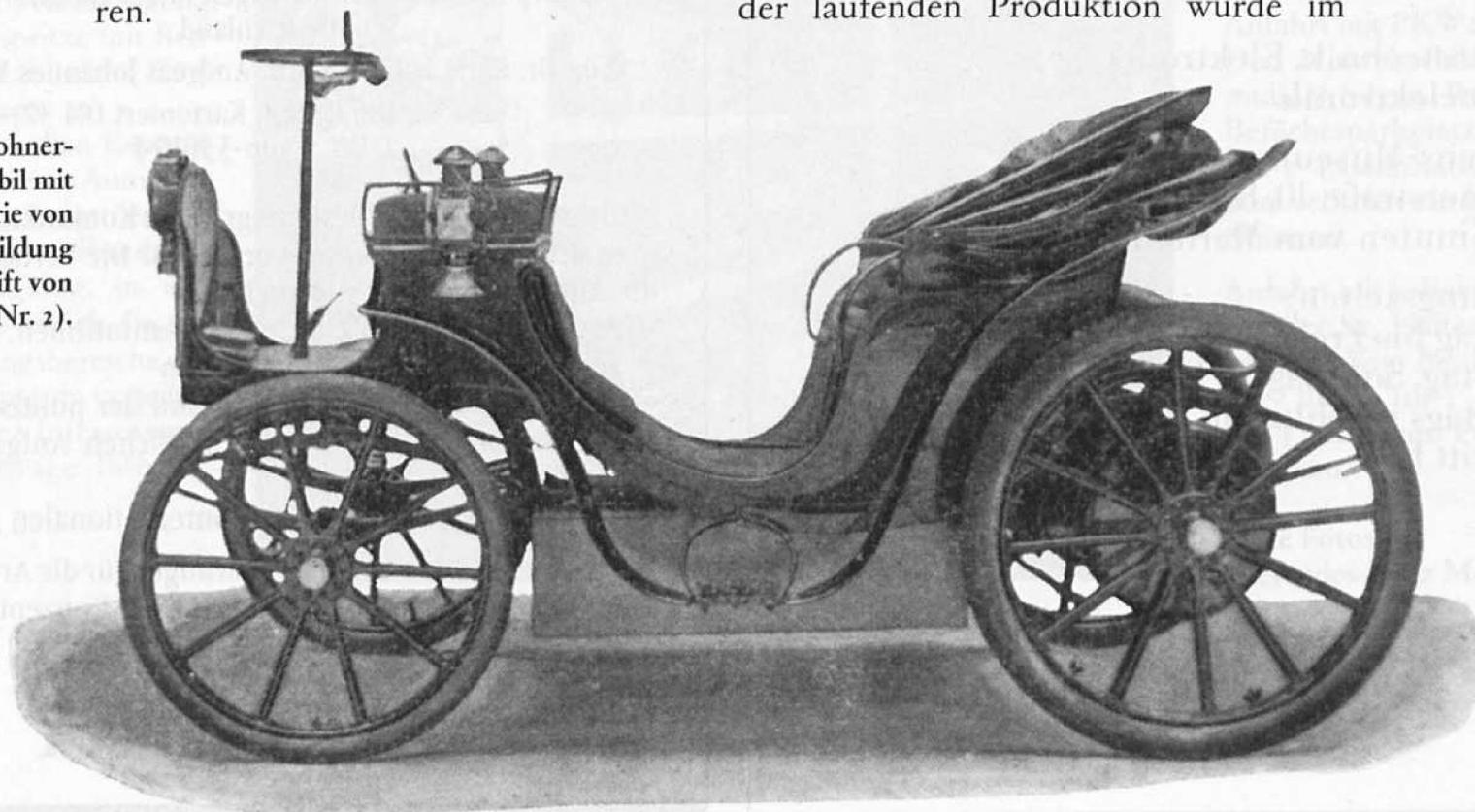
Anfangs gelang es ihnen sogar, mit Rennelektromobilen bei Kurzstreckenrennen Geschwindigkeiten zu erreichen, die von keinem Dampf- oder Benzinwagen erzielt werden konnten. – Der erste Rennwagen, der 1899 schneller als 100 km/h fuhr, war das Elektromobil „La Jamais Contente“ des Belgiers Jenatzy. – Letztendlich scheiterten die Elektrofahrzeuge aufgrund ihres hohen Anschaffungspreises, ihrer gegenüber Benzinwagen geringeren Reichweite und der aufwendigen Wartung der Akkumulatoren.

Diese Faktoren zwangen auch einen der wichtigsten europäischen Produzenten, das österreichische Unternehmen Jakob Lohner & Co, zur Aufgabe der Elektromobilproduktion. Dabei hatten nur wenige Hersteller so intensiv mit den verschiedenen Elektromobilkonzepten experimentiert wie die k. u. k. Hof-Wagen-Fabrik Jakob Lohner & Co.

Ludwig Lohner – vom k. u. k. Hof-Wagen-Fabrikanten zum frühen Automobilindustriellen

Ludwig Lohner (1858–1925) hatte in Wien Maschinenbau studiert und mehrere Praktika bei Kutschenfabrikanten in Paris, London und New York absolviert, bevor er 1893 das Unternehmen seines Vaters übernahm, welches zu den renommiertesten europäischen Kutschenwerkstätten zählte. Mehr als die Hälfte der laufenden Produktion wurde im

Egger-Lohner-
Elektromobil mit
Mylord-Karosserie von
1899. Hier in Abbildung
der VDI-Zeitschrift von
1900 (Band 44, Nr. 2).



Ausland abgesetzt, als Mitte der 90er Jahre der Kutschenexport, aufgrund der protektionistischen Handelspolitik der österreichisch-ungarischen Monarchie, zurückging.

Im Jahre 1896 entschloß sich Lohner, die verlorenen Auslandsumsätze mit einem neuen Produkt zu kompensieren – dem Automobil. Schließlich schien man lediglich einen funktionsfähigen Motor zu benötigen, um die Kutsche in einen ‚pferdelosen Wagen‘ zu verwandeln. Ein nicht ganz risikoloser Entschluß, denn ein Absatzmarkt existierte bis dahin nur in Frankreich, nicht aber in Österreich-Ungarn.

Im Juni 1896 begab Lohner sich auf eine Informationsreise, um einen Einblick in den aktuellen Entwicklungsstand der Automobilindustrie zu gewinnen. Seine Reiseroute führte über Deutschland, wo er Gottlieb Daimler (1834–1900) aufsuchte, bis nach Frankreich, dem damaligen Zentrum der europäischen Automobilindustrie. Dort besuchte er die französischen Lizenznehmer der Daimler-Patente, die Firmen Panhard & Levassor und Peugeot. Und aufgrund seiner gewonnenen Erkenntnisse hielt er die Daimler-Motoren für die ausgereiftesten Benzinmotoren.

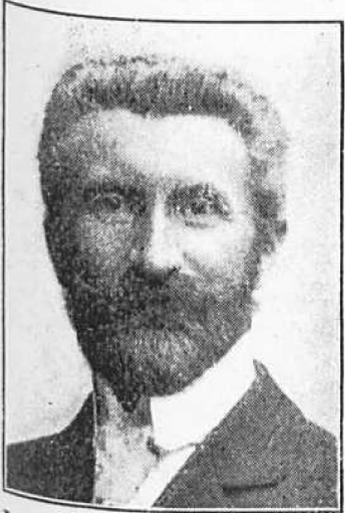
Sein Versuch, im Jahre 1897 einen Lizenzvertrag mit der Daimler-Motoren-Gesellschaft abzuschließen, scheiterte jedoch. Lohner bemühte sich daraufhin um einen anderen Benzinmotor, denn die Entwicklung eines eigenen Motors erschien ihm zu langwierig. In Frankreich erwarb er noch im gleichen Jahr bei Lefébvre-Fessard einen Benzinmotor und begann mit der Konstruktion seines ersten Automobils, das im Dezember fertiggestellt wurde. Gleichzeitig plante er mit Hilfe der Vereinigten Elektrizitäts-A. G., vormals Belá Egger & Co, den Bau eines Elektromobils.

Lohner wollte aber nicht nur Benzinwagen und Elektromobile produzieren, ab Juni setzte er außerdem große Hoffnung in die Entwicklung eines Diesel-Automobilmotors. Zu diesem Zweck wandte er sich an Rudolf Diesel (1858–1913), der das Projekt protegierte. Die Maschinenbau-Aktiengesellschaft Nürnberg wurde mit der Konstruktion eines Diesel-Automobilmotors beauftragt, aber im Mai 1898 informierte man Lohner vom Scheitern des Projekts.

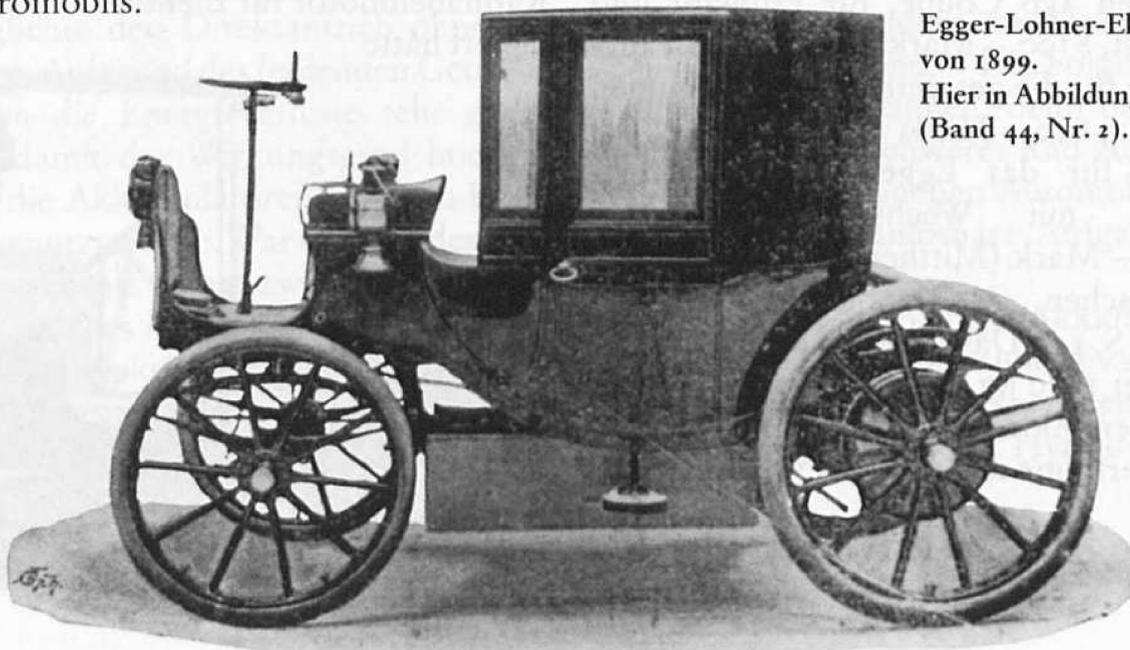
Insgesamt waren für Lohners Experimente mit verschiedenen Antriebssystemen technische und ökonomische Aspekte ausschlaggebend. Zum einen mußte er die einzelnen Antriebsarten erproben, um deren Stärken und Schwächen zu erkennen, schließlich war der Automobilbau ‚technisches Neuland‘ für ihn, zum anderen wollte er flexibel auf die Wünsche seiner Kunden eingehen.

Doch bereits im Februar 1898 zeichnete sich Lohners Misere im Benzinwagenbau ab. Kühlungsprobleme und daraus folgende Motorschäden zeigten, daß der Benzinmotor von Lefébvre-Fessard noch nicht konkurrenzfähig war. Der Versuch, einen anderen Motor zu finden, scheiterte, denn für alle renommierten Benzinmotoren waren die Lizenzen bereits anderweitig vergeben.

Im Sommer des nächsten Jahres entschloß Lohner sich endgültig, aufgrund der Motoren- und Getriebeproblematik, seine Benzinwagenentwicklung einzustellen. Erfolgreicher gestaltete sich der Elektromobilbau, für den Lohner sich die besten Exportchancen erhoffte. Das erste Egger-Lohner-Elektromobil – Bezeichnung nach Lohner – wurde im Sommer 1898 fertiggestellt. Nach amerikanischem Vorbild handelte es sich um ein Coupé mit Vorderradantrieb und Hinterradlenkung. Man zeigte das Fahr-



Ludwig Lohner. (Archiv MVT Berlin).



Egger-Lohner-Elektromobil mit Coupé-Karosserie von 1899.

Hier in Abbildung der VDI-Zeitschrift von 1900 (Band 44, Nr. 2). (Archiv MVT Berlin)

ELEKTROMOBILZEIT

zeug zusammen mit dem Marcus-Wagen, dem ersten österreichischen Automobil von 1888 – heute im Besitz des Technischen Museums in Wien –, dem Lohner-Benzinwagen und einem Wagen der Nesseldorfer Wagenbau-Fabriks-Gesellschaft auf der Jubiläums-Gewerbeausstellung, die anlässlich des fünfzigsten Jahrestages der Thronbesteigung Kaiser Franz Joseph I. veranstaltet wurde.

Doch auf der Fahrt zum Ausstellungsgelände wäre das Elektromobil kurz vor Erreichen des Ziels beinahe abgebrannt. Zumal außerdem die Hinterradlenkung Anlaß zur Kritik bot, entschloß sich Lohner, einen neuen Prototyp zu konstruieren: Die Fahrzeugelektrik wurde überarbeitet, und das Elektromobil erhielt nun Hinterradantrieb und Vorderradlenkung.

Lohner bot das zweite Egger-Lohner-Elektromobil in verschiedenen Fahrzeugvarianten an, die nach Kutschentypen benannt wurden. Neben dem offenen sechssitzigen Break gab es eine Coupé- und eine Mylord-Version mit Klappverdeck.

Darüber hinaus bestand die Möglichkeit, den Akkumulatorwagen mit einer Wechselkarosserie zu erwerben, so daß die Mylord- gegen die Coupé-Karosserie getauscht werden konnte. Mit diesem Konzept war es möglich, sich besser der Witterung anzupassen, wobei sich der Automobilbetrieb noch saisonal auf die Zeit von Frühjahr bis Herbst beschränkte. Indem Lohner voraussetzte, daß man für den saisonal durchgehenden Betrieb zwei Fahrzeuge benötigte, hätte somit die Wechselkarosserie eine Kostenersparnis dargestellt.

Während 1899 der Anschaffungspreis für das Elektromobil vom Typ Mylord, für den Sommerbetrieb, 7750,- Mark und für den Typ Coupé, für Frühjahr und Herbst, 8100,- Mark betrug, zwei Fahrzeuge für die gesamte Saison zusammen also 15850,- Mark kosteten, lag der Preis für das Egger-Lohner-Elektromobil mit Wechselkarosserie bei 9000,- Mark. (Mitteilungen des Oesterreichischen Automobil-Club, Nr. 20, 1899, S. 14.) Das Gewicht des Fahrzeugs lag bei 1450 kg, wovon etwa ein Drittel auf den Akkumulator entfiel. Der Antrieb erfolgte mittels eines 130 kg schwe-

ren Egger-Elektromotors, der bei 500 Umdrehungen pro Minute 3 PS leistete. Im Chassis integriert, befand sich der Motor vor der Hinterachse und übertrug seine Kraft mit Hilfe von Zahnrädern. Zur Geschwindigkeitsvariation bediente man sich der beiden Kollektoren des Motors, die wahlweise parallel- oder hintereinandergeschaltet wurden, elektrischer Widerstände und der Akkumulatorenschaltung, bei welcher man die Spannung veränderte, indem man nicht alle Zellen des Akkumulators nutzte. Insgesamt gab es zwölf Schaltmöglichkeiten am Controller (Fahrstufenschalter), zwei Rückwärts-, sechs Vorwärtsgänge und vier elektrische Bremsstufen, die von einer mechanischen Bandbremse, die auf die Antriebsräder wirkte, ergänzt wurden.

Lohner stellte seine Konstruktion im Ausland erstmals im September 1899 anlässlich der Internationalen Motorwagen-Ausstellung in Berlin vor. Etwa 120 Aussteller aus der Automobil-, Motorrad-, Fahrrad- und Zubehörbranche waren vertreten. Im Rahmen dieser Ausstellung wurde eine Elektromobilprüfung veranstaltet. Von den neunzehn Elektromobilherstellern, die mit vierunddreißig Fahrzeugen auf der Ausstellung vertreten waren, beteiligten sich sechs mit acht Wagen an der Prüffahrt. Beurteilt wurden neben der Betriebssicherheit der Fahrzeuge ihre Wirtschaftlichkeit und Schnelligkeit. Den Sieg errang ein Egger-Lohner-Elektromobil.

Trotz des internationalen Erfolgs wurden jedoch nur zwei Wagen verkauft. (Ein Chassis befindet sich heute im Besitz des Technischen Museums in Wien.)

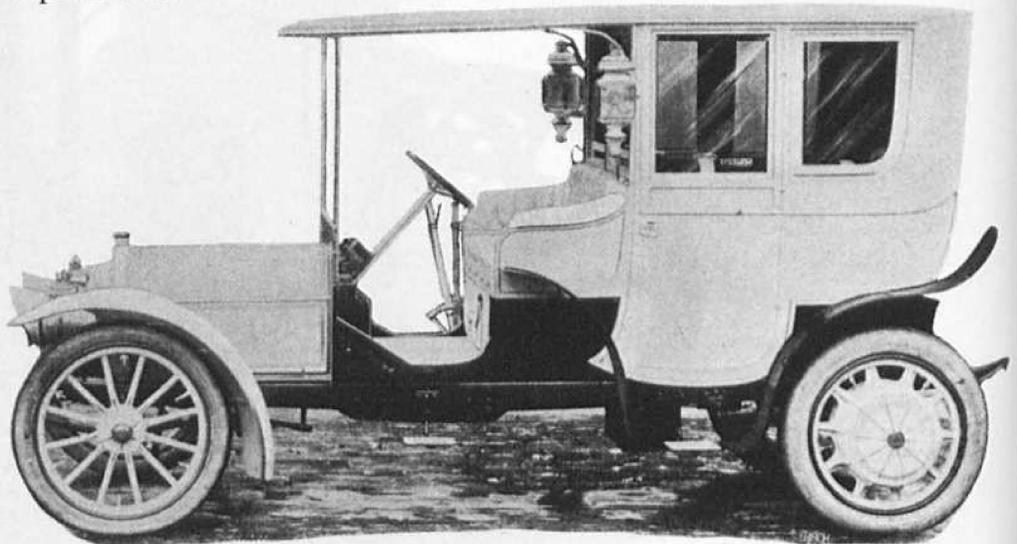
Lohner verfolgte mittlerweile neue Pläne, während ein junger Mitarbeiter der Vereinigten Elektrizitäts-A. G. namens Ferdinand Porsche indes gerade einen Radnabenmotor für Elektromobile konzipiert hatte.



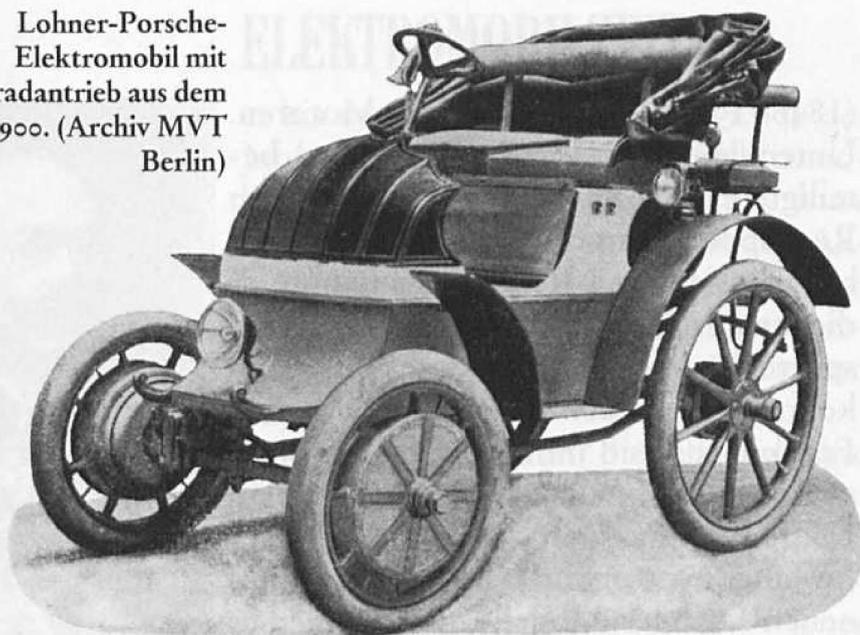
Ferdinand Porsche.
(Archiv MVT Berlin)



Das von Emil Jellinek
1906 dem deutschen
Kaiser geschenkte
Mercedes-Elektromobil
mit Hinterradantrieb.
(Archiv MVT Berlin)



Lohner-Porsche-
Elektromobil mit
Vorderradantrieb aus dem
Jahr 1900. (Archiv MVT
Berlin)



Ferdinand Porsche – vom Klempner zum Automobilkonstrukteur

Ferdinand Porsche (1875–1951) nahm 1893, nachdem er bei seinem Vater eine Klempnerlehre absolviert hatte, seine Tätigkeit bei dem Elektronunternehmen Belá Egger & Co (seit 1897 Vereinigte Elektrizitäts A. G.) auf. Innerhalb von vier Jahren qualifizierte er sich dort vom einfachen Arbeiter zum Leiter des Prüfraums und ersten Assistenten im Berechnungsbüro. Darüber hinaus war er bereits Gasthörer an der Technischen Hochschule in Wien.

Im Jahre 1897 wurde er mit der Erprobung der Egger-Lohner-Elektromobile betraut. Zwei Jahre später konzipierte er einen Radnabenmotor für Elektrofahrzeuge und legte Lohner den Entwurf vor. Dieser erkannte die Vorteile des Konzepts und entschloß sich, gemeinsam mit Porsche die Produktion des neuen Motors aufzunehmen. Zu diesem Zweck kündigte Lohner im November 1899 die Geschäftsbeziehungen mit der Vereinigten Elektrizitäts A. G. und nahm Porsche als Leiter der Motorenentwicklung in seinem Unternehmen auf.

Nach nur zehn Wochen konnte der erste Prototyp erprobt werden. Die geringe Umdrehungszahl des Elektromotors ermöglichte den Direktantrieb ohne Getriebe. Aufgrund des fehlenden Getriebes waren die Energieverluste sehr gering und damit der Wirkungsgrad hoch, so daß die Akkumulatorkapazität besser ausgenutzt wurde. War die Idee des Radnabenmotors selbst zwar nicht neu, so lag Porsches innovative Leistung nun in der Konstruktion eines lenkbaren Radnabenmotors. Er war als Innenpolmotor mit zehn bis sechzehn Polen konzipiert.

Im Motorengehäuse befand sich außerdem ein Ringanker, der mittels Kugellager um den auf dem Achsstummel feststehenden Magnetstern rotierte. Der Strom wurde über einen Ringkollektor an der Rückfront des Rades zugeführt.

Seine erste öffentliche Premiere erlebte das Lohner-Porsche-Elektromobil (Bezeichnung nach Lohner) 1900 anlässlich der Pariser Weltausstellung. Lohner stellte eine zweisitzige Chaise mit Lakaisitzbank aus, die von zwei Porsche-Motoren in den Vorderrädern angetrieben wurde. (Das Fahrzeug befindet sich heute ebenfalls im Besitz des Technischen Museums in Wien.) Eine weitere Innovation im Automobilbau war die Möglichkeit, alle vier Räder gleichzeitig zu bremsen, die Vorderräder durch Verringerung oder Abschalten des Stromes und die Hinterräder mit einer Bandbremse. Die beiden Motoren leisteten je 2,5 PS bei 120 Umdrehungen pro Minute.

Ein Grundproblem aller Akkumulatorenwagen vor dem Ersten Weltkrieg, die ungünstige Relation zwischen dem Gewicht des Fahrzeugs und des Akkumulators, konnte auch von Lohner und Porsche nicht bewältigt werden. Die Chaise wog 980 kg, wovon 410 kg auf den Akkumulator entfielen. Rechnet man noch das Gewicht der beiden Motoren hinzu, die je 115 kg wogen, dann machte das Gewicht der Antriebsaggregate 65% des gesamten Fahrzeuggewichts aus. Im Betrieb erwies sich außerdem die Abdichtung des Motorengehäuses als problematisch.

Ferner waren die Gummimischungen der Reifen nicht hart genug, um dem hohen Gewicht der Antriebsräder standzuhalten. – Diesem Umstand ist wahrscheinlich auch die Tatsache zuzuschreiben, daß die Porsche-Elektrofahrzeuge des Technischen Museums in Wien nicht mit Gummireifen, sondern mit Holzattrappen ausgestattet sind. – Die Folge waren peinliche Reifenpannen, denn der Versuch, ein 115 kg schweres Rad zu wechseln, dürfte so manchen Automobilisten vor eine schier unlösbare Aufgabe gestellt haben.

Aber nicht nur der Bau von Akkumulatorenwagen schien Lohner lukrativ zu sein. Noch im gleichen Jahr experimentierten Lohner und Porsche mit Hybridwagen.

Bereits 1899 hatte ja die belgische Firma Etablissements Pieper auf der Internationalen Motorwagen-Ausstellung in Berlin einen Hybridwagen vorgestellt, bei dem wahlweise oder parallel ein Benzin- und ein Elektromotor als Fahrzeugantrieb dienten. Im Gegensatz zum Pieper-Hybridwagen statteten die beiden österreichischen Konstrukteure ihr Fahrzeug mit einer ‚Ladestation‘ aus: Ein Benzinmotor erzeugte dabei mit Hilfe eines Generators Strom für die Elektromotoren. (Ein Lohner-Porsche-Hybridwagen befindet sich heute im Besitz des Technischen Museums in Wien; das Deutsche Museum verfügt über die Antriebsaggregate eines solchen Feuerwehr-Hybridwagens.) Lohner und Porsche versprachen sich zum einen eine Steigerung der Fahrzeugreichweite, um besser mit den Benzinwagen konkurrieren zu können, zum anderen bot der Hybridwagen die Möglichkeit, weiterhin Städte und Ortschaften ohne Geräusch- und Geruchsbelastung mit dem Elektroantrieb zu durchfahren.

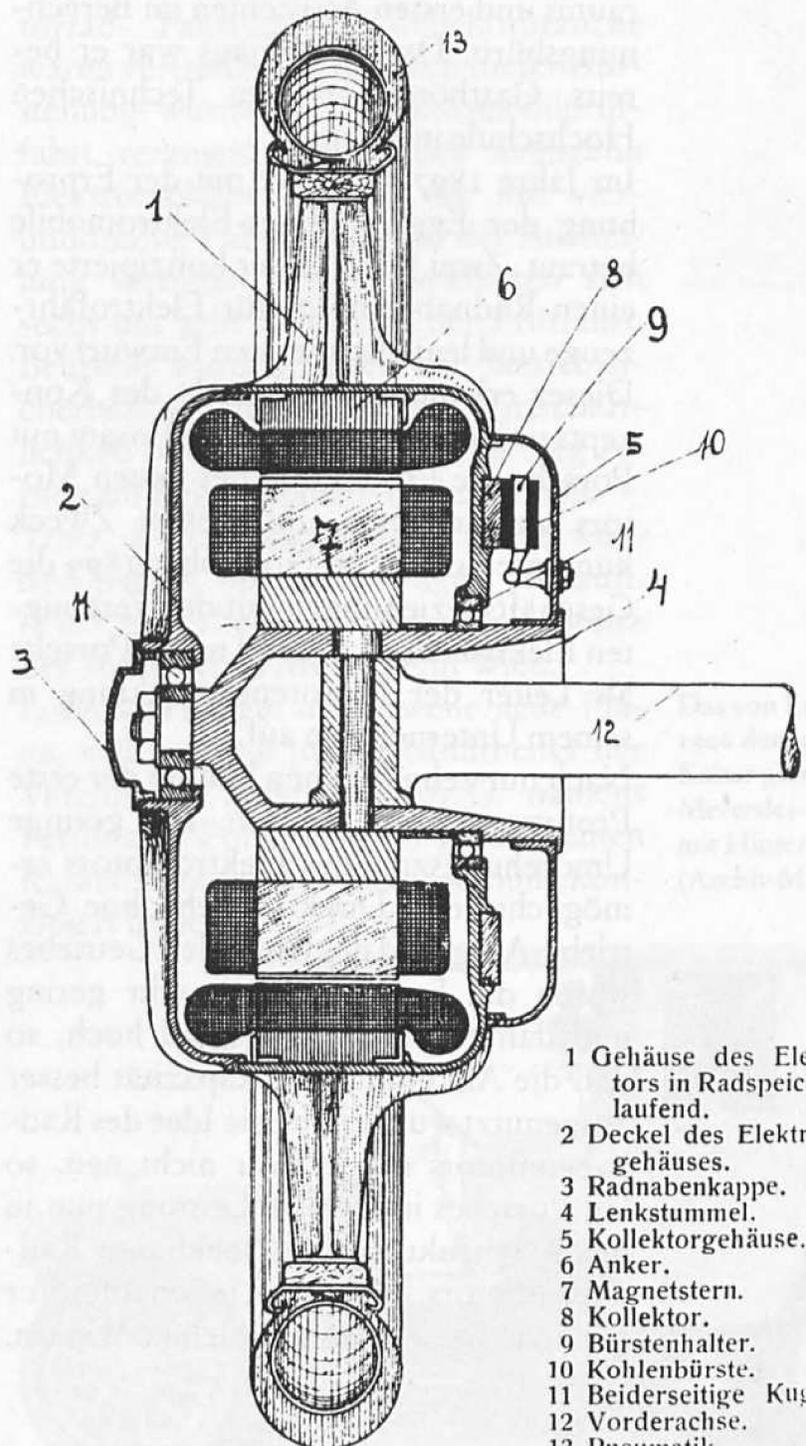
Eine Kleinserie von fünf Wagen wurde 1901 für 70750,- Kronen an Emil Jellinek, den Generalvertreter der Daimler-Motoren-Gesellschaft in Frankreich, Belgien, Österreich-Ungarn und den Vereinigten Staaten von Amerika, verkauft. Und ein Jahr später gelang es Lohner sogar, einen der weltgrößten Automobilproduzenten, die Firma Panhard & Levassor, für die Lohner-Porsche-Patente zu interessieren. Man schloß einen Lizenzvertrag, und Panhard & Levassor begann 1903 mit der Produktion. Doch zwei Jahre später schon kündigten Lohner und Porsche den Lizenzvertrag wieder, nachdem sie von einem neuen Geschäftspartner, dem österreichischen Unternehmer Emil Jellinek, ein lukrativeres Angebot erhalten hatten.

Emil Jellinek – vom Enthusiasten zum Automobilproduzenten

Emil Jellinek (1853–1918) zählte zu den wohlhabendsten Unternehmern Österreichs und lebte abwechselnd in Baden bei Wien und in Nizza. Sein erstes Automobil, ein dampfgetriebenes De Dion-Dreirad, erwarb er 1894. Drei Jahre später kaufte er seinen ersten Daimler-Wagen, dem viele andere folgten. Ständig forderte er von Daimler und Maybach

(1846–1929) leistungsstärkere Motoren. Unter dem Pseudonym ‚Mercedes‘ beteiligte er sich ab 1899 an verschiedenen Rennsportveranstaltungen. Als Automobilenthusiast und Rennfahrer kannte er die technischen Anforderungen an einen sportlichen Wagen, andererseits verkehrte er in den führenden Kreisen Frankreichs und im Hochadel Europas, so daß ihm die Wünsche der potentiellen Käufer vertraut waren.

Im Jahre 1900 erwarb er 36 Wagen eines neuen Daimler-Modells, das nach einer seiner Töchter ‚Mercedes‘ benannt wurde. Bis 1905 sicherte die Daimler-Motoren-Gesellschaft Jellinek das Verkaufsmonopol in den wichtigsten Exportländern zu. Noch vor Ablauf der Vertragsdauer suchte er jedoch nach neuen profitablen Sparten des Automobilbaus. Sein Interesse galt vornehmlich den Lohner-Porsche-Fahrzeugen, zumal Lohner eine recht erfreuliche Verkaufsbilanz vorweisen konnte – ungefähr 65 Akkumulatoren- und elf Hybridwagen hatte



- 1 Gehäuse des Elektromotors in Radspeichen auslaufend.
- 2 Deckel des Elektromotorgehäuses.
- 3 Radnabenkappe.
- 4 Lenkstummel.
- 5 Kollektorgehäuse.
- 6 Anker.
- 7 Magnetstern.
- 8 Kollektor.
- 9 Bürstenhalter.
- 10 Kohlenbürste.
- 11 Beiderseitige Kugellager.
- 12 Vorderachse.
- 13 Pneumatik.

Schnitt durch ein Antriebsrad des Lohner-Porsche Elektromobils.

(Zeichnung: Archiv MVT Berlin)

ELEKTROMOBILZEIT



Emil Jellinek-Mercedes.
(Archiv MVT Berlin)

er bis 1905 verkauft, und noch Ende des Jahres bestellte die Berliner-Elektromobil-Droschken-Aktiengesellschaft, kurz BEDAG genannt, einundzwanzig Akkumulatorenwagen zum Stückpreis von 7500,- Mark. Der endgültige Lieferumfang betrug 53 Wagen im Wert von 363 041,- Mark.

Jellinek erwarb nun die Patentrechte daran und gründete unter Beteiligung der Daimler-Motoren-Gesellschaft, der Deutschen Bank, der Württembergischen Vereinsbank und des Wiener Bankvereins verschiedene Aktiengesellschaften. Die Fahrzeugproduktion übernahm die Österreichische Daimler-Motoren-GmbH, deren technischer Direktor Porsche wurde. Jellinek initiierte bei allen Fahrzeugen einen Wechsel vom Vorderrad- zum Hinterradantrieb und regte eine neue Elektromobilkarosserie an, die sich am Benzinwagen orientierte. Der Akkumulator wurde nicht mehr unter dem Chassis oder Fahrersitz untergebracht, sondern unter einer Motorhaubenattrappe. Das erste Fahrzeug dieser Modellreihe wurde anlässlich der Automobilausstellung im Herbst 1906 in Berlin dem deutschen Kaiser geschenkt.

Neben Akkumulatoren- und Hybridwagen nahm man 1907 nun auch die Produktion von Oberleitungsbussen auf, deren Stromabnehmersystem von Ludwig Stoll (1877–1925) stammte. Gleichzeitig begann man mit der Entwicklung eines Benzinwagens, der nach Jellineks zweiter Tochter ‚Maja‘ benannt wurde. Da die Produktionskapazitäten jedoch ausgeschöpft waren, entschloß man sich, die Fertigung bei Lohner aufrechtzuerhalten. Schließlich aber scheiterte der Versuch, die Hybridwagen in größerem Umfang im europäischen Automobilmarkt zu etablieren. Eine Reklamationswelle aufgrund von Defekten der Diamant-Getriebe des Maja-Wagens führte zu hohen finanziellen Einbußen, die mit den Profiten aus der Fertigung der Akkumulatorenwagen nicht ausgeglichen werden konnten. Die verschiedenen Aktiengesellschaften gingen in Konkurs.

1908 zog Lohner sich von den Automobilen zurück, um sich ganz dem Karosserie- und Flugzeugbau zu widmen. Zwischen 1906 und 1908 hatte er 269 Akkumulatoren- und sieben Hybridwagen produziert. 1909, 1910 und 1915 wurde noch je ein Fahrzeug von Lohner ver-

kauft, so daß zwischen 1900 und 1915 insgesamt 337 Akkumulatoren-, achtzehn Hybrid- und fünf Oberleitungsbusse mit Porsche-Radnabenmotoren verkauft wurden. Nachdem sich 1909 auch Jellinek vom Automobilbau abwandte, blieb lediglich Porsche der Branche treu. Zwar spielte das Elektromobil zu diesem Zeitpunkt als Individualverkehrsmittel keine Rolle mehr, doch schien der Bau von Spezialfahrzeugen – Feuerwehrfahrzeuge und Busse – weiterhin profitabel. So entschloß man sich bei der Daimler-Motoren-Gesellschaft, den Bau von Elektrofahrzeugen mit Porsche Radnabenmotoren im Werk Berlin-Marienfelde aufzunehmen. Doch schließlich verdrängten die Benzinwagen die Elektromobile auch aus diesem Bereich. Eine kleine Ära war zu Ende. □

Hinweise zum Weiterlesen:

- Thomas Köppen: Die Rolle der Firma Jakob Lohner & Co bei der Entwicklung von Hybridantrieben im Automobilbau. In: Technikgeschichte, Band 55 (1988) Heft 2, S. 95–110.
- Franz Pinczolits und Robert D. Bobr: Austro Daimler. Paul Daimler und Ferdinand Porsche – Pioniere des Automobils. Wiener Neustadt 1986.
- Viktor Schützenhofer: Lohner – vom Wagnergewerbe zur Großindustrie. In: Blätter für Technikgeschichte, Heft 12 (1950), S. 1–14.
- Hans Seper: Österreichische Automobilgeschichte 1815 bis heute. Wien 1986.
- Paul Siebertz: Rudolf Diesel und der Automobilmotor. Ein Beitrag zur Geschichte des Fahrzeugdiesels unter besonderer Berücksichtigung der Rolle Ludwig Lohners darin. In: Blätter für Technikgeschichte, Heft 12 (1950), S. 15–30.
- Erwin Steinböck: Lohner, zu Land, zu Wasser und in der Luft. Die Geschichte eines industriellen Familienunternehmens von 1823–1970. Graz 1982.

DER AUTOR

Thomas Köppen, geb. 1961, war nach dem Studium der exakten Wissenschaften und der Technik wissenschaftlicher Volontär im Bereich Straßenverkehr am Museum für Verkehr und Technik in Berlin. Seit 1989 Promotionsstudium an der TU Berlin.



TECHNIK UND WIRTSCHAFT

Ulrich Wengenroth

Die Begriffe Technik und Wirtschaft beschreiben die wichtigsten Kulturleistungen des Menschen in der Auseinandersetzung mit seiner materiellen Umgebung und der Überwindung ihrer naturgegebenen Beschränkungen: Technik als die Menge aller Artefakte und Verfahren, die in mannigfaltiger Weise der Umgestaltung der Natur dienen, Wirtschaft als Inbegriff all jener Handlungen und Institutionen, die der Befriedigung menschlicher Bedürfnisse mit knappen, also nicht im Überfluß vorhandenen Dingen oder Leistungen dienen. Wie viele Grundbegriffe entziehen sich auch diese beiden einer genauen Definition oder verarmen doch zumindest sehr bei dem Versuch einer solchen. Sie leben vielmehr in ihren je historischen Verwendungszusammenhängen. Die Bedeutungsverschiebungen und -gewichtungen von Technik und Wirtschaft in der Geschichte sind selbst deutlicher Ausdruck ihres jeweiligen Stellenwertes sowie des gesellschaftlichen Wandels, den sie begleiten und formen. Technik und Wirtschaft hat es in rudimentärer Form mit Sicherheit seit den frühesten Tagen der Menschheit gegeben. Zu einem für eine ganze Epoche prägenden Begriffspaar wurden sie hingegen erst mit der Industriellen Revolution, in der das Wirtschaften der Menschen seine Naturnähe verlor und sich immer stärker in den Bereich der Artefakte verlagerte. Technisches Handeln im engeren Sinne, der Umgang mit Maschinen und Apparaten, bestimmt in der industrialisierten Welt heute ganz überwiegend den Wirtschaftsprozess; dies gilt

selbst in der früher so naturnahen Urproduktion: der Landwirtschaft und der Gewinnung von Rohstoffen. Mit bloßen Händen wirtschaftet in unseren Breiten kaum noch ein Mensch.

Es war den Zeitgenossen um 1800 in England und wenige Jahrzehnte später auf dem Kontinent durchaus bewußt, daß sie Zeugen des Beginns einer gewaltigen kulturellen Umwälzung waren, deren materielle Grundlage neuartige und in immer größerer Zahl und Vielfalt auftretende Apparate, Maschinen, Fabriken und Produktionsverfahren bildeten. Die Menschen strömten aus der seit Jahrhunderten vertrauten ländlichen Wirtschaft in die entstehende technische Welt der Werkstätten, Großbaustellen und Industriestädte, in denen nicht adlige Herren und Großgrundbesitzer, sondern Fabrikanten und Techniker den Rahmen der Lebens- und Arbeitswelt setzten.

Das Erstaunliche und Revolutionäre an diesem Prozeß war weniger, daß Handwerk und Gewerbe sich neue technische Hilfsmittel schufen, die ihnen die Arbeit erleichterten und sie effizienter machten. Das hatte es schon immer gegeben. Doch nun begann der Mensch, das Hilfsmittel oder Werkzeug aus der Hand zu geben und es einer von ihm konstruierten Maschine zu übertragen, die statt seiner jetzt die Spindel führte, den Webstuhl bewegte oder ein genaues Gewinde in einen Bolzen schnitt. Die Maschine konnte das nicht nur schneller und bald schon zuverlässiger; sie konnte darüber hinaus vielfältigt und vergrößert werden, wodurch sie in kurzer Zeit die Arbeit vieler Hände übernahm oder sie dank ihres mechanischen Antriebes und ihres bald schon eisernen Gerüsts mit solcher Kraft ausführen konnte, wie dies einem Menschen nie möglich gewesen wäre. Das hieß jetzt aber auch, daß sie in Konkurrenz zum Menschen treten konnte.

Der strategisch entscheidende Schritt dieser Maschinisierung, der die Industrielle Revolution zu einem lawinenartigen, nicht mehr umkehrbaren Prozeß werden ließ, war die Entwicklung von Maschinen zur Herstellung von Maschinen, der Maschinenbau. In ihm wurden die neugewonnenen technischen Kenntnisse und Fertigkeiten nicht nur genutzt, um irgendwelche Produkte, wie Tuche, Möbel, Uhren usw., schneller und billiger herzustellen, sondern in ihm wurden die menschlichen Begrenzungen bei der Herstellung der Maschinen selbst überwunden. Damit war ein Maschinensystem geschaffen, das nicht nur die Voraussetzungen zu seiner eigenen Reproduktion bot, sondern auch menschliche Erfahrung im Umgang mit den Naturkräften in sich aufnehmen und in übermenschlichem Maßstab wieder zur Verfügung stellen konnte. Galt dies im 19. Jahrhundert zunächst überwiegend für mechanische und chemische Verfahren, so traten in den vergangenen Jahrzehnten mit der Elektronik qualitativ neue Möglichkeiten der Prozeßsteuerung und Informationsverarbeitung hinzu.

Blieben die qualitativen Schritte in der Weiterentwicklung dieses Maschinensystems, die technischen Erfindungen, weitgehend dem Zufall und dem Genius des einzelnen überlassen, so war die Steuerung der Quantitäten, also die Verbreitung und Auswahl der Maschinen und Verfahren, ein Wirtschaftsprozess. Wirtschaftliches Handeln sorgte dafür, daß das Potential des neuen Maschinensystems ausgenutzt und entwickelt wurde und schuf damit die Basis für weiteren technischen Fortschritt. Die Stahlkonverter des Ruhrgebiets waren im späten 19. Jahrhundert nicht nur das Ergebnis jahrzehntelanger metallurgischer und verfahrenstechnischer Entwicklungsarbeit, sondern zugleich großartige Versuchsanordnungen, wie sie den Technikern eine Generation früher überhaupt nicht zur Verfügung standen. Und wäre die Produktion von mehreren Millionen Tonnen Stahl jährlich in diesen Konvertern nicht wirtschaftlich gewesen, so hät-

te es sie vermutlich nie gegeben. Ähnlich ist die Beziehung zwischen Strömungslehre und Luftverkehr, Thermodynamik und Dampfmaschine, Elektronik und Nachrichtenwesen, usw.

Die Wirtschaft konnte den Erkenntnisfortschritt in der Technik zwar nicht im einzelnen steuern, doch sie wies ihm die Chancen zu seiner Realisierung zu und zeigte die Felder auf, wo der größte Lohn zu erwarten war. Letztlich entschieden und entscheiden ihre Kriterien in den meisten Fällen darüber, welche Technik wir nutzen und weiterentwickeln, und damit auch, auf welche Ziele die meisten technischen Anstrengungen, intellektuell wie materiell, gerichtet werden. Das gilt ebenso für den oft fälschlicherweise ausgenommenen militärischen Bereich, der seinen eigenen, grausamen ökonomischen Gesetzen folgt. Technik und Wirtschaft sind damit längst eine Symbiose eingegangen, die es aussichtslos macht, ihre jeweiligen Anteile an unserer gegenwärtigen Zivilisation gesondert zu identifizieren. Schließlich verlangt der Ethos des Technikers, sein Ziel mit dem kleinstmöglichen Aufwand zu erreichen, und folgt somit einem ökonomischen Prinzip. Bemißt man diesen Aufwand in Geld, so handelt er im engeren Sinne wirtschaftlich.

Dennoch wäre es verfehlt, zu behaupten, die Technik folge allein den Vorgaben der Wirtschaft. Selbst wenn man den Rahmen wirtschaftlichen Handelns sehr weit faßt und die staatliche Technikförderung als volkswirtschaftliche Aufgabe begreift, bei der der Staat das von Privatunternehmen nicht mehr tragbare oder finanzierbare, langfristige Investitionsrisiko übernimmt, läßt sich die Entwicklung der Technik nicht erschöpfend aus den jeweiligen wirtschaftlichen Vorgaben, Zwängen und Rahmenbedingungen erklären. Auch in ihren modernsten Formen bleibt Technik eine Auseinandersetzung mit den Gesetzen und Beschränkungen der Natur und somit an diese gebunden.

In dieser Auseinandersetzung bieten sich dem Techniker immer wieder Chancen, öffnen sich neue Wege, die kein wirtschaftliches Kalkül vorhergesehen hat und mit denen die Wirtschaft zumindest zunächst einmal nichts anzufangen weiß. Dennoch werden diese Wege verfolgt: aus menschlicher Neugier, wegen der Faszination, die sie auf jene ausüben, die das technisch Machbare immer wieder ausloten müssen, ehe man sich auf den rationellen, den wirtschaftlich vernünftigen Weg einigen kann. Diese Faszination bis hin zur Technikbegeisterung erleben keineswegs nur die Macher selbst, sondern auch all jene, die sich im täglichen Leben an der Funktion technischer Geräte über den unmittelbaren Nutzen hinaus freuen. Wieviele unserer schnittigen Autos, vielseitigen Heimcomputer, dekorativen Spinnräder usw. würden schon einer betriebswirtschaftlichen Kosten-Nutzen-Analyse standhalten? Und auch nicht alle industriellen Projekte scheinen völlig frei von ökonomisch kaum begründbarer Technik zu sein.

Eine Zivilisationskritik, die diese Erscheinungen in den Markt für technische Konsumgüter und damit wieder in den Bereich der Wirtschaft zurückverweist, greift allerdings zu kurz. So absichtsvoll läßt sich der technische Erkenntnisfortschritt nicht steuern, da für ihn andere als ökonomische Denkweisen vonnöten sind. Homo faber und homo oeconomicus sind nicht identisch, doch, wenn sie zusammenwirken, von einer unvergleichlichen Gestaltungskraft, die unsere technische Zivilisation hervorgebracht hat. Wenn wir vielen ihrer Phänomene heute kritisch gegenüberstehen und manche von uns glauben, technischen Zwängen nur durch eine Umkehr entgegen zu können, so übersehen wir die Offenheit der technischen Entwicklung, deren unverrückbare Begrenzungen allein in der Natur liegen, während ihre ökonomischen Bedingungen ein gesellschaftliches Konstrukt sind, über das man sich verständigen kann und muß. Andererseits erscheint es, als sei jene Schnittmenge aus technischem Potential und ökonomischem Kalkül, in der sich

die technisch-industrielle Welt gebildet hat, noch lange nicht erschlossen oder überhaupt vollständig bekannt. Den politischen Gestaltungswillen und das demokratische Einverständnis vorausgesetzt, läßt sich dort in Zukunft sicher noch mehr als Abgaskatalysatoren, Ölabscheider und Solarzellen realisieren. Technik und Wirtschaft sind Manifestationen menschlicher Handlungen und Wünsche. Der Innovationsforscher J. Schmookler zog daraus den Schluß: „Wenn die Veränderungen in der Art menschlicher Bedürfnisse das Wachstum des Wissens beeinflussen, dann müssen alle Menschen einen Teil der Verantwortung dafür tragen, was als nächstes passiert.“

Die Georg-Agricola-Gesellschaft hatte ihre Jahreshauptversammlung am 19./20. Oktober 1989 in Frankfurt unter das Thema Technik und Wirtschaft gestellt. Ihm galten auch die beiden Hauptvorträge von Professor Dr. Ulrich Wengenroth und Dr. Manfred Lennings. – Auf der Tagung wurde außerdem erstmalig der *Wilhelm-Dettmering-Preis* verliehen. Preisträger ist Hans-Liudger Dienel aus München. Über den Vortrag von Dr. Lennings und die preisgekrönte Arbeit wird zu einem späteren Zeitpunkt berichtet.

DER AUTOR

Ulrich Wengenroth, Dr. phil., geb. 1949, ist ordentlicher Professor am Zentralinstitut für Geschichte der Technik an der Technischen Universität München.

Sigfrid von Weiher

1. 4. 1865

Der Mainzer Ingenieur **Paul Haenlein** (1835–1905) erhält auf seine Erfindung ‚Antrieb von Luftschiffen durch Gasmaschinen‘ ein britisches Patent. 1867 konnte er ein erstes entsprechend ausgerüstetes kleines **Luftschiff** in Mainz vorführen. 1872 folgte ein zweites Luftschiff (50 m Länge und 2400 m³ Volumen) in Brünn, das mit einer Lenoir-Gasmaschine ausgestattet war. Trotz erfolgreicher Versuche konnte sich die Erfindung nicht weiter entwickeln; die Zeit war noch nicht reif, und der Wiener Börsenkrach mag seinen Teil dazu beigetragen haben, daß Haenleins weitere Planungen nicht vorankamen.

6. 4. 1865

In Mannheim konstituiert sich durch die Initiative von Friedrich Engelhorn die ‚Aktiengesellschaft **Badische Anilin- und Sodafabrik**‘ mit einem Stammkapital von 1400000 Gulden. Bis zum Jahre 1900 war das Unternehmen, das durch seine zügig entstehenden Werksanlagen auch für die Entwicklung der Stadt Ludwigshafen entscheidend wurde, mit über 6000 Mitarbeitern zur größten chemischen Fabrik der Erde geworden.

6. 4. 1890

In Kediri/Niederländisch Indien wird **Anthony Herman Gerard Fokker** geboren. Früh begeisterte er sich für die Fliegerei und baute 1913 bei Schwerin ein Flugzeugwerk auf, aus dem erfolgreiche Konstruktionen hervorgingen. 1919 gründete er eine große Flugzeugfabrik in Amsterdam.

6. 4. 1965

Der **Nachrichten-Satellit ‚Early Bird‘** wird von der amerikanischen Communication Satellite Corporation auf seine Umlaufbahn gebracht. Im 24-Stunden-Takt umrundet er die Erde und überträgt kommerzielle Nachrichten. Mit 240 Sprechkanälen, von denen 24 die Deutsche Bundespost nutzte, war dies der erste spezielle Nachrichtensatellit.

9. 4. 1865

In Breslau wird **Karl Protheus Steinmetz** geboren. Nach naturwissenschaftlichem Studium wandte er sich nach Amerika. Er wurde als beratender Ingenieur der General Electric Co. ein enger Mitarbeiter Thomas Alva Edisons und erreichte besonderen Erfolg auf dem Gebiet der **Hystereseforschung**. Unter anderem erfand er ein Dreileitersystem für Wechselstrom. Die Harvard-University verlieh ihm die Ehrendoktor-Würde. Als Professor für Elektrophysik lehrte Steinmetz am Union College in Schenectady.

12. 4. 1840

In Philadelphia/USA stirbt, knapp 47jährig, **Franz Anton Ritter von Gerstner**. Sein Vater hatte in Prag das Polytechnische Institut gegründet, an dem der Sohn sich bildete. 1819 wurde Franz Anton Professor der Vermessungskunde in Wien. Bald aber gab er seine Lehrtätigkeit auf, um sich intensiv der Planung der ersten Eisenbahn Österreichs (Budweis-Linz) zu widmen. 1831–34 unterstützte er die Herausgabe des Handbuches der Mechanik, das noch sein Vater bearbeitet hatte. Schließlich wandte er sich nach Rußland, wo er 1838 die erste Eisenbahn (St. Petersburg-Zarskoje Sselo) baute. Während seiner Studien über den Stand des Eisenbahnwesens in den USA ereilte ihn der Tod.

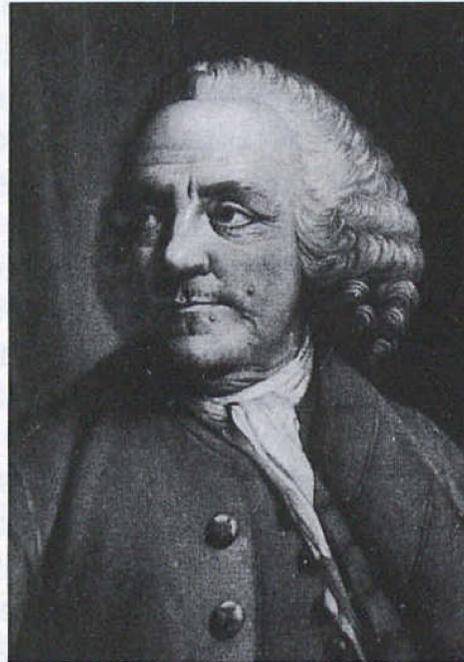


Michail Wassiljewitsch Lomonossow (1711–1765).

15. 4. 1765

In St. Petersburg stirbt im 54. Lebensjahr **Michail Wassiljewitsch Lomonossow**. Auf Kosten der russischen Regierung studierte er, ein Sohn armer Fischer, seit 1734 in Marburg/Lahn Natur-

wissenschaften und anschließend in Freiberg/Sachsen Bergbau. 1741 wurde er Direktor des Mineralogischen Kabinetts in St. Petersburg, 1742 Adjunkt für Chemie und Physik und 1745 Professor der Chemie ebenda. In dieser Eigenschaft errichtete er auch das erste chemische Laboratorium Rußlands.



Benjamin Franklin (1706–1790).

17. 4. 1790

In Philadelphia/USA stirbt 84jährig der amerikanische Staatsmann und vielseitige Gelehrte **Benjamin Franklin**. Neben seiner Erfindung des **Blitzableiters** (1752), die ihn weltbekannt machte, hat er noch zu einer Reihe weiterer technischer Fortschritte beigetragen. Dazu gehören die Glasharmonika, die Meeresberuhigung durch Öl, bifokale Brillengläser, Gegenzug-Öfen, zweckentsprechende Rauchabzüge und Hausventilatoren. Als Buchdrucker, der er ursprünglich war, hatte er 1730 das erste deutschsprachige Buch in der Neuen Welt gedruckt.

21. 4. 1965

In Edinburgh/Schottland stirbt im 78. Lebensjahr **Sir Edward Victor Appleton**. Für seine Ionosphärenforschungen erhielt der Physiker 1947 den Nobelpreis zuerkannt. Seine Ultraschall-Arbeiten führten zu sehr praktischen Ergebnissen in der Kleiderreinigung. 1924–36 war er Professor für Physik am Kings College London, danach Professor der Naturphilosophie in Cambridge. 1939–49 schließlich Sekretär des British Department of Scientific and Industrial Research (DSIR), konnte er seine betont praxisorientierte Sicht der Naturwissenschaften erfolgreich anwenden.

26. 4. 1940

In Heidelberg stirbt 66jährig der Chemiker **Carl Bosch**. Der gebürtige Kölner erwarb sich sein fachliches Rüstzeug zunächst bei praktischer Arbeit auf einer schlesischen Hütte und danach beim Studium in Berlin und Leipzig. 1899 trat er in die Badische Anilin- und Sodafabrik ein, die ihn 1908 mit der Lösung der katalytischen Hochdrucksynthese des Ammoniaks (das später sogenannte **Haber-Bosch-Verfahren**) beauftragte. 1919 wurde Bosch Vorstandsvorsitzender der BASF. 1925 bekleidete er denselben Posten in dem neu gebildeten IG-Farben-Konzern. 1935 wurde er Aufsichtsratsvorsitzender. Die Wissenschaft ehrte ihn 1931 durch Zuerkennung des Chemie-Nobelpreises.

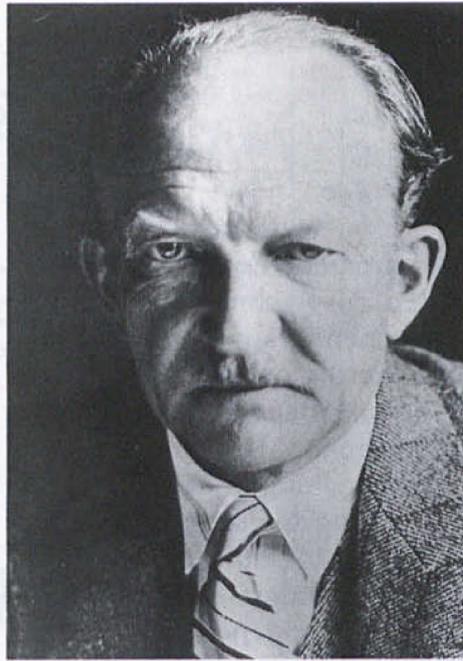
28. 4. 1865

In London stirbt 78jährig **Sir Samuel Cunard**. Als Kaufmann betrieb er zunächst in seiner ka-



Great Britain, erstes eisernes Dampfschiff, Cunard Line, 1843.

Georg Graf von Arco
(1869–1940).



nadischen Vaterstadt ein Handelsgeschäft. Gestützt auf einen jährlichen Zuschuß der britischen Postverwaltung, konnte er, als Initiator und Reeder, den ersten regelmäßigen **Dampfschiffverkehr** zwischen England und den USA (Liverpool–New York–Boston) 1838/40 aufnehmen. Hierbei standen ihm die seinerzeit modernsten Dampfschiffe zur Verfügung, so auch das erste eiserne Schrauben-Dampfschiff 'The Great Britain'. Die Queen Victoria ehrte Cunards Verdienste um die Handels-schiffahrt 1859 durch dessen Erhebung in den Ritterstand.

2. 5. 1790
In Echterdingen bei Stuttgart stirbt, erst 51jährig, **Philipp Matthäus Hahn**. Als evangelischer Geistlicher hatte er sich zeitlebens nebenbei äußerst effektiv mit mechanischen Arbeiten beschäftigt, so daß er in der Technik- und Wirtschaftsgeschichte Württembergs als **„Begründer der schwäbischen Feinwerktechnik“** fortlebt.



Philipp Matthäus Hahn (1739–1790).

2. 5. 1840
In Rödermühle bei Osterode wird **Hermann Fischer** geboren. Nach technischem Studium in Hannover und praktischer Ingenieurarbeit vielerorts ließ er sich 1867 in Hannover als Zivilingenieur, besonders für heizungs- und lüftungstechnische Arbeiten, nieder. 1876 wurde Fischer als Nachfolger von Karmarsch an die TH in Hannover berufen, wo

er 34 Jahre lang den Lehrstuhl für Maschinenbau innehatte. Zahlreich sind seine Veröffentlichungen über die **mechanische Technologie** und im besonderen über die **Werkzeugmaschine**.

2. 5. 1865
In Kimmelbach bei Linz/Österreich stirbt 53jährig der aus Heilbronn stammende **Karl von Etzel**. Aus spontaner Begeisterung für die Technik nahm der ausgebildete Zimmermann am Polytechnikum in Stuttgart seine Studien auf und wurde Ingenieur und Architekt. Als Planer und Erbauer von Eisenbahntrassen machte er sich in Frankreich, der Schweiz, in Württemberg (z. B. 1850 die 'Geislinger Steige') und in Österreich einen Namen. Seine bedeutsamste Leistung wurde der **Bau der Brennerbahn**, deren Vollendung er tragischerweise nicht mehr erleben sollte.

4. 5. 1790
In seinem Geburtsort Turbo bei Hedemora/Schweden stirbt im 64. Lebensjahr der Hüttenmann **Johan Fredrickson Angerstein**. Um 1777 bemühte er sich bei systematischer Untersuchung aller damals bekannten Stahlsorten, die besten Härtungsmöglichkeiten zu finden. Es gelang ihm schließlich, qualifizierte **Schneidstähle** für das Ritzen von Eisen und Glas zu erzeugen.

4. 5. 1940
In Berlin stirbt im 71. Lebensjahr **Georg Graf von Arco**. Schüler und später Assistent Professor Slabys an der TH Berlin, fand er früh den Weg zur **Hochfrequenztechnik**. Bei Gründung der Telefunken-Gesellschaft 1903, in der die drahtlosen Telegrafiesysteme Braun-Siemens und Slaby-Arco-AEG eingebracht wurden, übernahm er die technische Leitung, und zwar bis ins Jahr 1931. Um den Aufbau der **Großfunkstation Nauen** im Nordwesten Berlins (1906) wie auch um die Entwicklung des deutschen Übersee-Funknetzes hatte Arco sich große Verdienste erworben.

6. 5. 1840
Die auf Vorschlag von **Rowland Hill** (1795–1879) in Großbritannien eingeführten aufklebbaren **Briefmarken** werden erstmalig – zunächst die 1-Penny-Marke mit dem Porträt der Queen – an den Postämtern Londons angeboten. In Deutschland folgte man erst sehr viel später diesem Beispiel, 1849 in Bayern und 1850 in Preußen. Als Sir Rowland Hill wurde der Initiator des Briefportos nobilitiert, in der Westminster Abbey erhielt er schließlich ein besonderes Denkmal.

7. 5. 1890
In London stirbt im 82. Lebensjahr **James Nasmyth**. Mit mechanischem wie auch künstlerischem Talent gleichermaßen begabt, fand er aus eigenem Antrieb den Weg zur Technik. Als Assistent von Henry Maudslay hatte er seinen kreativen Sinn entwickeln können, worauf er sich selbständig machte und seinen Ruf als geistreicher Erfinder begründete. Hervorzuheben sind sein in den 1840er Jahren entwickelter **Dampfhammer** und eine Reihe Werkzeugmaschinen, die zur Rationalisierung mechanischer Arbeit maßgeblich beitrugen.



Emil Freymuth (1890–1961).

8. 5. 1865
Bei Maximiliansau am Rhein, unweit Karlsruhe, wird die **erste schiffbare Eisenbahnbrücke** der Welt ihrer Bestimmung übergeben. Sie diente jahrzehntelang dem Eisenbahnverkehr zwischen Baden und der Pfalz.

8. 5. 1890
In Berlin stirbt 60jährig **Carl Ludwig Frischen**. Nach technischem Studium in Hannover trat er 1854 in die Telegrafienverwaltung ein und erfand noch im gleichen Jahr ein praktikables **Gegensprechverfahren**. 1870 trat er als Oberingenieur in die Firma Siemens & Halske in Berlin ein, wo ihm auch eisenbahnsicherungstechnische Aufgaben gestellt wurden. Dabei entstand der erste **elektrische Streckenblock**, wenig später auch der Schienendurchbiegungskontakt.

10. 5. 1715
J. N. Stumm, der Stammvater der saarländischen Industriellen-Familie **von Stumm-Halberg**, erhält die Erlaubnis, bei der Mühle Birkenfeld ein **Eisenhammerwerk** anzulegen. Ein früherer Beitrag zur Entwicklung des Saar-Reviers.

15. 5. 1715
In Westminster bei London stirbt, etwa 65jährig, der Militär-Ingenieur **Thomas Savery**. Er hatte sich mit vielseitigen technischen Arbeiten beschäftigt, so unter anderem mit Schleif- und Poliermaschinen, Uhrwerken und artilleristischen Verbesserungen. Besonders hervorzuheben ist seine 1698 patentierte

„**Feuermaschine**“ zum Heben des Grundwassers im Bergbau unter Tage. Mit Saverys Dampfpumpe dürften die ersten praktischen Ergebnisse bei Anwendung der **Dampfkraft im Bergbau** erzielt worden sein.

15. 5. 1815

In Southleigh/Oxfordshire, England, wird **James Biceno Francis** geboren. Ohne fachliche Vorbildung erwarb er sich als Gehilfe eines Hafengebäude-Ingenieurs praktische Kenntnisse in der Technik. 1833 wanderte er nach den USA aus und wurde zunächst Ingenieur-Assistent, vier Jahre später bereits Chefingenieur einer Eisenbahngesellschaft. Daneben übernahm er auch andere technische Arbeiten und Forschungsaufgaben, vor allem im Bereich der Hydrotechnik. Sein Name wurde berühmt und durch die von ihm 1849 angegebene radiale Überdruck-Wasserturbine mit Außenaufschlag, die „**Francis-Turbine**“, unsterblich.

17. 5. 1865

In Paris wird die **Internationale Telegraphen-Union** gegründet, indem die Teilnehmer die erste überstaatliche Telegraphen-Konvention durch Unterschrift anerkennen. 1868 entsteht in Bern das erste ständige Büro der ITU (heute: International Telecommunication Union).

19. 5. 1940

Über dem Gelände der deutschen Raketen-Versuchsanstalt in Peenemünde an der Ostsee gelingt erstmals ein **ferngelenkter Flug** eines Großflugzeugs vom Typ Ju 52. Zielsetzung dieser Bemühungen ist es, Flugzeugen aller Art sichere Landungen bei Nacht und Nebel, notfalls auch echte **Blindlandungen**, zu ermöglichen.

26. 5. 1915

In Fourchambault/Département Nièvre, Frankreich, stirbt im 91. Lebensjahr der Hüttenmann **Pierre Martin**. Den Siemensschen Regenerativ-Feuerungsprozess für Hochöfen ergänzte er 1864 durch Ausfütterung des Konverters mit hochfeuerfesten Dinassteinen. Als **Siemens-Martin-Stahlprozess** wurde dieses Verfahren in der Hüttentechnik sehr effektiv.

28. 5. 1890

In Köln wird, als Sohn eines Kunstmalers, **Emil Freymuth** geboren. Als Architekt versuchte er in seinen Planungen, zweckorientiertes und landschaftsverbundenes Bauen harmonisch zu vereinigen. Mit der Siemens-Werkssiedlung in Münchens Süden gelang es ihm 1951–54, Normal- und Hochbauten mit mehr als fünfhundert Wohneinheiten in einer Parklandschaft sinnvoll zu kombinieren. Die 12- und 17-geschossigen **Wohnhochhäuser** waren die ersten ihrer Art in Bayern.

29. 5. 1865

In Kiel wird die **Deutsche Gesellschaft zur Rettung Schiffbrüchiger** durch F. A. Bempohl, G. Breusing und Dr. A. Emminghaus gegründet. Mit einer immer wieder technisch erneuerten Flotte von guten Rettungskreuzern und zahlreichen Rettungsstationen an den Küsten Norddeutschlands vermochte die Gesellschaft seither rund 50000 Menschenleben vor dem Ertrinken zu retten.

8. 6. 1865

In Rockhills bei Sydenham/England stirbt **Sir Joseph Paxton**. Er war einer der genialsten Gartenbauarchitekten des 19. Jahrhunderts. Nach seinen Entwürfen baute Fox den berühmt gewordenen ersten **Christall-Palast**, in dem 1851 die erste Welt-Industrie-Ausstellung in London abgehalten wurde. Eisen und Glas fanden in diesem Bauwerk erstmals im großen Maßstabe als kombinierte Konstruktionselemente Anwendung.

16. 6. 1615

Das von dem Dalmatiner **Fausto Veranzio** bearbeitete, erste mehrsprachige **Maschinenbau-Lehrbuch** „*Machinae novae*“ erhält seine Druckerlaubnis; 1616 wurde es in Venedig herausgegeben. Text und Illustrationen dieses seltenen Buches sind für die Beurteilung der Technik jener Epoche sehr aufschlußreich.

19. 6. 1840

Auf einer Reise stirbt in Warschau der belgische Unternehmer **John Cockerill**. In England gebürtig, war er 1799 nach Belgien gekommen und übernahm 17jährig in Lüttich die väterliche Maschinenfabrik. 1816 gründete er mit seinem Bruder James ein weiteres Industrierwerk in Seraing. Damit standen die Cockerills an der Spitze der jungen belgischen Industrie. In den 1830er Jahren folgten weitere Gründungen der Cockerills in Frankreich, Deutschland und Rußland, insbesondere Eisenhütten, Maschinenfabriken und Textilbetriebe.

19. 6. 1965

In Heidelberg stirbt 83jährig **Franz Kruckenberg**. Zunächst Konstrukteur von Luftschiffen, wandte er sich in den Jahren nach 1920 der Entwicklung von schnellen Schienenfahrzeugen zu, die er in Leichtbau und Stromlinienformgebung konzipierte. Sein „**Schienen-Zeppelin**“ erreichte 1931 bereits 230 km/h. Er steht am Beginn der Entwicklung der Fernschnellbahnen in aller Welt.

20. 6. 1840

Der Kunstmaler **Samuel F. B. Morse** nimmt ein USA-Patent auf seinen verbesserten „elektrischen Telegraphen“, bei dem unter anderem auch die erste sogenannte „**Morse-Taste**“ Anwendung findet.

20. 6. 1915

In Berlin stirbt im 77. Lebensjahr der Industrielle **Emil Rathenau**. Nach technischer Lehrzeit hatte er an den Polytechniken in Hannover und in Zürich studiert. Erfahrungen im Ingenieurberuf erwarb er sich dann in Berlin und in England. Sein ausgeprägter Sinn für Managementprobleme veranlaßte ihn, sich für die Einführung des Telefons und der Glühlampe in Berlin einzusetzen. 1881 erwarb er die **Edison-Glühlampentente** für Deutschland und gründete 1883 die Deutsche Edison-Gesellschaft, die 1887 in die „**Allgemeine Elektrizitätsgesellschaft**“ (AEG) einmündete. Auch die „Berliner Elektrizitätswerke“ sind eine von Rathenau gegründete Firma.

22. 6. 1865

In Berlin wird zwischen dem Brandenburger Tor und Charlottenburg **Deutschlands erste Pferde-Straßenbahn** in Betrieb genommen. Ihr Gründer und Unternehmer war der ehemalige Hamburger Schiffskapitän Moller. Die Wagen waren bereits doppelstöckig, faßten 50 Fahrgäste und wurden jeweils von zwei Pferden gezogen. Vorbild dieses Berliner Unternehmens war die entsprechende Genfer „**Rössli-Tram**“!

24. 6. 1390

Ulman Stromer, Patrizier und Ratsherr in Nürnberg, nimmt seine im Vorjahr mit Hilfe von lombardischen Mühlenbauern errichtete **erste Papiermühle** vor den Toren Nürnbergs in Betrieb. Es ist die erste geschichtlich belegte Papiermühle in Deutschland.

25. 6. 1965

Auf der Schnellzugstrecke München–Augsburg erreicht ein fahrplanmäßiger **Bundesbahnzug erstmalig 200 km/h**. Die E-Lok vom Typ E03 unternahm diese Testfahrt aus Anlaß der an diesem Tag in München eröffneten Internationalen Verkehrsausstellung.

27. 6. 1865

Linus Yale, von Beruf Kunstmaler, nimmt ein grundsätzliches USA-Patent auf das von ihm erfundene Kombinationsschloß, das er in der Folge weiter verbessert und als **Yale-Sicherheits-schloß** weltweit einführt.

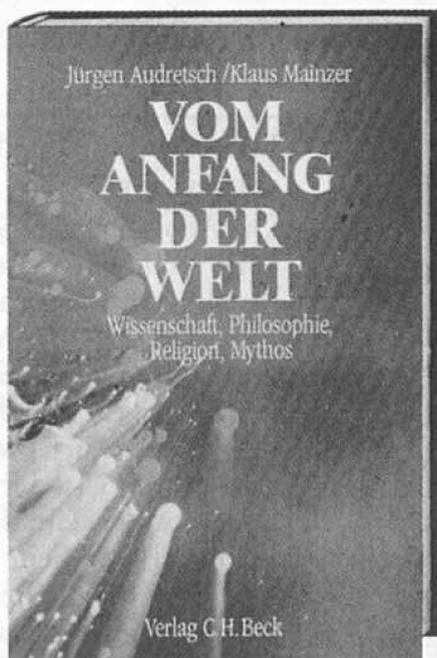
30. 6. 1890

Das **Münster in Ulm/Donau** wird vollendet. Während der Jahre 1885–1890 wurde der bis dahin 99 m hohe gotische Hauptturm auf 161 m ausgebaut und damit der höchste Kirchturm Deutschlands. Der erste Ausbau des Ulmer Münsters war von 1377–1494 erfolgt, die Restaurierungsarbeiten wurden 1844 aufgenommen. □



Diese glänzend geschriebene Geschichte Chinas ist zugleich eine Darstellung der internationalen Ostasien-Politik der letzten 200 Jahre. Die vom Autor verfolgte Perspektive, in der sich die Innenansicht Chinas und der Blick auf das internationale Umfeld ergänzen, ermöglicht eine grundlegende Analyse, die bis in die jüngste Zeit reicht.

1989. XVI, 609 Seiten mit 2 Karten auf den Vorsätzen. Leinen DM 84,-



Astronomen, Physiker, Philosophen und Theologen diskutieren hier anschaulich und lebendig aktuelle Forschungsergebnisse zum Thema der physikalischen Weltentstehung und konfrontieren sie mit alten und neuen Fragen ihrer Deutung. Das Buch wendet sich an alle, die exakte Information und kompetente Diskussion zu schätzen wissen.

1989. 228 Seiten mit 52 Abbildungen. Gebunden DM 39,80

C.H. BECK

Verführung zum Lesen



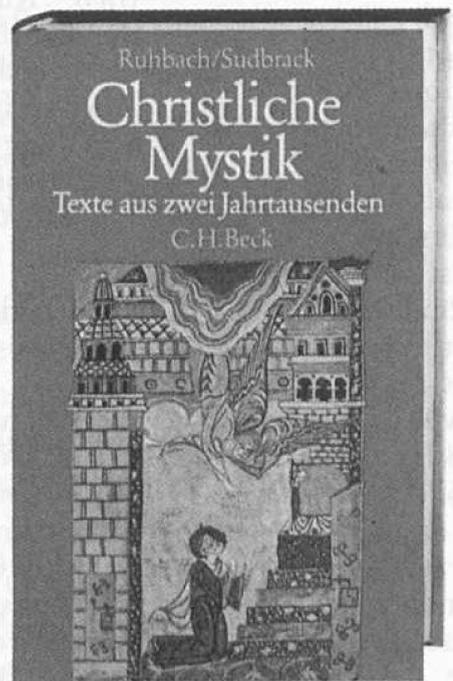
350 Jahre nach der Verurteilung Galileis beweist ein sensationeller Fund, daß Galilei offiziell wegen seiner Sympathie für die Lehren des Kopernikus angeklagt wurde, um ihn vor der Überführung der Ketzerei und dem sicheren Todesurteil zu retten.

1989. 432 Seiten, 16 Tafeln mit 19 Abbildungen, davon 4 in Farbe. Leinen DM 48,-



Die Geschichte des Hundes wird hier als die Geschichte einer Wechselbeziehung zwischen Tier und Mensch von den Anfängen in frühgeschichtlicher Zeit bis ins 20. Jahrhundert erzählt. Mehr als 70 Abbildungen und zahlreiche Texte von der frühen Epik bis zur modernen Erzählung ergänzen die Darstellung und verleihen ihr einen besonderen Reiz.

1989. 280 Seiten mit 78 Abbildungen. Gebunden DM 39,80



In diesem Werk, das mit seiner Auswahl neue Maßstäbe setzt, sind über 70 Repräsentanten christlicher Mystik von den biblischen Anfängen bis zur Gegenwart, aus allen Epochen und Religionen, ausführlich dokumentiert und von kompetenten Autoren kommentiert.

1989. 552 Seiten. Leinen DM 58,-

Verlag C.H. Beck

Nachrichten aus dem Deutschen Museum

Rolf Gutmann

Endgültiger Abschied von der ‚Do 335‘

Die Dornier ‚Do 335‘, eine der Attraktionen der Luftfahrtssammlung, ging nun endgültig an ihren Eigner, das National Air & Space Museum (Smithsonian Institution) in Washington zurück.

Das zweimotorige Flugzeug war ab Ende 1943 in rund 40 Exemplaren gebaut worden und stellte die Endentwicklung der Kolbenmotor-Flugzeugentwicklung dar. Die zwei Antriebsmotoren, in Bug und Heck eingebaut, verleihen dem Flugzeug sein ungewöhnliches Erscheinungsbild und verhalfen ihm zu einer Spitzengeschwindigkeit von 770 km/h. Noch heute gilt die ‚Do 335‘ damit als das schnellste Serienflugzeug mit Kolbenmotorantrieb.

Das letzte noch existierende Exemplar gelangte 1947 in den Besitz des National Air & Space Museum und war dort lange Zeit auf dem Freigelände abgestellt. 1974 kam es als Leihgabe an das Deutsche Museum und wurde hier zunächst von der Firma Dornier gründlich restauriert und komplettiert, bis es dann 1976 erstmals der Öffentlichkeit präsentiert wurde, seit 1984 in der neu eröffneten Luft- und Raumfahrthalle.

Nun kehrte das Flugzeug nach Washington zurück und nimmt dort seinen endgültigen Standort ein. Im Deutschen Museum tritt als Leihgabe des Henry Ford Museum an die Stelle der Dornier eine Junkers W 33 ‚Bremen‘, ein Flugzeug, das Geschichte machte. Am 12./13. April 1928

überquerten Hermann Köhl, James Fitzmaurice und Ehrenfried von Hünefeld mit ihm erstmals den Atlantik von Ost nach West. An die Stelle der einen Attraktion tritt also sozusagen eine neue.

Trabis erobern die Automobilhalle

Der meistbeachtete Wagen in der Automobilabteilung ist seit dem 20. Oktober kein wertvoller Oldtimer, sondern ein neuwertiger ‚Trabi‘, der DDR-‚Volkswagen‘ Trabant. Die technischen Merkmale: 595 ccm-Zweitaktmotor mit 26 PS, quer eingebaut und luftgekühlt. Schmierung durch Beigabe von Öl zum Kraftstoff im Verhältnis 1:50. Vierganggetriebe mit Schaltung vom Armaturenbrett aus. Vorderradantrieb. Kühlung und Heizung durch Gebläse. Die Besonderheit ist außerdem die Karosserie aus Kunststoff, korrosions- und verwitterungsfrei. Rundherum ein Automobil, das seinen Platz in der jüngsten Geschichte hat.

Forum der Technik wird realisiert

Der Kongreßbau entstand als letzter Teil des Deutschen Museums in den Jahren 1928 bis 1935. Nach dem Willen des Museumsgründers Oskar von Miller sollte er im wesentlichen dem Lernen anhand von Vorträgen, Experimenten, Bildern und Filmen dienen. In den letzten Jahren und heute findet diese Wunschnutzung aber weitgehend nicht mehr statt. Ferner ist der Kon-

gressaal mittlerweile stark sanierungsbedürftig. Auf Veranlassung des Ministeriums für Unterricht und Kultus schlug die Museumsleitung daher ein neues Nutzungskonzept vor, das als ‚Forum der Technik‘ ab 1991 baulich verwirklicht werden soll, nachdem nun am 10. Oktober 1989 der Verwaltungsrat seine Zustimmung gegeben hat. Basierend auf einer ausführlichen Studie aus den Jahren 1987/88 wurde folgendes Grundkonzept für das Forum der Technik verabschiedet:

1. Ein multifunktionaler Projektionsraum mit einem IMAX-Filmtheater wird eingerichtet. Dort werden die Zuschauer auf einer Leinwandgröße von 14 mal 20 Metern naturwissenschaftlich und technisch ausgerichtete Filme aller Art im IMAX-Format hautnah erleben können.
2. Das neue ZEISS-Großplanetarium wird mit Zusatzprojektion und Lasershow ein ‚Sternentheater‘ realisieren, das weltweit zu den modernsten und größten zählt.
3. Vortrags- und Seminarräume schaffen die Möglichkeit für Seminare, Präsentationen und Schulungen in allen Gebieten der Naturwissenschaft und der Technik. Engste Kooperationspartner sind hier die Münchner Volkshochschule, das Haus der Technik in Essen und der Refa-Verband.
4. Die Ausstellungsfläche für entsprechende Sonderausstellungen rundet das neue Nutzungskonzept sinnvoll ab. Fast 2000 qm Fläche bleiben Sonderausstellungen, Messenachlesen und speziellen Veranstaltungen

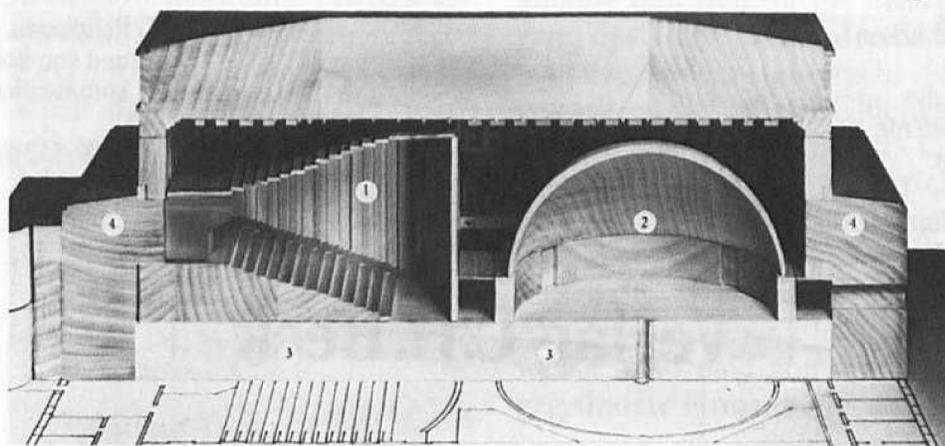
vorbehalten, immer zum Themenbereich Naturwissenschaft und Technik.

Träger des Forums der Technik wird eine Betriebsgesellschaft sein, die sich im wesentlichen aus Firmen zusammensetzt, die dem Deutschen Museum auch bislang bereits nahegestanden haben. Diese Betriebsgesellschaft wird auch die benötigte Bausumme von rund 35 Mio. DM bereitstellen.

In unmittelbarer Nähe zum Kulturzentrum Gasteig und zu den Einrichtungen des Europäischen Patentamtes entsteht damit auf der Museumsinsel eine Begegnungsstätte für den Umgang mit naturwissenschaftlich-technischen Themenbereichen, im wirklichen Wortsinn ein ‚Forum‘ der Technik, das auch in dieser räumlichen Nähe ein Zusammenwachsen der tragenden Pfeiler Kultur und Technik signalisiert und darstellt.

Korrekturnachtrag Kultur & Technik Heft 4/89

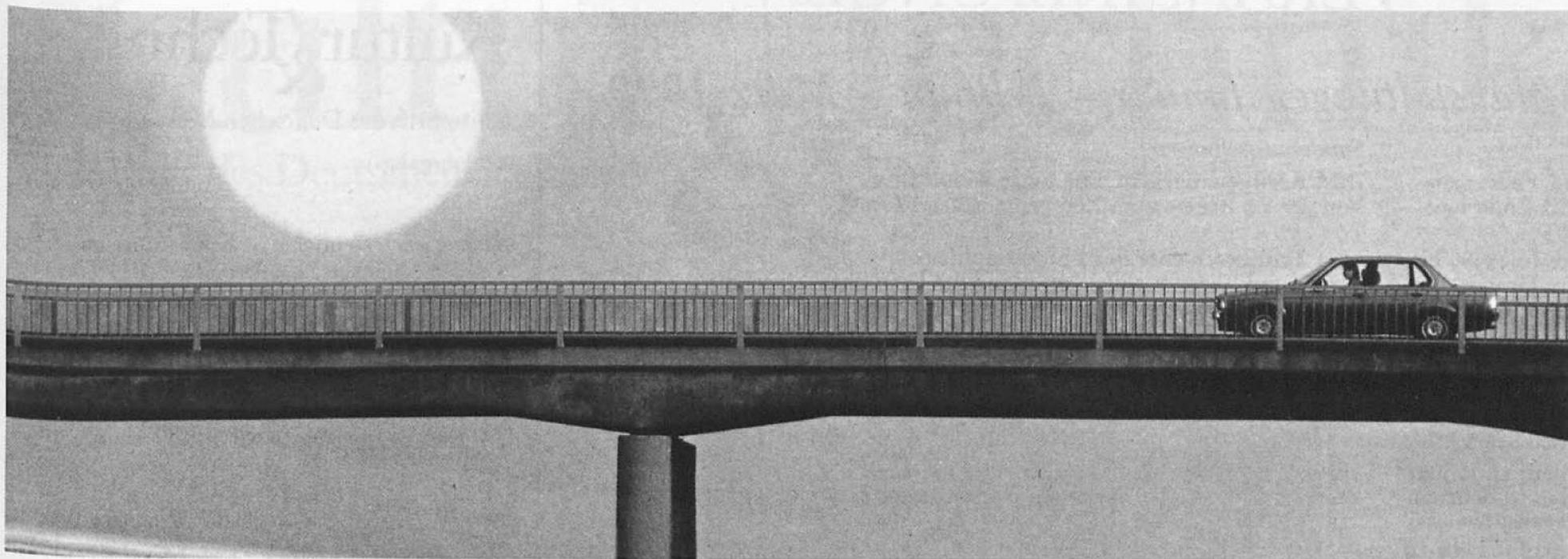
Die Abbildung auf Seite 245 zeigt nicht die Wassermühle in Nettlingen, sondern in Vockeroode/Kreis Werra-Meißner. Das obere Bild auf Seite 210 zeigt nicht ein Propfan, sondern ein Fan-Triebwerk vom Typ CFM 56. In der Beschreibung des Verkehrsfliegers ‚Sänger II‘ auf Seite 213 oben muß es richtig heißen: 27 000 Meter Flughöhe. Das Strahltriebwerk CF 6 auf Seite 212 wurde auf dem Kopf stehend wiedergegeben. In der Notiz über Ludolf van Ceulen auf Seite 254, Sp. 4, hätte der Geburtsort außerdem richtig Hillesheim heißen müssen.



Forum der Technik (Modell)

- 1 Mehrzwecksaal
IMAX-Theater
- 2 Planetarium
- 3 Ausstellungs- und
Veranstaltungsräume
(Erdgeschoß + Basement)
- 4 Vortragssäle/
Seminarräume

Energie geladen



Die Sonne produziert schier unerschöpfliche Energie: 63 Millionen Watt pro Quadratmeter. Sekunde für Sekunde. Voraussichtlich noch Jahrtausende lang.

Sonnenkraftwerke können diese Energie auf der Erde verwenden, in Strom und Wasserstoff wandeln. So wird die Kraft der Sonne auch dort nutzbar, wo sie nicht scheint.

Strom und Wasserstoff werden Automobile antreiben: schadstofffrei, leise. Die Erprobung im praktischen Fahrbetrieb schreitet voran.

Unser größtes Kraftwerk ist ein Geschenk des Himmels: die Sonne. Mit ihrer Energie läßt sich Strom erzeugen, Wasserstoffgas aus Wasser gewinnen.

BMW hat es sich zur Aufgabe gemacht, diese Energien auf die Straße zu bringen: mit Automobilen, die leiser und sauberer unterwegs sind als jemals zuvor.

BMW 3er mit Elektroantrieb fahren schon im Probetrieb. Mit neu entwickelten Batterien stellen die Fahrleistungen durchaus zufrieden. In einigen Jahren wird eine ausgereifte Lösung erwartet.

Ein BMW 520 war schon vor einem Jahrzehnt der erste Flüssigwasserstoff-Pkw in Europa. Heute erreicht ein wasserstoffgetriebener BMW 7er die Kraft des durchschnittlichen Serienautomobils; schadstofffrei fährt er mehrere hundert Kilometer mit einer Tankfüllung.

Die Forschungsfahrzeuge sind für den Straßenverkehr zugelassen. Spätere Serien werden möglich sein, wenn heute noch offene Probleme in der Fahrzeugentwicklung und im Energienetz aufgearbeitet sind. Bis Wasserstoff-Autos zum Alltag gehören, dürfte noch eine Generation Arbeit vergehen.

BMW denkt an morgen und entwickelt daher schon heute Programme für Automobile, die bewegt werden von der Kraft der Sonne und nahezu frei sind von Lärm und von Schadstoff. Die BMW Forschung arbeitet an zeitgerechten Lösungen für die Freude am Fahren.

BMW AG

VERANSTALTUNGEN

Veranstaltungen Januar – Februar – März 1990

- Sonderausstellungen**
16. Febr. 1989 bis Ende 1990
5. OG, Astronomie
»Mit Röntgenaugen in eine neue Welt«
Von der V2-Rakete zum Röntgensatelliten ROSAT
15. Juli 1989 bis 21. Januar 2. OG
»Zur Frühgeschichte der Photographie«
Geräte und Bilder aus der Sammlung des Deutschen Museums
26. Juli 1989 bis 7. Januar
Foyer der Bibliothek
»Walther Gerlach« Physiker - Lehrer - Organisator
Ausstellung zum 100. Geburtstag (Katalog DM 24,-)
26. August 1989 bis 14. Januar
Luftfahrrhalle EG
»50 Jahre Turbostrahlflug«
Von der Anfängen bis zur Gegenwart
- neu: 12. Januar bis 15. Februar
Vorraum Ehrensaal
»Ein Pionier, der Medizingeschichte machte«
Zum 50. Jahrestag der Nobelpreisverleihung an Gerhard Domagk
- neu: 9. Februar bis 8. Mai 2. OG
»Solarer Wasserstoff«
Energieträger der Zukunft
- neu: 19. bis 22. März 3. OG
»Jugend forscht«
Ausstellung der preisgekrönten Arbeiten
- Sonntagsmatineen und Orgelkonzerte in der Musikinstrumentensammlung** (1. Obergeschoß, Platzkarten an der Kasse)
14. Januar 11 Uhr
Matinee: Michael Eberth, Hammerklavier, und Rainer Rhode, Violine, spielen Sonaten von Wolfgang Amadeus Mozart
20. Januar 15.30 Uhr
»Münchner Organisten an den Barockorgeln des Deutschen Museums«: Franz Raml, Ochsenhausen, spielt Werke italienischer und süddeutscher Meister des 17. Jh.
28. Januar 11 Uhr
Sonder-Matinee: Georges Fleury spielt auf der Elektronen-Orgel FX1 von Yamaha
10. Februar 15.30 Uhr
»Münchner Organisten...«: Franz Lehrndorfer, München, spielt Orgelmusik der Barockzeit und ein Werk von Lefébure-Wély
11. Februar 11 Uhr
Matinee: Kammermusik für Traversflöte, Viola da Gamba und Tasteninstrumente. Leitung: Bernhard Gillitzer
10. März 15.30 Uhr
»Münchner Organisten...«: Karl Maureen, München, spielt Orgelmusik süddeutscher und italienischer Komponisten des 17. und frühen 18. Jh.
11. März 11 Uhr
Matinee: Miklos Spanyi spielt zur Einweihung eines neu erworbenen Clavichords von Gebr. Krämer, Göttingen, um 1806, Clavichordmusik von Johann Sebastian und Carl Philipp Emanuel Bach
- Kolloquiumsvorträge des Forschungsinstituts**
(Filmsaal Bibliotheksbau, freier Eintritt)
8. Januar
Schwierigkeiten und Probleme bei der Herausgabe des wissenschaftlichen Briefwechsels von Wolfgang Pauli
Professor Dr. Karl von Meyenn, Universität Barcelona
22. Januar
Amerikanisches Vorbild – deutsche Technik
Zur Herausarbeitung nationaler technischer Stile
Professor Dr. Ulrich Wengenroth, TU München
5. Februar
Naturwissenschaft und Technik vor, während und nach dem Nationalsozialismus: Eine Synthese
Assistant Professor Mark Walter, z. Zt. FU Berlin
19. Februar
Niels Stensen (1638-1686) – bahnbrechender Wissenschaftler und Seelsorger
Dr. August Ziggelaar, Kopenhagen
5. März
Zur Geschichte des Videorecorders
Dr. Siegfried Zielinski, TU Berlin
19. März
Entwicklung der spanenden Werkzeugmaschinen von 1800 bis 1914
Dr. Volker Benad-Wagenhoff, TH Darmstadt
- Professor-Auer-Experimentalvorträge**
(Leibniz-Saal, Kongreßzentrum, freier Eintritt)
17. Januar
Untersuchung der Luft. Professor Dr. Erwin Wiederholt, Didaktik der Chemie, Universität – Gesamthochschule Wuppertal
19. Februar
Chemilumineszenz – kaltes Licht. Professor Dr. Alfred Schleip, Institut für Didaktik der Chemie, Universität Frankfurt
20. März
Ordnung und Chaos in Biologie, Physik und Technik
Computersimulationen und Vorfürhungen zu einem der neuesten naturwissenschaftlichen Forschungsgebiete. Dr. Friedrich Bestenreiner, München
- Vorträge des VDI-Arbeitskreises Technikgeschichte und des Deutschen Museums** (Leibniz-Saal, Kongreßzentrum)
16. Januar
Das illustrierte technische Buch im 17. und 18. Jahrhundert
(Lichtbildervortrag). Dr. Ernst Berninger, München
6. Februar
Auf Schritt und Tritt. Eine Begegnung mit der Technik im Alltag
(Filmabend). Herbert Karl Studtrucker, München
13. März
Benjamin Franklin als Staatsmann, Schriftsteller und Physiker
(Lichtbildervortrag). Professor Dr. Wolfram Boeck, München

IMPRESSUM

Kultur & Technik

Zeitschrift des Deutschen Museums

14. Jahrgang



Herausgeber: Deutsches Museum, Museumsinsel 1, D-8000 München 22, Telefon (089) 2179-1

Verlag: C. H. Beck'sche Verlagsbuchhandlung (Oscar Beck), Wilhelmstr. 9, D-8000 München 40, Telefon: (089) 38189-1, Telex: 5215085 beck d, Telefax: (089) 38189398, Postgirokonto: München 6229-802.

Der Verlag ist oHG, Gesellschafter sind Dr. Hans-Dieter Beck und Wolfgang Beck, beide Verleger in München.

Schriftleitung: Dr. Walter Bauer-Wabnegg (verantwortlich) und Dr. Ernst-Peter Wieckenberg, Wilhelmstr. 9, D-8000 München 40, Peter Kunze, Deutsches Museum

Ständige Mitarbeiter: Dr. Ernst H. Berninger, Rolf Gutmann, Dr. Rudolf Heinrich, Dr. Otto Krätz, Dr. Jürgen Teichmann

Gestaltung: Uwe Göbel, D-8000 München

Satz und Druck: Appl, Gutenbergstr. 3, D-8853 Wemding

Bindearbeit und Versand: R. Oldenbourg, D-8011 Kirchheim bei München

Papier: BVS* holzfrei Bilderdruck der Papierfabrik Scheufelen, D-7318 Lenningen

Anzeigenverwaltung: Verlag C. H. Beck, Anzeigen-Abteilung, Bockenheimer Landstr. 92, D-6000 Frankfurt 1, Postanschrift: Postf. 110241, D-6000 Frankfurt 11, Telefon: (069) 756091-0, Telex: 412472 beck f d. Telefax: (069) 748683.

Verantwortlich für den Anzeigenteil: Fritz Leberherz. Anzeigenpreis: 1/2 Seite Schwarz/Weiß DM 3100,-, für Seitenteile lt. Tarif. Zur Zeit gilt Anzeigenpreisliste Nr. 6. Anzeigenschluß: ca. 6 Wochen vor Erscheinen

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

Kultur & Technik ist gleichzeitig Publikationsorgan für die Georg-Agricola-Gesellschaft zur Förderung der Geschichte der Naturwissenschaften und der Technik, Tersteegenstr. 28, D-4000 Düsseldorf

Diese Zeitschrift und alle in ihr enthaltenen einzelnen Beiträge und Abbildungen sind urheberrechtlich geschützt. Jede Verwertung außerhalb der engen Grenzen des Urheberrechtsgesetzes bedarf der Zustimmung des Verlags

Die Zeitschrift erscheint vierteljährlich

Bezugspreis 1990: Jährlich DM 36,- (incl. DM 2,36 MwSt.) Einzelheft DM 9,50 (incl. DM -,62 MwSt.) Jeweils zuzüglich Versandkosten

Für Mitglieder des Deutschen Museums ist der Bezug der Zeitschrift im Mitgliedsbeitrag enthalten (Erwachsene DM 58,-, Schüler und Studenten DM 34,-). Bestellungen für die Mitgliedschaft im Deutschen Museum: Museumsinsel 1, D-8000 München 22 bzw. für Abonnenten über jede Buchhandlung und beim Verlag

Abbestellungen müssen 6 Wochen vor Jahresende beim Verlag erfolgen

Adressenänderungen: Bei Adressenänderung muß neben dem Titel der Zeitschrift die neue und alte Adresse angegeben werden

ISSN 0344-5690

