

DEUTSCHES MUSEUM
ABHANDLUNGEN UND BERICHTE

JAHRGANG 10 / 1938



GESCHENK DER
SIEMENS-RING-STIFTUNG

24. 4. 39.

Zv 41



DEUTSCHES MUSEUM ABHANDLUNGEN UND BERICHTE

10. JAHRGANG / 1938



MIT 77 ABBILDUNGEN
UND EINEM BILDNIS

1

9

3

8

VDI-VERLAG GMBH / BERLIN NW 7

1939. 752

HERAUSGEGEBEN IM AUFTRAGE DES DEUTSCHEN MUSEUMS VON:
Geh. Reg.-Rat Prof. Dr. rer. nat. Dr.-Ing. E. h. J. ZENNECK VDI, München
Prof. Dr. phil. h. c. Dr.-Ing. E. h. C. MATSCHOSS VDI, Berlin

Zuschriften sind zu richten an die Abteilung für Technikgeschichte
des VDI, Berlin NW 7, Ingenieurhaus

DEUTSCHES MUSEUM

Einteilung, Besuchszeiten und Eintrittspreise

Erdgeschoß Ost (Montag geschlossen)	Geologie, Berg- und Hüttenwesen, Metallbearbeitung, Kraftmaschinen
Erdgeschoß West (Dienstag geschlossen)	Landverkehrsmittel, Straßen-, Eisenbahn-, Tunnel- und Brückenbau, Schiffbau, Flugtechnik, Meteorologie
1. Obergeschoß (Donnerstag geschl.)	Zeitmessung, Mathematik, Mechanik, Wärmelehre, Elektrizität, Telegraphie, Telephonie, Optik, Fernsehen, Akustik, Musikinstrumente, Chemie, Nahrungsmittel und Pharmazie
2. Obergeschoß (Freitag geschlossen)	Bauwesen, Beleuchtung, Heizung, Wasserversorgung, Bäder, Gasttechnik und Elektrotechnik
3. Obergeschoß (Samstag geschlossen)	Astronomie, Geodäsie, Textilindustrie, Papierherstellung, Reproduktionstechnik, Landwirtschaft, Brauerei, Brennerei
Bibliothek	Lesesäle, Bücherschau, Nachschlageabteilung, Urkundensammlung, Patentschriften

Besuchszeiten:

Sammlungen	Täglich 9 bis 18 Uhr
Bibliothek	Werktags 9 bis 21 Uhr, Sonntags 9 bis 18 Uhr

Eintrittspreise:

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

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



Zv 41



2569

Inhaltsverzeichnis

Heft 1

Seite

Schürer, Oskar, München:

Elias Holl, der Augsburger Stadt-Werkmeister 1

Jugend- und Lehrzeit, Familie — Erste Arbeiten des jungen Meisters — Aufträge des Rates der Stadt Augsburg und Bestallung zum städt. Werkmeister — Planung des Rathaus-Neubaus und dessen erfolgreiche Vollendung — Der Werkmeister, der Künstler und sein Stil.

Heft 2

Közlów, Hans, Berlin:

Von der Abwasserbeseitigung zur Abwasserverwertung 29

Wasser als Voraussetzung zum Leben — Wasserbau im Altertum — Im Mittelalter geraten alte Erfahrungen in Vergessenheit — Ringen um neuzeitliche Abwasserbeseitigung — Technik der Abwasserführung — Sonderbehandlung der Industrieabwässer, der Öle, brennbaren Substanzen und Fette — Beseitigung des Abwassers — Abwasserverwertung — Wertstoffe im Abwasser — Landwirtschaftliche Verwertung — Technik der landwirtschaftlichen Verwertung — Einwände gegen die landwirtschaftliche Abwassernutzung — Volkswirtschaftliche Bedeutung der Rieselfelder — Vorklärung — Methangewinnung.

Mahr, Otto, Berlin:

Das Deutsche Museum im Jahre 1937/38 57

Heft 3

Renker, Armin, Zerkall:

Weg und Werden des Papiers 61

Die tausendjährige Wanderung der Papiermacherei — Die Rohstoffe — Das Handpapier — Das Maschinenpapier — Die Papiersorten — Das Wasserzeichen.

Fuchs, Hugo, Stuttgart:

Überblick über die neue Sammlung Kraftfahrwesen im Deutschen Museum 89

*Hirth, Wolf, Vaihingen-Stuttgart:***Vom Segelflug und Segelflugzeug 91**

Die Natur als Vorbild — Sagengestalten, Träumer und Denker — Otto Lilienthal, der „Vater des Segelfluges“ — Ein Kapitel Flugphysik — Mensch, Maschine, Meteorologie — Die erste Stunde Segelflug — Konstruktive Fortschritte — Meteorologische Erkenntnisse.

Fuchs, Hugo, Stuttgart:

Aus dem Deutschen Museum 116

Würdigung der Pionierarbeiten von Daimler und Benz und die darauf aufbauende Entwicklung des Kraftfahrwesens bis 1918.

Heft 5

*Fritz, Willi, Weihenstephan:***Milchwirtschaft und Technik 119**

Rückblick auf die Geschichte der Milchwirtschaft — Die Milchschleuder als Gründerin der gewerblichen Milchwirtschaft — Die drei technischen Grundpfeiler der gewerblichen Milchwirtschaft: Entrahmungsschleuder, Erhitzungseinrichtung und Kälteanlage — Technik und Milcherzeugung — Milchbeförderung zur und Milchannahme in der Molkerei — Trinkmilchbereitung — Butterherstellung — Käseerei — Kondens- und Trockenmilch — Kasein und Milchzucker — Die volkswirtschaftliche Bedeutung der Milchwirtschaft.

Fuchs, Hugo, Stuttgart:

Aus dem Deutschen Museum 141

Die Entwicklung des Kraftfahrwesens nach 1918 auf Grund der Darstellung in der Abteilung Kraftfahrwesen im Deutschen Museum.

Heft 6

*Focke, Henrich, Bremen:***Neue Wege der Flugtechnik 145**

Entwicklungsarbeiten für das Nurflügelleichtflugzeug — Einzelheiten der Entenbauart und deren Flugleistungen — Hubschrauber — Untersuchungen der Schrauben — Stabilität und Steuerung — Leistungen — Vom Modell zum Freiflug.

Elias Holl, der Augsburger Stadt-Werkmeister

Von Oskar Schürer, München¹⁾

„1602, den 8. Julii darauf ward ich, ehe der alte Werkmeister Todes verfahren, mit Namen Jacob Erschay, von meinen gnädigen und gebietenden Herrn Stadtpflegern, Bauhern und einem ehrsamem Rath allhier zu ihrem und gemeiner Stadt-Werkmeister angenommen und erklärt. Und hab auf obgesetzten 8. Julii überliefert (erhalten) meine Bestellung unter einem großen Sigel, auch das Jurament dem löbl. Baumeister-Amt wie gebräuchlich geleistet.“

„Dieses 1630ten Jahrs, den 20. Januar, haben meine Herren mich Elias Holl, der ich durch göttlichen Beistand in das 30te Jahr allhie zu Augsburg bestellter Werkmeister gewesen, um wegen daß ich nicht in die päbstliche Kirchen gehen, meine wahre Religion verläugnen und, wie mans genennt, nit bequemen wollte, beurlaubet. Derowegen ich um meinen ehrlichen Abschied und Abzug von hier angehalten . . .“

Dies die beiden Eintragungen, mit denen *Elias Holl* in seiner selbst verfaßten Hauschronik Beginn und Ende seines Wirkens als Augsburger Stadt-Werkmeister bezeichnet. Die fast 30 Jahre dazwischen sind ausgefüllt mit rastlosem Schaffen, das den Ruhm dieses großen deutschen Meisters sicher gegründet hat.

Aber Elias Holl ist nicht nur „berühmt“. Ruhm ist die Ausstrahlung menschlicher oder sachlicher Bedeutsamkeit in die Weite. Ruhm löst oft das Werk vom erhebenden Menschen los, hebt es in Schichten hinauf, die menschliche Anteilnahme gar erschweren. Die Bindung mit dem ringend Lebendigen, den tragfähigen Grund allen „Berühmt-seins“ bildet die Volkstümlichkeit, die vertraute Nähe von Werk und Mensch zu denen, für die geschaffen ward. Elias Holl ist volkstümlich. Man braucht die Augsburger nur von „unserm Rathaus“ sprechen hören, um dies zu begreifen. In diesem Hauptwerk des Elias Holl fühlen sie ihr eigenes Wesen gespiegelt, ihre eigenen Anlagen ins Monumentale erhoben. Und durch den Bau hindurch verspüren sie die Persönlichkeit dessen, der ihn errichtet hat. „Unser Holl“ ist der große Augsburger schlechthin. Und weiß man auch gemeinhin gar nicht so sehr viel

¹⁾ Der Verfasser ist Dozent für Kunstgeschichte an der Universität München. Er hat sich vor allem der Erforschung alter deutscher Kunst im östlichen Kolonisationsgebiet der Deutschen gewidmet. An Buchwerken erschienen von ihm: Geschichte von Burg und Pfalz Eger, München 1934; Die Kaiserpfalz Eger, Berlin 1934; Prag, Kultur, Kunst, Geschichte, 2. Aufl. Wien 1934; Deutsche Kunst in der Zips (gemeinsam mit E. Wiese), Brünn 1938. Über binnendeutsche Kunst handeln: „Augsburg“, Burg bei Magdeburg 1934; Romanische Doppelkapellen, Marburg/Lahn 1929; Michael Pacher, Berlin 1938.

von seinem Leben und von seinen Bauten, sein Charakter scheint doch allen vertraut. Seine Berühmtheit wurzelt in den Herzen.

Wir haben nicht viel Beispiele solcher Volkstümlichkeit in der Geschichte unserer deutschen Baukunst. Der Baumeister versinkt gar leicht hinter seinem Werk in die Namenlosigkeit. Wo dennoch Namen sich hielten, schwankt oft ihr Gehalt. Ein Meister *Erwin* stieg nie über eine legendäre Bedeutung als „Erbauer des Straßburger Münsters“ empor, und ein *Balthasar Neumann* konnte als Fürstenbaumeister nie so recht einwurzeln ins Mitfühlen des Volkes. Anders Elias Holl. Er baut seiner Stadt die Gestaltgebenden Denkmäler. Und er baut sie in einer Zeit, da diese Stadt und ihre Menschen zum Bewußtsein ihrer selbst, ihres Wesens und ihrer Bedeutung aufsteigen. Er baut in einer unruhvoll bewegten Zeit, in der der Deutsche zu sich selbst hinfindet, sich maßgebend formt. Der große Aufbruch der Reformation wird vor unausweichliche Entscheidungen gestellt. Die deutsche Wirtschaft ringt um ihren Platz innerhalb des sich verschiebenden Welthandels. Kriegsfurien drohen. Der erschütterte Boden ist aufnahmebereit für sinngebende Form, die vielleicht unbewußt als Rüstzeug für das Künftige empfunden wird. Der die Form brachte, mußte dankbar aufgenommen werden. Elias Holl fand einen wohlbereiteten Boden für sein Schaffen vor.

Aber wie könnte die günstige Zeitlage einen Ruhm, geschweige denn eine Volkstümlichkeit begründen? Der Schaffende bringt sich selbst heran an die Zeit und aus dem Zusammenklang beider erstet das bedeutende Werk. War es also der Künstler Elias Holl, der die Teilnahme der Zeitgenossen und der späteren so tief beeindruckte? Gewiß, den Erbauer des Augsburger Rathauses schätzten die Zeitgenossen, als solcher lebt er in unserm Gedächtnis. Und so könnten wir nun sogleich die künstlerische Bedeutung des Meisters erörtern, könnten ihre Rolle innerhalb der damaligen baulichen Entwicklung Augsburgs und Deutschlands unreißen. Gewiß: Holl hat seiner Zeit und seinem Volk den Ausdruck monumentaler Gesinnung im Bauwerk wiedergebracht, der seit dem Erlöschen der großen mittelalterlichen Hüttenkunst, seit dem Einbruch fremder verwirrender Formideale verloren schien. Aber gerade diese monumentale Gesinnung weist über das nur Kunstgeschichtliche hinaus, weist wieder auf den Charakter dieser schöpferischen Persönlichkeit und auf den Wurzelboden, der ihn nährte. Im Menschen Elias Holl setzen die Kräfte an, die den Künstler bedeutsam werden lassen für Volk und Zeit. Das Menschliche im Künstler läßt die Volkstümlichkeit erwachsen, in der sein Ruhm so sicher eingebettet dauert.

Und dieser Mensch wurzelt nicht in der Überlieferung der Kunst, sondern im Handwerk. Das mag für die meisten der alten Künstler

gelten, für Elias Holl bleibt es durch die ganze Entwicklung seines Schaffens hindurch entscheidend. Er fühlt sich als der gemeinen Stadt Werkmeister und ist stolz auf sein handwerkliches und technisches Können. Aus diesem sichern Grund mit seiner festen und strengen Ordnung wächst sein Charakter hinauf in gestalterische Schichten, in denen sich dann die klar unterbaute Gesinnung zur monumentalen Form entfalten muß.

Das Augsburgers Handwerk war ja denn auch ein tragfähiger Grund für großzügige Formen. Ein Jahrhundert vor Holl war aus ihm das Welthaus der Fugger erwachsen. Wie dort in den Welthandel, so treibt es in Holl in die große Kunst hinauf, ohne daß die Bindung zu den Wurzeln abreißt. Und hier fühlen wir den Kern der Hollschen Volkstümlichkeit: der einfache Augsburgers Bürgersmann, der stolz vor „seinem Rathaus“ steht, bewundert wohl die künstlerische Form, die da seiner Stadt die monumentale Mitte schafft, sein Herz aber verspürt den tüchtigen Handwerkergeist, der diese Mauern und Türme schlicht und großartig gesichert, der den Prunksaal im Mittelteil durch die Geschosse geweitet, der diesen mächtigen Block geruhig und mit großer Meisterschaft wie ein trutzig Bollwerk inmitten der Vaterstadt errichtet hat. Mehr das Können als die Kunst bewunderten auch die Zeitgenossen und unbewußt wird darin immer ein Charakter mitverehrt. So drängt sich die Teilnahme am Menschen stärker als üblich in die Bewunderung des Werks. Die Legende umgaukelt sein Leben. Und dessen bitteres Ende ließ Überlieferungen von elendem Hungertod des Meisters aufkommen, Anklagen gegen seine Zeitgenossen also, gegen die eine volkstümliche Verehrung der Späteren so gern die eigene Dankbarkeit abhebt. So sei auch hier zunächst das Leben dieses Meisters betrachtet. Daß er es selbst der Aufzeichnung in einer Familien-Hauschronik für wert hielt, erleichtert unsere Sicht.

„Anno 1487 starb Eliae Hollen Ur-Ahnherr, welcher Jakob Holl geheißen und im 74. Jahr seines Alters war, ein Maurer . . .“, so beginnt die Chronik. Und mit echtem Handwerkerstolz wird weiter berichtet, daß auch der Großvater Sebastian und der Vater Johannes den gleichen Beruf ausgeübt haben. Eine alte Augsburgers Handwerkerfamilie also, deren ehrbare Tüchtigkeit in den Angaben über Holls Vater schlicht zum Ausdruck kommt. In zwei Ehen werden diesem 13 Söhne und 7 Töchter geschenkt, deren Geburten jeweils mit gottesfürchtiger Dankbarkeit vermerkt werden. Als erster Sohn aus der zweiten Ehe ward Elias Holl am 28. Februar 1573 geboren.

Der Vater hat reichlich zu tun. Er baut den Augsburgers Bürgern stattliche Wohnhäuser mit den Abseiten im Hof. Die gewölbten Keller

und Galerien werden als Beweis besonderen Könnens hervorgehoben. Gute Arbeit ist Familienüberlieferung, die weitergegeben werden soll. Bei der Grundsteinlegung zum Kirchlein des Klosters „Zum Stern“ hebt der Vater den dreijährigen Elias „zum Grund hinab“ und die Oberin hängt ihm einen goldenen Schaupfennig um den Hals. Der ältere Bruder Jonas (aus erster Ehe) ist als Palier schon selbständig an diesem Bau tätig.

Als Werkmeister der Gebrüder Fugger hat Meister Johannes dann an deren Bauunternehmungen viel zu tun. In einer der Fuggerschen Bauten, der Behausung des Jakob Fugger in der Pfaffengassen, beginnt der 13 jährige Elias in der Lehre des Vaters zu mauern. „. . . dieser Herr (Jakob Fugger) war ein wunderlicher Mann, hat alle Jahr gebaut und dann oftermahl wider abbrechen lassen . . . Ich Elias Holl war hernach viel Jahr aneinander an dieses Herrn Gebäu, dann, wie gemeldt, haben wir alle Jahr zu brechen und zu verkehren, jetzt eine Stallung, bald einen Tummelplatz daraus gemacht und viel wunderlichs oftmahls verricht; und alles gern und wohl bezahlt, was es gekostet hat . . . Ich war diesem Herrn lieb, weil ich mich wohl in sein selzamen Kopf schicken konnt. Er trank sich alle Tage gleich über Mittags-Mahlzeit voll, hielt eine Tafel, hat täglich gerne Gäste, die nur wohl saufen konnten. Wollte mich ins Welschland schicken mit seinem jungen Herrn Jörg, aber es ist meinem Vater widerrathen worden aus bedenklichen Ursachen. Ich für meine Person wär mit großen Freuden mit gezogen, aber es sollte nicht seyn, ich hätte etwan nicht viel Gutes gelernt und wäre verderbt worden; war damahlen 17 Jahre alt . . .“ Man spürt durch den knappen Bericht den soliden Grundton durch, der im Haus Holl herrschte. Die berufliche Ausbildung unter der Fürsorge des Vaters wird gleicher Art gewesen sein. Der Bursche arbeitet ja immer unter den Augen des Alten. Der ist bis in sein 84. Lebensjahr tätig. Vom Gerüst weg holt ihn die Krankheit. Nach drei Wochen ist er tot (1594). Er hinterläßt die Witwe mit den 5 unmündigen Kindern aus der zweiten Ehe.

Elias als der Älteste übernimmt die Sorge für die Familie. Er will den unterm Vater begonnenen Bau eines Wohnhauses zu Ende führen. Aber da stößt er mit den strengen Zunftgesetzen zusammen. Er hatte bisher, immer in der Praxis stehend, sein Meisterstück noch nicht vorlegen können. Nur ein Meister darf selbständig in der Stadt bauen. Die Zunftmeister verbieten ihm die Arbeit. Der jugendliche Hitzkopf will sich nicht fügen. „. . . War also bedacht zu wandern und wegzuziehen, aber Gott schickts anderst. Dann mir eine schöne Jungfrau, Nahmens Maria Burkartin, des Christian Burkarts, Kuttelwäschers sel., so ein vermöglicher Mann war, eheliche hinterlassene Tochter . . . all mein Vornehmen und Wandersgedanken benahm . . .“ Er ruht nicht,



Elias Holl

geb. 28. Februar 1573 in Augsburg

gest. 6. Januar 1646 in Augsburg

bis er das Mädchen zur Frau bekommt. Er ist nun, 1795, 22 Jahre alt, seine Liebste 20. Er baut derweilen auf dem Land, wo ihm die Augsbu-
 burger Zunftgesetze nichts anhaben. Im Jahr drauf, zwei Jahre nach
 des Vaters Tod hat er „die Meisterstück fürgerissen“ und ist darauf zum
 Meister erkannt worden. Nun kann er das väterliche Geschäft selb-
 ständig führen.

Das Geschäft läßt sich gut an. Es kommen Aufträge für Nutzbau-
 ten in Brauereien, für Wohnhäuser und Stadel. Er beginnt mit
 e i n e m Gesellen, bald kann er schon sechs einstellen. Jetzt baut er auch
 schon vornehmere Häuser und mit Genugtuung beschreibt er die sorg-
 same und teure Ausführung. Aber daheim will ihm kein Glück auf-
 kommen. Die Frau ist kränklich. Das erste Kind stirbt nach
 19 Wochen. Das zweite, wieder ein Bub, wächst zwar auf. Aber als
 17 jähriger, grad fertig mit der Lehrzeit bei einem Goldschmied, stirbt

er an der „hitzigen Krankheit“. Alljährlich kommt die Frau nieder. Aber drei Kinder sterben wieder bald nach der Geburt. Das 6. Kind bleibt leben: eine Tochter Rosina, die hernach den Goldschmied Hanns Paulus Maulbronner heiratet. Vom siebenten Kindbett — das Kind war schon im Jahr drauf wieder gestorben — erholt sich die Frau nicht mehr. Auch Badreisen helfen nichts. Im Jahr 1608 ist sie gestorben.

Gegen diese traurigen häuslichen Verhältnisse der erfreuliche Aufstieg draußen. Ein Bauherr namens *Anton Garb* hatte dem jungen Meister den Auftrag zu umfassendem Umbau eines alten Anwesens inmitten der Stadt erteilt. Die Beschreibung der Bauaufgaben läßt erkennen, daß es sich um eine Erneuerung im Zeitgeschmack handelte: geräumige Toreinfahrt, eingebautes Stiegenhaus, Arkadenhof, Rückbau mit Saal „mit einem steinernen Kamin auf welsche Manier“, viel Stukkatur, für die er „mit eigener Hand die Mödel von Birnbaumen-Holz gestochen und geschnitzt“, auf der Altana gar „eine schöne Sonnenuhr selbst gemacht mit den Planeten, Stunden und Taglängen“. Die Zufriedenheit des Bauherrn findet schönsten Ausdruck: er nimmt den jungen Meister mit nach Italien. Am 18. November 1600 brechen sie auf, zunächst zum Andreasmarkt nach Bozen, von da nach Venedig. Über den Reiseweg — ob von Trient aus unmittelbar in die Lagunenstadt oder ob über Verona und Vicenza — verlautet nichts. „Und besahe zu Venedig alles wohl und wunderlich Sachen, die mir zu meinem Bauwerk ferner wohl ersprießlich waren“. Ähnlich knapp hatte 100 Jahre vorher Dürer über seinen ersten Venediger Aufenthalt berichtet. Holl war allerdings nur recht kurz dort: am letzten Januar 1601 langt er schon wieder „mit guter Gesundheit“ daheim an.

Zur Verwertung der Venediger Eindrücke kommt es zunächst kaum. Die Aufträge verlangen solide Wohnhäuser. Auch kleinere Bauaufgaben müssen ausgeführt werden. Ein kleines Wallfahrtskirchlein auf dem Lechfeld fällt zwar aus dem üblichen heraus, ohne doch den Rahmen handwerklicher Wirksamkeit zu sprengen. Der um 6 Jahre jüngere Bruder *Esaias* ist nun mit beschäftigt.

Über alldem waren die Bauherrn des städtischen Rats aufmerksam geworden auf den tüchtigen Meister. Im Sommer 1601 war das städtische Gießhaus am Katzenstadel abgebrannt. Holl hatte mit seinen Gesellen beim Löschen wacker mitgeholfen. Jetzt wendet sich der älteste der städtischen Bauamtsvorsteher, der Herr Matthäus Welser, an ihn mit dem Angebot, ein neues Gießhaus zu errichten. Der alte Werkmeister Jakob Erschey sei nun sehr alt, daß er nicht recht mehr fortkömme. „Herr Welser meldet auch, meine Herren hetten verstanden, daß ich kürzlich eine Raise in das Welschland geton hette, die Gebeu zu Venedig besichtiget und seien außer Zweifel, daß ich davon abgesehen und gelernt hette: das hätte meinen Herren wohl gefallen. Wenn ich

vor meiner Dahinreise mich angemeldet hätte, wollten sie mich auf ihre Kosten hineinverlegt haben und anders Anerbieten mehr. . .“

Holl liefert die „Visier“ und den Kostenvoranschlag. Die Herrn sind dess zufrieden und verdingen ihm den Bau. Gewissenhaft werden die ausbedungenen Baukosten vermerkt: 900 Gulden. „Diesen Bau fieng ich beherzt mit Freuden an. . . und vollendete solchen Bau bald und waren meine Herren damit auch wohl zufrieden. . .“

So folgt denn gleich ein zweiter städtischer Auftrag: das alte Beckenhaus soll abgerissen und von Grund auf ein neues an seine Stelle gesetzt werden.

Holl bemerkt zu dem Bau nicht viel, nur daß „er viel tiefer in den Grund gelegt hat werden müssen“ und daß ihm die Bauherrn über die ausbedungenen 1750 Gulden hinaus noch 250 Gulden „mehr gegeben um wegen der mühsamen Gesims, so auf welsche Manier daran und viel Mühe gekostet, wie solches daran zu sehen ist. . .“ Ob er diese etwas ängstlich gerathenen italienischen Ordnungen, die die Geschoßwände bekleiden, nach eigenem oder fremden Entwurf ausgeführt hat, wird nicht berichtet. Sie spannen sich recht fremd um den echt mittelalterlichen, in Augsburg überlieferten Giebelbau herum. Den Herren hat „dieser Bau wohl beliebt“.

So wollen sie denn auch gleich drauf seine Ansicht in Sachen des Zeughausbaus hören, der unter der Leitung des alten Werkmeisters Jakob Erschey, der wegen Krankheit die Ausführung seinem Palier hatte überlassen müssen, arg verfahren schien. „Denn sie maureten eine Zeit, brachens wieder ab und wußte Niemand, was für eine Ordnung darin gehalten wurde, und konnte weder der Meister noch der Palier recht sagen, was sie erhalten; war also auf das Gerathwohl bestellt. . . Ich besichtigte und erwoge alles wohl und befand nicht nur ein, sondern etliche Fehler. Dann war erstlich ein Schnecken angefangen vornen, der gar nicht sein sollte; die Gewölb-Anfäng waren bey 9 Zoll nicht wagrecht und waren drey Schuh obeenander aus dem Winkelmas; dann das Gebäu war so viel schreg und wußten der Schrege nicht zu begegnen und viel anders mehr. . .“ Holl erhält nun den Auftrag, den Bau zu vermessen und ein neues Visier zu stellen. Und wie er es bringt, eröffnen ihm die Bauherrn, daß sie ihm an Stelle des alten Erschey, der zur Ruhe gesetzt werden solle, das städtische Werkmeisteramt übertragen möchten. „Ob er sich mit des Meister Jakobs Bestallung auch wollte vergnügen lassen?“ Und da erweist sich nun wieder des Holl gesunder Wirklichkeitssinn: er sieht sich diese Bestallung genau durch und findet, „daß er sich um ein solches nicht einlassen könnte, ich getraute mir viel ein mehrers unter gemeiner Burgerschaft zu verdienen und mit Bauen zu gewinnen“. Und so setzt er eine wesentlich höhere Bestallung durch: 150 Gulden jährlich und andere geldliche und

Naturalzulagen, die alle in der Chronik genauestens vermerkt werden. So wird er im Jahre 1602 der Stadt Augsburg Werkmeister.

Gleich nach der Vereidigung geht er an den Neuaufbau des Zeughauses „und solchen Bau, wie er noch vor Augen steht, Gott-Lob glücklich und wohl vollbracht“. Kein Wort über den neuen, eigenen Plan, kein Wort über die merkwürdig angestückte Fassade, die ein ganz Neues für Augsburg bedeutet. Stammt sie von ihm? Er ist der Werkmeister, der den befohlenen Bau aufführt. Die Herren sind zufrieden.

Und nun (1602) bricht eine Menge der verschiedenartigsten Aufgaben auf den jungen Stadt-Werkmeister herein. Da gilt es, einen baufälligen Kirchturm (bei St. Anna) niederzulegen und neu aufzubauen, „achteckicht, mit Colonen und Gesimsen . . . und einen vergoldeten Knopf und Creuz habe ich auch selbst angegeben und selbst hinaufgesetzt“. Da gilt nun aber auch als Tiefbauer sich zu bewähren. Augsburg ist durchzogen von den Lechkanälen. Darüber stehen die Häuser, die Mühlen aller Art, die Brücken. Das Wasser arbeitet, Balken verfaulen, der Grund gibt nach. So waren in den letzten Jahren manche Schäden eingerissen, auch wohl durch falsche Anlage des alten Stadt-Werkmeisters verschuldet. Da klagte ein Hammerschmied beim Rat, sein neu erbauter Hammer wäre nicht recht zu Wasser geordnet, die Räder wollten nicht recht geschwind umgehen und das Wasser habe keinen Abfluß. Holl läßt den Bach anders abgraben, verrückt die Hammerstühl, setzt andere Räder ein und sorgt für richtigen Abfluß. In einer vor kurzem erbauten Papiermühle ist das Balkenwerk über der Werkstatt von der Feuchtigkeit erstickt. Er läßt es herausbrechen, wölbt die Werkstatt in Kreuzgewölben über sechs steinernen Säulen und ordnet den Wasserabfluß anders. Vielerorts gibt es zu bessern. In der Zeit, da die Kanäle abgelassen sind, untersucht der Pflichteifrige die Grundmauern der über das Wasser gebauten Häuser. Da findet er an einem ansehnlichen Neubau „ein großen gefährlichen Schaden, so in diesem Bau im Grund übersehen worden, also daß dis Haus, so grad auf dem Wasser steht, in höchster Gefahr ward, und zu verwundern, daß es nit längstens eingefallen.“ Er meldete, die Herrn vom Bauamt besichtigen es mit ihm. Das Haus ist nicht zu retten. Holl muß es abtragen lassen und nun setzt er ein neues auf einen Rost, den er mit langen „Pfeilern“ in den Grund treibt. Über den Lechkanal legt er ein breites Gewölbe, „170 Schuh lang, und das Haus zwei Gaden hoch, von starkem Gemäuer, wie vor Augen; und solches in ungläublicher Bälde, daß sich männigl. darüber verwundert hat, damit man diese enge Straß wieder brauchen und der Gantner einzihen könne.“

Anlässlich eines solchen Untersuchungsgangs durch die Kanäle sieht er dann auch einmal unter der Barfüßer Kirche den alten „Antiquität-Stein“, mit Reliefs geschmückt, aus der Römerzeit, der da unter der

Kirche in den Fundamenten eingemauert war. Schon früher einmal hatte der Stadtpfleger *Welser* diesen Stein gern heraushaben wollen, aber der alte Erschey hatte sich nicht getraut, ihn herauszulösen, da er grad unter einem der Schiffspfeiler saß. „Wie ich nun diesen Stein mit Fleiß besichtiget, obwohl der steinerne Pfeiler darob stunde, sagte ich zu meinen Herren: wann sie wollen, so wolle ich diesen Stein mit Gottes Hilf ohne einen Schaden der Kirchen herausthun und einen andern an dessen Stelle unter diesen Pfeiler machen. Da habens mir meine Herren vertraut. Habe von Stund an das Gewölb über dem Lech in der Kirchen aufgebrochen, darzu geraumt, jedoch mit großer Gefahr, habe sehr fleißig spreitsen lassen und den Stein Gottlob wacker heraus gelöst und einen andern von Marmorstein und mit Bley untergossen hinuntergesetzt; also wohl abgangen . . .“ Mit sichtlichem Behagen berichtet Holl von dem technischen Wagnis, und sicherlich hat es sein Ansehn beim Rat und bei den Mitbürgern erheblich gesteigert. Ihm selbst bereichert es die Erfahrung, die er dann bald auch an größten Aufgaben verwerten konnte.

Zunächst wird er wieder vor ganz andere Aufgaben gestellt. Die Stadt will angesichts der drohenden Zeitläufte ihre Befestigungsanlagen erneuern. Türme und Zwingeranlagen müssen auf den neuesten Stand gebracht, die Basteien für neue Bestückung hergerichtet, die Auffahrten für die Geschütze eingerichtet werden. Auch die Brücken über die Stadtgräben bedürfen der Erneuerung. Beim Gögginger Tor ist die alte hölzerne Brückenbahn, über 100 Schuh lang, haufällig. Die gemauerten Brückenpfeiler sind noch brauchbar. Sie werden um neun Schuh erhöht, dann die neue Brückenbahn darüber gelegt. Für die seitlichen Fußgängersteige werden Stützen aus den Pfeilern ausgekragt. Zur Bastei dort wird über starken Gewölben eine neue Geschützauffahrt gebaut. Viel andere Brückenerneuerungen folgen.

Das alte Wertachbrucker Tor wird um zwei Gaden erhöht, mit starker Geschützwehr für zwei Stück auf Rädern und 5 Doppelhaken versehen, darüber ein Türmchen mit Schlagwerk und Glocken zuoberst. „ . . . auch diesen Turm außen zierlich von Colonen und Quadern gemacht“. Ob er die kräftige Lisenenzier an den Kanten des Achtecks selbst entworfen? Die markige, ganz aus dem Bauern heraus empfundene Art möchte man ihm wohl zutrauen, Bild 2. Er spricht nicht weiter davon. Aber daß er die Straße vor dem Tor bis hin zum Galgenberg später gegen Unterspülungen durch den Wertachfluß kunstreich gesichert hat — durch steingewölbte Durchlässe für das Wasser —, das schreibt er gewissenhaft hin. Und auch all die andern Turmerhöhungen und -neubauten, die Ausbesserungen an der Stadtmauer, die Neuanlage von Zwingern und Basteien. Nie ein Wort über einen Festungsbauingenieur, der ihn beraten hätte. So wird er sich Rats aus gedruckten Werken geholt haben und sein eigener technischer Sinn half nach.

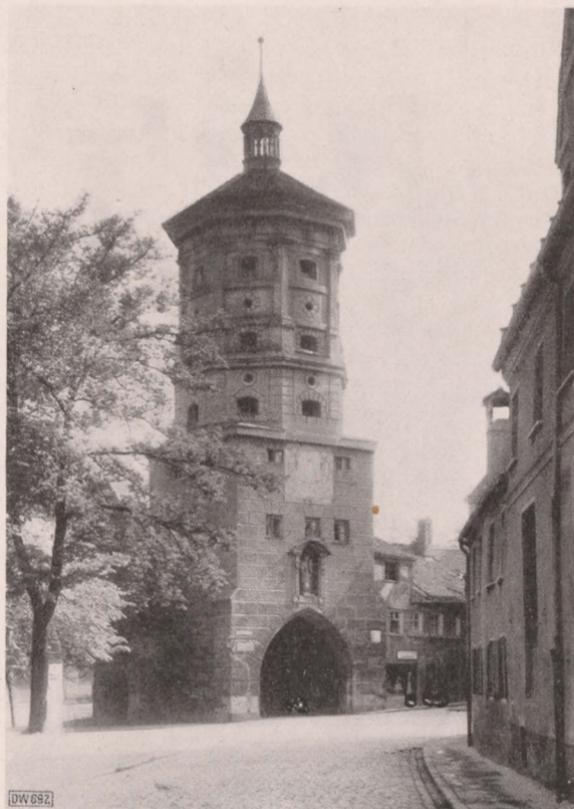


Bild 2. Wertachbrücker Tor, Stadtseite

Zwischendurch auch wieder Wohnhäuser für städtische Beamte, und 1605 ein großer Amtsbau: das neue Siegelhaus an Stelle des alten. Es sollte dem Weinstadel, der inmitten der alten Reichsstraße stand, einen würdigen Abschluß südwärts zum Brodmarkt hin geben. Der über Pfeilern gewölbte Keller, die Inneneinteilung der drei Geschosse werden genau beschrieben. Dann weiter: „... das Siegelhaus ist außen her rings herüm mit feinen Colonen, Jonica, an den vier Ecken geziert, und seyn auch die Gibel oben mehrentheils von Steinwerk mit großen Kosten erbaut. Diese Zierd hat ein Mahler Joeph Heiniz angegeben, wobey Hr. Welser wohl daran hat die äußere Viersier gemacht . . .“ Hier also werden die Entwerfer der Fassade genannt. Als ganz selbstverständlich wird es bemerkt, daß die Pläne für das Äußere ihm vor-

geschrieben werden. Er ist der Werkmeister. Er steht für die Festigkeit und Brauchbarkeit des Baus. Mögen andere die äußere „Zierd“ erfinden. Er führt sie bestens aus. Sein Werk ist die Konstruktion, wohl auch der Grundriß.

Er hat ja auch reichlich zu tun mit all den technischen Neuerungen, die an der Befestigung durchgeführt werden, mit der Wasserregulierung, mit den Nutzhauten für die Gewerbe, die städtischen Betriebe. Eine neue Metzsig ist vonnöten. Die alte oben am Platz vor dem Perlachturm genügt nicht mehr. Der Neubau soll unten am Fuß des Perlachbergs zu stehen kommen. Holl läßt dort sechs Häuser abbrechen, um Platz zu gewinnen in der engen Gassenwirrnis da unten. Dann gräbt er das neue Fundament. Aber da steht das Wasser des Brunnenbachs, der hier unterirdisch durchläuft. Das Bachbett muß erst auf eine lange Strecke reguliert und durch feste Vermauerung und Überwölbung gesichert werden. Dann wird der Grund aufgemauert. Zwei kräftige Ziehmaschinen entwässern die Gruben, solange in größter Beschleunigung in Backstein heraufgemauert wird. Der Bach fließt unterm Gebäude durch. Die Keller können wegen des Wassers nicht tief gelegt werden — eine Wäschesteg über den Bach ist darin eingerichtet —, der Oberbau muß deswegen vom Platz aus um 6 Stufen gehoben werden. Die Innenaufteilung ist klar nach den Bedürfnissen der Fleischverkäufer durchgeführt. Vom Äußern wieder kein Wort. Der Techniker hat seine Pflicht getan.

Als Techniker vor allem schätzen ihn ja auch die Mitbürger, jetzt auch schon auswärtige Bauherrn. 1607 hatte der *Graf von Schwarzenburg* (Schwarzenberg) von den Augsburger Ratsherrn die Hilfe des Werkmeisters erbeten zum Neubau seines Schlosses bei „Schönfeld“ (Scheinfeld in Mittelfranken). „Hatte viel Mühe mit Visieren zu machen, neben seinen Bauleuten, wie das Schloß wieder mit schöner Manier zu bauen . . .“ War er hier auch als Außenarchitekt tätig? Für den nächsten Fall seiner Wirksamkeit außerhalb Augsburgs betont er das ausdrücklich. Zunächst hatte ihn der Bauherr, der Fürstbischof *Conrad von Gemmingen*, nur als Sachverständigen für den Bauplatz erbeten „ob fürgenommen Bau, so sehr stattlich von Quader-Stücken sollte geführt werden, könnte an diesem Ort (dem ‚St. Willbolds-Berg‘ bei Eichstätt) beständig stehen und statt haben . . .“ Dem Gutachter wurde dann aber auch der Auftrag zur Gesamtplanung erteilt. „. . . hernach war ich wieder berufen mit einer Visierung nach Eichstätt, wie das Schloß von außen ein Ansehen haben sollte. Das gefiel Ihro fürstliche Gnaden sehr wohl. Haben darauf . . . den ersten Stein an diesen Bau gelegt an dem Eckturm gegen dem Kloster Marien-Stein, unten im Thal an dem Wasser Altmühl gelegen . . .“ Und ausführlich wird nun das Fest der Grundsteinlegung beschrieben, auch die Huldweise des Bauherrn dankbar erwähnt. Vom Weiterbau nichts. Nur

daß er im Jahr drauf dem Fürstbischof ein Visier für den Rundbau einer Grabkirche habe anfertigen müssen, die außerhalb der Stadt erbaut werden sollte. Der Tod des Fürstbischofs hat den Plan nicht zur Ausführung kommen lassen.

Im kraftvoll anspringenden Bau der Willibaldsburg möchte man denn auch stilistisch den gleichen Charakter erkennen, wie er bisher aus der gründlichen Werkmeisterschaft des Holl entgegengetreten ist. Zwei starke Ecktürme spannen eine Frontmauer ein, die ganz aus eigener Kraft lebt, ohne jeden kleinlichen Schmuck, in der vornehmen Proportion der Fensterausschnitte allein die Form sichernd. Von diesem Bau aus denkt man ans Schloß im fernen Preßburg, wo hoch über der Donau zwei Ecktürme, ganz ähnlich wie bei der Willibaldsburg, die dazwischen gespannte, klar untergliederte Mauer festigen. Fuggersche Familienbeziehungen, die im damaligen Ungarn von Einfluß waren, dürften dem Erneuerer des Preßburger Schlosses Hollsche Entwürfe vermittelt haben. Der Ruhm des Augsburger Stadtwerkmeisters dringt auch an den Hof des kunstliebenden *Rudolf II.*: Holl wird aufgefordert, dem Kaiser Pläne seiner bedeutendsten Bauten nach Prag einzusenden. Bieder vermerkt der Meister die 50 Gulden, die ihm dafür verehrt worden sind.

Arbeits- und erfolgreiche Jahre! Auch daheim viel junges neues Leben. Die Frau war im Jahr 1608 gestorben. Mit der entwaffnenden Naivität des Wirklichkeitsmenschen erzählt der Meister: „Nachdem ich nun 10 Wochen ein traurig und betrübter Witwer war, sahe ich mich, um mein Haushaben recht zu führen, wiederum um eine ehrliche Hausmutter um und bath Gott herzlich, daß er mir eine rechte, taugliche beschehren wolle. Kame mir ohne männiglichs Antrag des Hrn. Tobias Reischlens Tochter Rosina, eine rechte Liebe, sie zu begehren, ins Herz; begehrte also durch ehrlicher Leuth Unterhandlung ihrer zu einem Ehe-Gemahl, also daß es durch solche richtig ward und sie mir versprochen wurde . . .“ Die Hochzeit wird bald gefeiert, und im nächsten Jahr ist schon der erste Erbe da, eine Tochter. Zwölf weitere Kinder folgen noch, Söhne und Töchter. Nicht alle sind am Leben geblieben, aber es ist doch eine stattliche Zahl, die da heranwächst. Die Töchter heiraten, die Söhne werden tüchtigen Handwerkern in die Lehre gegeben. Einer soll das Maurerhandwerk erlernen, schwenkt aber dann zur Malerei um, ein anderer wird Goldschmied, ein dritter Khistler. Noch zwei gehen bei Goldschmieden in die Lehre, einer wird Uhrmacher. Zunächst folgt also keiner dem väterlichen Beruf. Dem Handwerkerstand bleiben sie aber alle treu, Kunsthandwerker im Sinne des Vaters.

Der hat nun wieder einige größere öffentliche Bauten auszuführen. Wo die alte von Süden her anlaufende Reichsstraße den Hang zur Ober-

stadt heraufbiegt, wird ein Kaufhaus errichtet. Die dort stehende alte Grabkapelle und vier andere alte Häuser werden abgerissen. An der so erweiterten Straße wird der „schöne“ Neubau errichtet: unten gewölbte Keller, im Erdgeschoß sieben Läden, darüber zwei Wohn-geschosse. Über den Außenbau berichtet Holl nichts. Und weiter: am Platz vor dem Perlachturm wird die alte Metzsig jetzt abgebrochen. Für einen hier geplanten Loggienbau italienischer Prägung sind die Modelle erhalten — man hielt sie früher für Modelle zum neuen Rathausbau —. Wir kennen peinlich genaue Werkzeichnungen, die Holl nach einem dieser Modelle für Dachstuhl und Balkenlage durchgeführt hat. Ein anderer Entwurf kommt zur Ausführung. Dies alles läßt Holl unerwähnt. Er bringt nur wieder die knappe Beschreibung des Baus, diesmal auch seines äußeren Ansehens: „strenge Ordnungen, „Dorica“ und „Jonica“ samt ihren Gesimsen und gewissen Maaßen“ gliedern die Fassade. Im Innern unten Keller, darüber Läden, oben Saal und Kammer, vom Nebenhaus her, dem Bürgermeister Stenglin gehörig, zugänglich. Der schöne Augustusbrunnen mitten auf dem Platz hat nun den würdigen Hintergrund.

An vielen Baustellen zugleich muß der Werkmeister arbeiten. Er schreibt selbst: „. . . in Summa: es ist schier unglaublich, was ich diese 14 Jahr hero in meinem Stadt-Werkmeisters-Dienst für große Müh und Arbeit und große Umlaufen inn- und außerhalb der Stadt gehabt, mit andern mehr Gebäuen auch und Flickwerk, so hie nit beschrieben, welche auf gemeiner Stadt Güther gewesen, da dann nicht allein die Arbeiten seyn, wie solche sollen gemacht werden, sondern auch allerley Gezeug und Materie darzu verschaffen, welches ich alles nicht habe mögen so umständlich aufschreiben; wird ob dem leicht zu vernehmen seyn, was hernach folgen wird.

Als erstlich auf den 3 Blaichen, die dann ordinari im Frühling in der Fasten um den Sommer-Bau bey den Herren anhalten, ihre Gebäu zu unterhalten, als da seyn: die lange Häuser, Städel, Viehstallungen, Wasserhäuser, Weißhäuser, Sommerhäuser, Feldhütten, Wachhütten, Hundstall und viel anders. Dergleichen auch auf den Walken, Hammerschmidten, Sägmühlen, Schleifmühlen, Papirmühlen, Baliermühlen, Stampfmühlen und der Pulvermühl. Item auf den Ringmauern und vieler anderer Arbeit mehr, so meine Herrn betrifft, so lang zu beschreiben wäre und nur Verdruß zum lesen gebe, mir aber große Sorg und überaus viel Laufens und Rennens gemacht hat . . .“

Auf das gleiche Jahr 1614 dann unvermittelt die folgende Eintragung: „Dis Jahr aße ich einmahl mit Hrn. Joh. Jacob Rembold, Stadt-Pfleger, zu Mittag. Wurden des alten Rathaus hier zu Red und sagte ich: Ihr Gestr. und Herren solten daran sein als ein bauverständiger Hr. Obmann, das alte und auf einer Seiten sehr baufällige Rathhaus möchte

verändern, abbrechen und an dessen Statt ein schönes neues, wohl proportionirtes Rathhaus möchten erbauen lassen. Vermelte auch dabey, ich hätte großen Lust darzu, ein schönes bequem zu bauen. Welches gedachtem Hr. Stadtpfleger nicht übel einging und antwortet, er wolle mit seinen Herren Mit-Collegi, Bauhern und andern des Rathes davon reden und ihre Gedanken darüber vernehmen; ich sollte ein Visier und Abriß machen, in wes Form und Größe ich ihne stellen wölte, und meinen Herrn hernach vorweisen, so könnte man weiter der Sache nachdenken. — Ich machte gleich etlich Visieren, bis daß dieser, wie jetzt ist, meinen Herrn gefallen hat . . .“

In recht bündiger Weise also wird die lange Vorgeschichte des Rathhausprojektes, das zuerst nur einen Umbau des alten vorsah, berichtet. „Da triebe ich diesen Bau immer bei denen Herren Stadtpflegern . . .“ Die Rathsherrn sind dem Plan auch nicht abhold, verlangen aber

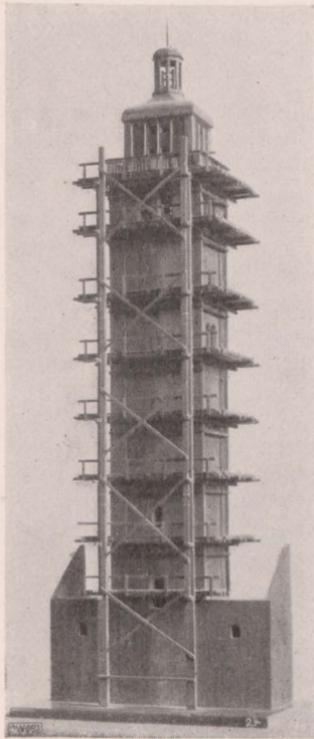


Bild 3. Modell des Perlachturmes mit dem Holl'schen Gerüst für die Erhöhung

vor weiterer Entscheidung erst, daß für das Schlagwerk im Rathausturm eine günstige anderweitige Unterbringung gefunden werde. Holl überlegt und findet im Perlachturn (neben dem alten Rathhaus) den geeigneten Ort: allerdings, der Turm muß noch um 20 Schuh erhöht werden, über den nur 15 Zoll starken Untermauern ein gewagtes Beginnen. Er arbeitet die Visiere aus und legt sie den Bauhern vor. „Die sprachen: es werde dieser Thurm wohl schön und lustig stehen, wäre aber nicht wohl zu wagen, weil dieser Thurm schmal und ganz freistünde; sie wolten mir zwar vertrauen, ich solte aber zusehen, daß weder mir noch gemeiner Stadt kein Schaden noch Spott daraus entstünde. Ich sprach, ich habe meine Hofnung zu Gott, daß es mir wohl gerathen solle . . .“ Und gleich (10. November 1614) geht er ans Einrüsten. Auf dieses Gerüst ist er nicht wenig stolz: über mächtigen Ständern geht ein kunstvoll in sich verstreuter Gerüstbau auf, der den ganzen Turm umfängt, Bild 3, „ohne daß ein einzig Löchlein in den Thurm eingebrochen worden“. „Es waren die Gerüst dieses Thurms so wunderbar gemacht und um den Thurm in die Vierung herum zu-

sammen geschlossen wie eine gevierte Rahm von lauter Zimmerholz, welche ich darzu aushauen lassen, die 40 Schuh in die Länge hatten und 7 Zoll dick in die Vierung... Das ganze Gerüst, so mit solcher Kunst gemacht gewesen, daß dergleichen nit wohl geschehen ist...“ Drei-einhalb Monate mußte die Arbeit wegen des Winters ruhen. Am 1. April 1615 wird die Einrüstung vollendet und der von Holl konstruierte Aufzug eingebaut. Um den Turm nicht einseitig zu belasten, wurden die auf der einen Seite hochgeführten Züge zu Häupten des Gerüsts über einen langen, quer über den Turm gelegten Balken geleitet, an dessen anderem Ende wieder hinuntergeführt bis zu den Sturmläden (Stuhl der Sturmglöcken), hier ins Turminnere hineingeführt und von da durch den Turmschacht hinunter zum Wellbaum, an dem zwei Mann „konnten alles verziehen an diesem Zug, außer der großen Glöcken... Und obwohl die Züg außen am Thurm waren, so war doch alles inwendig dadurch hinaufgezogen, und gieng das Seil wie oben gemelt, über den Thurm hinüber, daß also der Last dem Gewicht über den Thurm wie auf einem Saumer-Sattel gleich trugen, und konnten den Thurm nicht auf einer Seite beschweren...“ Mit dem prachtvoll lebendigen Bild macht Holl die Konstruktion am Schluß der ausführlichen Beschreibung noch für den Laien sinnfällig.

Die für die Aufzugsvorrichtung benötigten Flaschenzüge von verschiedener Größe hatte er nach eigenen Angaben gießen, die Zugscheiben aus Eichenholz drehen, die Seile bis zu 600 Schuh lang — aus bestem langen Hanf spinnen lassen. Auf dem Tragbalken ganz oben hatte er noch eine „Windenstangen“ anbringen lassen, mittels deren die seitlich heraufgelangenden Lasten mühelos hereingezogen werden konnten. „Es wäre noch weiter von dieser Rüstung zu schreiben, ein jeder verständiger Mensch aber kann es von selbst erachten, daß was besonders zu solchem Werke werde gehört haben.“

Nun wird schnell aufgebaut und am 1. Mai kann die große 2250 kg schwere Glöcke hinaufgezogen werden. Das war ein richtiges Fest. Drüben im Geschlechterhaus fand grad eine stattliche Geschlechter-Hochzeit statt. Die Gäste, darunter zwei Stadtpfleger und etliche von den Fuggers, drängten sich an den Fenstern und sahen dem Schauspiel zu. Holl selbst leitete vom Gerüst aus das Unternehmen und zog die Glöcke selbst — an seiner Windenstangen — herein.

Jubel drunten und in der Geschlechterstube. Der Meister wird herübergeholt, muß erklären, wird gefeiert, muß mit manchem Trunk Bescheid tun. Andern Tags geht die Aufbauarbeit am Turm weiter. Holl hatte seine acht besten Leute angestellt. Das Werk gelingt ohne jeden Unfall. „Den 17. August habe ich den Knopf selbst auf den Thurm gesetzt. War zwar der alte Knopf, so zuvor darauf gestanden, aber verneuert und verguldet; ist 2 Schuh weit. Geschah am Abend um

4 Uhr. Habe meinen Sohn Elias, so eben 4 Jahr alt war, in diesen Knopf gesetzt und denselben ob ihme zugedeckt. Ist eine gute Weil ohne Furcht darinn gesessen. Hernach, als ich den Knopf recht verstetiget habe, so habe ich ihne auch oben auf den Knopf gesetzt und ein gute Weil sitzen lassen; hat ime gar nit gefürcht und zu mir gesagt: «Siehe Vater! wieviel Buben sind drunten auf der Gassen!» Seine Mutter forchte sich sehr, die war im Thurm bey der Glocken und war aller Übel zufrieden, weinet sehr und fürchtet, es möchte dem Kinde etwas geschehen. Der Bub war fast ein Stunde bey mir auf dem höchsten Gerüst; habe ihm darauf heim geschickt zu seinem Ahnherrn, er soll ihm sagen, was er gesehen habe und wo er gesessen . . .“ Ganz übermütig wird der ehrsame Meister vor Freude über das gelungene Werk.

Er teilt noch die Sonnenuhren aus, die Meister Kager dann malt, und montiert die Michaelsfigur ein, die als „Turamichele“ alle Jahre am Michaelis-Kirchweih-Tag aus dem Uhrfenster heraustritt und mit dem Stundenschlag den Drachen ersticht.

Derweilen wurde schon rüstig am Niederlegen des alten Rathauses gearbeitet. Besonders der Abbruch des alten, zierlichen Turmes war schwierig und auch die großen Glocken herunterzubringen war kein leichtes Stück Arbeit. Am 25. August 1615 findet die feierliche Grundsteinlegung statt. Das Büblein Elias darf auch wieder dabei sein, darf sogar einen zweiten Stein, in dem sein Name und sein Alter eingehauen war, auf den ersten, in dem die offiziellen Urkunden verschlossen sind, legen und bekommt von den Ratsherrn 12 Augsburger Gulden in die Hosen gesteckt.

Die nächsten Jahre nimmt der Neubau in Anspruch. Langwierige Grundaushhebungen, Herausmauern aus dem Grundwasser, mächtige Gewölbe, die Pumpanlage, welche die großen für den Backsteinbau benötigten Wassermengen bis zum Dach hinauftreibt, die Aufzüge für die sehr langen Balken, das schwierige Auflegen dieser Balken, die Überdeckung des Großen Saals, die an eisernen Zugstangen im Balkenwerk des Dachstuhls aufgehängt ist — alles wird aufgezeichnet, immer mit fühlbarem Stolz auf die technische Leistung, nirgends aber mit der Ausführlichkeit, die man gerade bei diesem Hauptwerk des Meisters erwartet hätte. Über die Entwurfsarbeit außer der ersten Erwähnung der Visiere nur die kurze Bemerkung: „Vor Anfang dieses Rathaus-Baues habe ich einem jeden Hrn. Stadtpfleger ein Modell von Holzwerk machen lassen, wie es kommen werde, und zuhaus gesandt. In disem solten die zwey mittleren Stiegen zwischen den Altanen auch mit einem Dach und Schießen beschlossen worden seyn. Es hat mich aber bedünkt, es wurde viel ein bessers dapferers Ansehen haben, da man auf jede Stiegen einen achteckichten Thurm bauen und sezen würde, und meine Herren fleißig gebeten, sie wolten mir solchen Bau ferner auch

vergönnen und die Unkosten nicht so genau ansehen; wann schon jeder Thurn 3000 Fl. mehr belaufen werde, es hätte doch dieser Bau sowohl inner als außer der Stadt ein heroischers Ansehen: solten nicht sorgen, ich hätte diesen Bau also zu Grund gesetzt, daß ich mir wohl getraute, zwey solche Thurn hinauf zu setzen . . ." Das Glück des Gestalters geht völlig ein in den rastlosen Eifer des Ausführenden.

„Meine Herren haben mir wegen diesem Rathhaus-Bau, weilens er Gott Lob so wohl aufgeführt und gerathen, einen schönen vergoldten Becher mit einem Deckel, darein das Stadtwappen geschmelzt und



Bild 4. Rathaus und Perlachturm (von Südwesten)



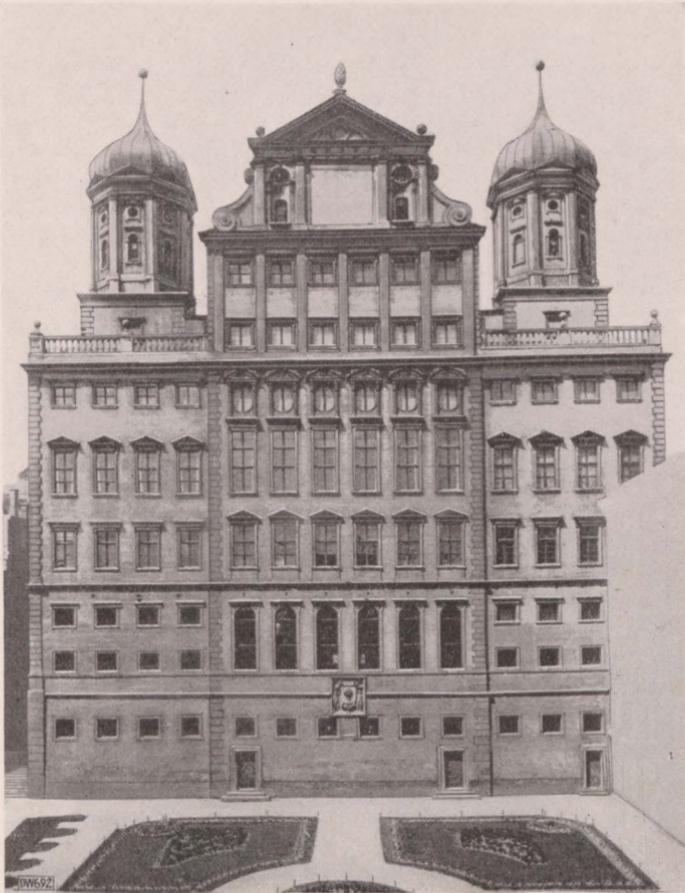


Bild 5. Rathaus, Ostfront

darinnen 600 Goldgulden waren, verehrt; gilt damahlen (eben im Steigen des Golds) einer $2\frac{1}{2}$ fl, war 1500 fl. Ist also dieser Bau durch Gottes Gnad bis 1620 Jahrs wohl und glücklich vollführt und darauf den 3ten August erstgemelten Jahrs das erstemahl die Raths-Wahl darinn abgehalten worden . . .“

47 Jahre war der Meister alt, als er mit diesem Hauptwerk seine Arbeit für die Vaterstadt krönen durfte. Noch weitere 15 Jahre hat er ihr treu gedient. Die Chronik verzeichnet die mannigfache Werkmeisterarbeit, die diese Jahre ausfüllen, Bild 4 und 5. Von 1625 an baut er an

dem großen Spitalbau zum hl. Geist. Das Rote Tor samt seinen Werken wird neu errichtet, Bild 6, viel Wohnhäuser, Betriebe, Brücken und anderes fordern seine Mühe. Da wird er im Jahre 1630 jäh aus seiner Tätigkeit gerissen: in Verfolgung des kaiserlichen Restitutionsedikts dürfen nur noch katholische Bürger städtische Ämter bekleiden, protestantische müssen ihren Glauben abschwören oder aber den Dienst aufgeben. Wir zitierten oben Holls Entscheidung.

Er will die Vaterstadt verlassen, bleibt dann aber doch, sucht Tätigkeit als privater Maurermeister. Die Besetzung Augsburgs durch die Schweden und der dadurch bedingte Wandel in den religionspolitischen Verhältnissen bringt Holl wieder in sein altes Amt, bringt ihm zudem mühsame Fortifikationsarbeiten für die schwedische Besatzung. Der Rückfall der Stadt unter kaiserliche Herrschaft besiegelt Holls Ausscheiden aus städtischen Diensten.

„Und hernach, als wir An. 1635 wiederumb in kaiserl. Devotion kommen, ist mir erst mein vielgehabter schwer und getreuer Dienst dermaßen mit starker Inquartierung und Contributionen belohnet worden, daß es einen Stein hätte erbarmen mögen. Bin dardurch fast um alle meine beste Lebensmittel kommen und ausgesogen worden. Der Höchste ergötze mich und die Meinigen wie auch alle andere meine lieben Mitchristen, so ebenmäßig hierunter viel erlitten, ihres zeitlichen



Bild 6. Rotes Tor, Gesamtanlagen

Schadens und Verlusts, wo nit allhie in diesem Leben vollkommentlich, so geschehe es doch in jener Welt mit ewiger Freud und erwünschter Seligkeit. Amen!“

So schließt der Meister den Bericht über sein reiches Leben, ergeben ins Schicksal und seinem Charakter getreu. Im November des gleichen Jahrs stirbt seine Frau. Drei seiner Söhne, *Elias*, der Maler, *Hieronymus*, der Goldschmied und *Hanns*, der Khistlersgesell, ziehen mit dem schwedischen Kommandanten davon, gelangen „mit Erduldung großen Ungemachs“ nach Leipzig. Werden in die Welt verstreut. Ein *Matthias Holl* — ist er des Meisters 9. Kind, der die Uhrmacherlehre durchgemacht hatte — erscheint später im Baltikum (Hapsal). Der alte Meister bleibt in der Vaterstadt. Aus Steuerebüchern konnte man nachweisen, daß er nicht „in äußerster Armut“ gestorben ist. Aber sein Schaffensgeist war erloschen. Wie hätte er auch noch Großes schaffen können, der Ausgestoßene! Er konnte seinen Charakter nicht verraten, diese tiefste Kraft, aus der sein Werkmeistertum und seine Künstlerschaft erwachsen waren. Am 6. Januar 1646 ist er in Augsburg gestorben. Seine Grabplatte ist im nördlichen Turm des Rathauses, an der Treppe zum Goldenen Saal eingemauert.

Wir haben das Leben und das Schaffen des Elias Holl nach Möglichkeit im Sinne seiner eigenen Aufzeichnungen erzählt. So hatten wir denn auch wenig von Kunst zu sprechen. Denn fast nirgends verlautet etwas davon im Hollschen Bericht. Der Mensch gibt in schlichter Form seine und der Seinen Lebensdaten — der Werkmeister berichtet von seinen Werken. Knapp werden die fertigen Bauten umrissen. Über ihre Vorgeschichte, die Entwicklung der Pläne, das Reifen der Entwürfe und Modelle nie ein Wort. Nur beim Rathausbau wird des längeren über das Auftauchen des großen Planes und die Stufen seiner Verwirklichung gesprochen, doch auch da mehr über die äußeren Situationen und dann über die technischen Veranstaltungen, die zur Durchführung des großen Werkes nötig waren, als über das allmähliche, durch mancherlei Möglichkeiten immer nachdrücklicher sich durchsetzende Reifen der endgültigen Gestaltung, wie wir es auf seinen Plänen und Modellen so deutlich verfolgen können. Für einen Künstler, wie wir ihn uns heute vorstellen, wahrlich eine absonderliche Art der Selbstdarstellung.

Aber dieser Elias Holl fühlte sich ja gar nicht als Künstler in diesem Sinn. Er ist der mächtigen Stadt Augsburg Werkmeister und hat deren Gebäude sorgsam und wohlgedacht zu errichten, hat ihre Festungswerke auf den höchsten Stand zu setzen, die Brücken und Straßen zu

richten und zu erneuern. Er ist der große Fachmann in Bausachen, ist Konstrukteur und, wenns not tut, Erfinder. Die Verehrung der Zeitgenossen galt vor allem dem großen Techniker. Auf dieses sein technisches Können ist auch er selbst am meisten stolz. Man spürt es aus der Art, wie er in seiner Lebensbeschreibung seine Leistungen auf diesem Gebiet betont und wertet. In seinem „großen Buch“, in dem er eine „Meßkunst, Visierkunst und Baumaterialienlehre“ gibt, schreibt er: „... So habe ich mir . . . für genommen, in dieses Buch etwas wenig aufzureißen, was ich etwa von Jugend auf gestudirt und gelernet habe und was ich auch in meinen Werken und Gebäuen für ein Gebrauch gehabt, dis und jenes zu pawen und zu machen, . . . jedoch habe ich solches Einzeichnen schlecht und gering nit wollen underlassen von wegen meiner Sön, so heut oder morgen dieses möchten etwan genießen oder auch andre meiner Nachkommen . . .“.

So scheint denn also die neuere Einschätzung des Meisters, die in ihm vor allem den Baukünstler sah und aus seinen Großbauten, oft gar nur aus deren Fassaden, seine Bedeutung für die Entwicklung der deutschen Renaissancearchitektur ablesen wollte, ein Irrtum gewesen zu sein? Jüngste Forschungen haben nun obendrein noch nachweisen können, daß einige der charakteristischsten Fassaden an Hollschen Bauten auf Entwürfe anderer Meister, und zwar namhafter Maler, die damals in Augsburg wirkten, zurückgehen. Bei der Erwähnung des Siegelhauses nennt Holl selbst die Planer der Fassade: ein aus der Schweiz zugewandeter Maler *Joseph Heinz* lieferte den Entwurf, der dem städtischen Bauamt vorstehende Ratsherr *Mathäus Welsler* zeichnete die genaue Visierung. Nun wurde auch für die Fassaden des Zeughauses und der Metzsig Joseph Heinz als Entwerfer nachgewiesen, und für die Bauten des Kaufhauses und des Neuen Baus konnte der Augsburger Maler *Mathias Kager* als Entwerfer höchstwahrscheinlich gemacht werden. Damit scheiden eine Reihe recht wichtiger Fassaden, ja zum Teil ganzer Baugestaltungen aus dem Werk des Elias Holl aus. Die Frage nach seinem Künstlertum muß also ganz neu gestellt werden.

Nein: will man sie im Gegensatz zu seiner eigenen Einstellung überhaupt stellen, so muß sie ganz anders gestellt werden. Holls Künstlertum liegt nämlich nicht so offen zutage, wie wir das bei den neueren Meistern gewöhnt sind. Es birgt sich tief im Verantwortungsbewußtsein seines Werkmeistertums und dies wieder ist in seinem ganz persönlichen Charakter verankert. Aus dessen Lauterkeit und Gradheit wächst die strenge Selbstzucht im Beruf, das rastlose Bemühen um die treffende und klarste Lösung heraus. Diese auch aus Gemütsgründen gespeiste Klarheit hebt sich fast unversehens in die Gebiete der Kunst hinauf.

Überblickt man die Reihe der Fassaden an Holls Bauten, so scheiden sich deutlich zwei Richtungen. Die eine häuft gliederndes Schmuckwerk, das seiner ursprünglichen struktiven Sinnhaftigkeit schon ganz entbunden ist, über malerisch verunklärte, vielschichtige Flächen, die nirgends den Baukern mehr greifen lassen (Fassaden am Zeughaus, Siegelhaus). Oder sie fügen strenge Ordnungen italienischer Prägung rings um den Block, die ein Innen und Außen klar scheidendes Eigenleben der Mauer nicht zulassen (Kaufhaus, Neuer Bau). Von dieser Richtung scheidet sich eine andere, die der Mauer als kraftvoller Umhüllung eines Innern das entscheidende Wort gibt, die dieser Mauer eine in ruhiger Proportion gehaltene Gliederung einprägt, die vom inneren Organismus des Baukörpers her bestimmt ist. Die erwähnten jüngsten Forschungen gestatten nun eindeutig, die letztere Richtung für Holl selbst in Anspruch zu nehmen (Willibaldsburg bei Eichstätt, Schulgebäude bei St. Anna, Rathausbau in Augsburg, Spitalbau zum heiligen Geist in Augsburg), während jene andere Richtung den von außen ins Hollsche Werk eingreifenden Malerarchitekten Heinz und Kager zugeschrieben werden muß. Und diese Scheidung erlaubt dann die weiterführende Sicht, daß in jenen Entwürfen der Malerarchitekten Abklänge von Zeitströmungen ins Augsburger Architekturbild hereingebracht werden, während in Holls selbständigen Bauten die alte Augsburger Bauüberlieferung sich zu entscheidendem Ausdruck und damit zu zukunftsweisender Gestaltung sammelt.

Man deute nun aber dies Gegeneinander zweier Richtungen in den Bauten des Elias Holl nicht so aus, als wäre dadurch notwendig ein Mißklang ins Leben und ins Schaffen des Meisters getreten, als hätte der anders empfindende Holl sich fremden Ideen vielleicht widerwillig fügen müssen, als hätte er vielleicht insgeheim gegen jene „Fremden“ angekämpft, bis ihm die Alleinverfügung auch über die „Fassaden“ zuerkannt worden wäre. Damaliger Brauch im Baubetrieb schließt solche modern gesehenen Spannungen völlig aus, wie sie ja denn auch in Holls Aufzeichnungen in nichts zum Ausdruck kommen. Im damaligen Baubetrieb war es üblich, daß der erste Entwurf für einen geplanten Bau von einem Kunstverständigen, einem Maler oder Plastiker oder — wie im Falle des Augsburgers *Wendel Dietrich* — von einem „Khistler“ geliefert wird. Der Bauherr oder die Baukommission übergibt diesen ersten, oft nur flüchtig hingezeichneten Entwurf einem „Pawmeister“ oder „Maurmeister“ zwecks Anfertigung eines genauen Visiers und einem „Khistler“ zwecks Anfertigung eines hölzernen Modells. Beides, Visier und Modell, werden von dem Entwerfenden und vom Bauherrn begutachtet, etwa noch geändert, dann dem Werkmeister zur Ausführung übergeben. In diesem Brauch stand Holls Schaffen. Mit welcher peinlicher Genauigkeit er die Werkzeichnungen nach Modellen z. B. für seine ausführenden Leute anfertigte, beweisen so manche

uns erhaltenen Beispiele. Seine Aufgabe war die Konstruktion. Hier war er der Meister.

Unter der Ausführung regt sich nun aber immer nachhaltiger auch das eigene Entwerfen. Seinen steigenden Einfluß auf die vorgelegten Entwürfe anderer möchte man in der Entwicklung der Heinzischen Entwürfe feststellen: die führen von der Zeughausfassade über die des Siegelhauses schließlich bei der Metzsig immer näher an die Hollsche Art heran, an diese klare und ganz unmalersche Art, wie sie innerhalb der Gesamtreihe der Hollschen Bauten einige Male und mit immer eindeutiger werdender Sicherheit durchschlägt. Es darf wohl als Zeichen steigender Wertschätzung des Meisters auch als Entwerfer verstanden werden, wenn der übliche Baubetrieb immer nachhaltiger durchbrochen wird, wenn immer bedeutendere Bauten dem eigenen Entwurf des Werkmeisters zugestanden werden. Bis dann beim Rathausbau nicht nur der Entwurf, sondern überhaupt die Idee des Neubaus von ihm, dem ausführenden Werkmeister, ausgehen kann. Und da tritt denn gleich ein ganz großes Werk deutscher Baukunst vor die Augen der Mitwelt: gleichsam unterirdisch und im wunderbarsten Sinne



Bild 7. Modell des alten gotischen Rathauses

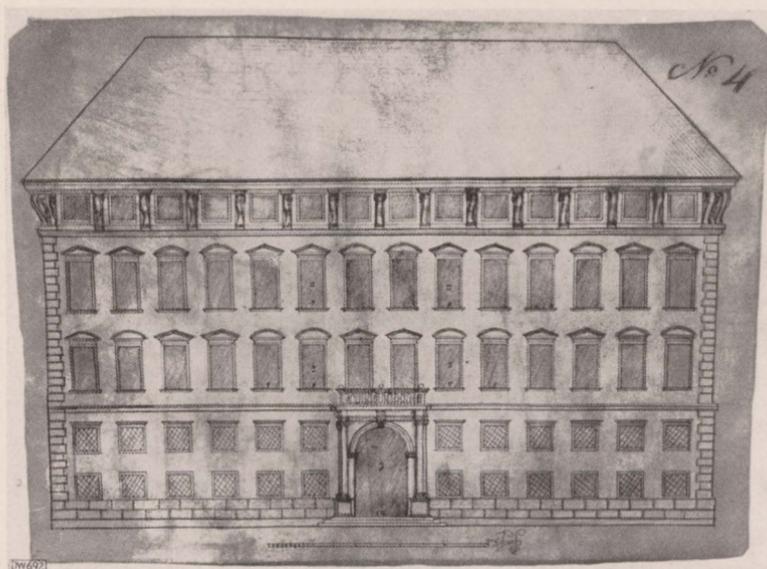


Bild 8. Entwurf zum Rathausneubau

absichtslos hat sich da in einem werkschaffenden Leben eine über-
ragende Künstlerschaft entwickelt.

Gegenüber diesem Rathausbau lischt alles aus, was Maler-
architekten vorher an Fassaden dem Hollschen Grundanliegen vor-
gesetzt hatten. Dies Grundanliegen war der alte deutsche Blockbau,
der in der abschließenden Mauer die sichere Gewähr seiner Existenz
hat. Holl beginnt als Maurer. Die Würde der Mauer zu wahren bleibt
immer sein Bemühen. Sein ordnender Geist zwingt ihr die klare Gliede-
rung auf. So wird die Auswirkung eines Charakterzugs schon Stil
(im Schulgebäude von St. Anna z. B.). Wird Stil in einem Sinne, wie
die Zeit ihn suchte, wie Deutschland ihn damals im italienischen
Schaffen zu finden glaubte. Holl entlehnt ihn nicht aus Italien, sondern er
wächst ihm aus eigenster Wurzel zu. An seinem organischen Wachsen
gleiten gerade jene ab, die „Italienisches“ seinem gesunden Grund-
empfinden vorprägen wollten (Zeughausfassade des Heinz z. B.).

Als solcherweise dem Block seine von innen heraus erzwungene
Begrenzung in der geformten Mauer gesichert war, treibt dieser weiter
in seine Rhythmisierung. Der Vorgang läßt sich an den verschiedenen
Plänen und Modellen zum Rathausbau, in denen Holl nachgewiesener-
maßen völlig frei, d. h. ohne Bevormundung durch fremde Entwürfe
schuf, verfolgen. Ein erster Entwurf, der den Kernbestand der alten

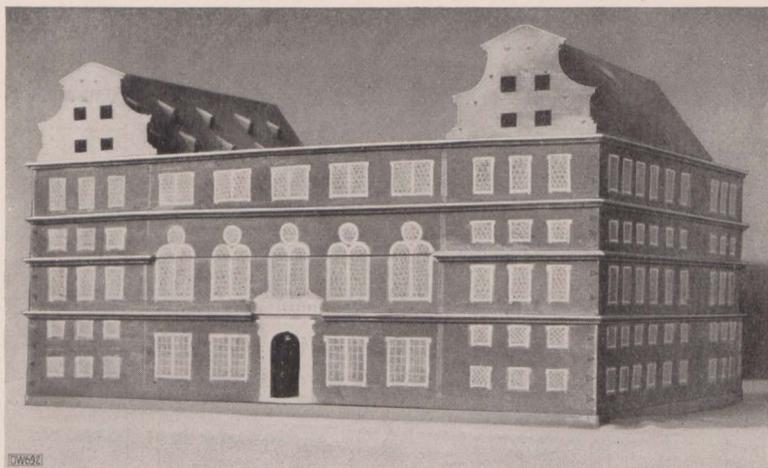


Bild 9. Modell für den Rathausneubau. Die irrthümlich aufgesetzten Schweif-
giebel sind heute beseitigt

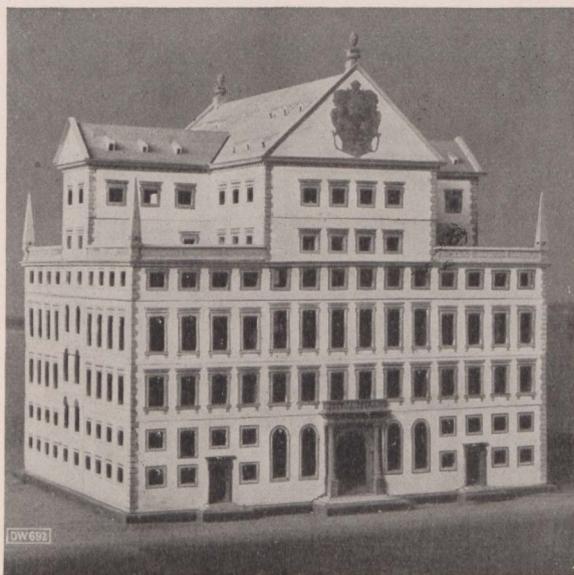


Bild 10. Modell für den Rathausneubau

Rathausgruppe. Bild 7, in einem Umbau zu erhalten sucht, mag noch auf Weisungen von oben zurückgehen. Er ist von Holl eigenhändig vom 8. bzw. 15. Januar 1610 datiert (erhalten zwei Grundrisse und ein Aufriß). Als dann im Jahre 1614 der Rathausbau ernstlich angegangen, ein ganz neuer Bau beschlossen wird, wirkt jener Entwurf für das Äußere des Umbaus zunächst noch nach in einem Entwurf, vor dem man sich an römische Palastbauten erinnert fühlte, der in Gesamtverhältnissen und Einzelgliederung aber recht wohl aus der Hollschen Art zu begreifen ist (erhalten ein Aufrißplan, Bild 8). In schneller Folge lösen sich nun im gleichen Jahre die Entwürfe ab. Zunächst ein Einbruch aus Venedig: venezianische Fensterformen an einer Fassade, die einen über hufeisenförmigen Grundriß errichteten, sehr großen Bau begrenzt (erhalten Modell, Bild 9, Grundriß und Aufriß). Beim nächsten Entwurf (erhalten in einem Modell und in einem etwas weiter geführten Aufriß, datiert vom 13. November 1614) schließt die gesamte Baumasse wieder zum Block zusammen. Dieser Block erfährt nun aber

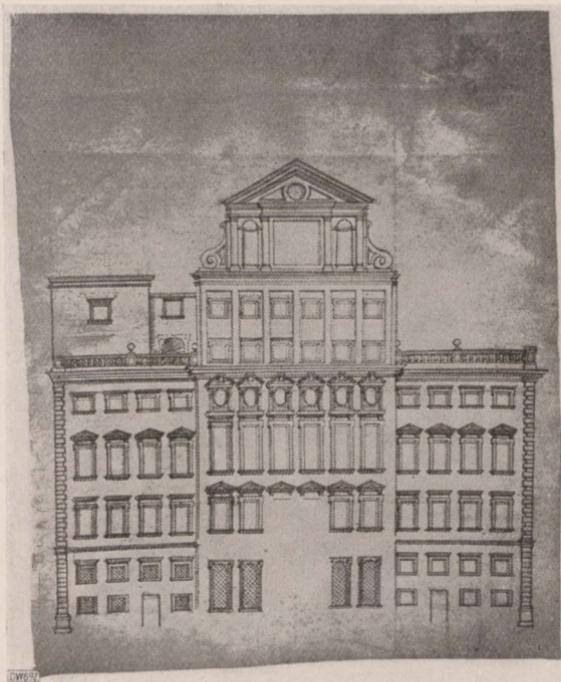


Bild 11. Teilentwurf zum Rathausneubau

eine Rhythmisierung. Ihre besondere Art mag auf Erinnerungen an die (durch Zubauten entstandene) Dreiergruppe des alten Rathauses zurückgehen. Der den großen Saal enthaltende Mittelteil wird in der Fenstergliederung, dann besonders in der Dachzone, wo drei Schweifgiebel die den Blockteilen entsprechenden Längs-Satteldächer abschließen, hervorgehoben. Im Grundriß sind schon Elemente der endgültigen Gestaltung enthalten: in den Mitten der Seitenteile sind zweiarmige, gegenläufige Treppen angeordnet. In den beiden nun folgenden Modellen arbeitet sich der Grundriß immer schärfer durch die Masse hindurch und vertieft damit zugleich die Rhythmisierung des Gesamtblocks: an Stelle der Reihung der drei Teile entwickelt sich eine Durchdringung des Mitteltrakts mit einem auf ihm lotrecht stehenden Quertrakt, zu dem die Treppenhäuser in den Seitenteilen durchzustoßen suchen, Bild 10. Das neue Prinzip hebt sich erst in der oberen Zone plastisch frei heraus. In der endgültigen Fassung senkt es sich in die Tiefe des Blocks ein. Ein beherrschender Giebelbau betont den Mittelteil in seinem prächtigen Emporandrang, die Türme pfählen die Gegenrichtung machtvoll ein, die Ecktrakte, durch das neue Gestaltungsgesetz zu Nebenteilen geworden, bleiben dem Gesamtblock durch die umlaufenden Gesimse und Fenstergliederungen nachdrücklich eingebunden. Alles „Äußere“ ist klarster Ausdruck des durchrhythmisierten Blocksystems geworden, Bild 4.

Damit war der ideale Typus alter deutscher Baukunst aus eigener Kraft wieder gewonnen. Er hätte zukunftsweisend wirken können, wäre der deutschen Kunst damals eine Zukunft vergönnt gewesen. Er war hier als Herzstück einer ganzen Stadtgestalt errichtet, ja: er hatte dem Stadtganzen erst das Gestalthafte gesichert. Ein Augsburger Werkmeister hatte das Gesetz erfüllt, das die Zeiten seiner Vaterstadt aufgetragen hatten. Daß er es nicht mit dem Anspruch des „Künstlers“ vollbracht hat, sondern aus einer tief sachlichen, dem Werk treu ergebenen Gesinnung heraus, das hat über den Ruhm hinaus die Volkstümlichkeit begründet, die Namen und Werk des Elias Holl noch immer lebendig umwittert.

Die vorstehenden Ausführungen verfolgen keinerlei „kunstgeschichtlichen“ Absichten. Sie wollen Leben und Werk des großen Augsburger Meisters vielen näherbringen. Jüngste Forschungsergebnisse wurden dankbar verwertet: *Rudolph Pfister* (Die Augsburger Rathaus-Modelle des Elias Holl in: Münchener Jahrbuch der bildenden Kunst, Neue Folge (1937) Bd. 12 H. 1/2 S. 85 bis 100) hat eine vielumstrittene Frage weitgehend geklärt, *Ingeborg Albrecht* (Elias Holl — Stil und Werk des „Maurmaysters“ und der Augsburger Malerarchitekten Heinz und Kager, ebd. S. 101 bis 136) hat die Autorfrage einiger Fassaden meist überzeugend gelöst. Auf Grundlage dieser Arbeiten konnte der Verf. einige diese Fassadenbauten betreffende Angaben in seiner Studie „Augsburg“ (in: Deutsche Bauten, Bd. 22, Burg bei Magdeburg 1934) berichtigen. Seine, die Bedeutung Holls als Stadtbaumeister behandelnde Darstellung erfährt dadurch keine wesentliche Einschränkung. Sie mag als wichtige Ergänzung der obigen Ausführungen herangezogen werden. — Die Hollschen Mitteilungen konnten nicht nach der Original-Handschrift zitiert werden. Hier ist der von *Christian Meyer* herausgegebene Text zugrunde gelegt worden (Die Hauschronik der Familie Holl 1487—1646, München 1910). Das Zitat aus Holls „Großem Buch“ nach *Ingeborg Albrecht*, a.a.O.

Bildquellen:

Bild 1, 2, 4, 5, 9 und 11 wurden vom Maximilianmuseum in Augsburg zur Verfügung gestellt, Abb. 3, 6, 7, 8 und 10 sind aus dem Besitz des Photohauses am Dom. Inh. M. Lang, in Augsburg.

Von der Abwasserbeseitigung zur Abwasserverwertung

Von Dr. *Hans Kölzow* VDI, Berlin *)

Wasser als Voraussetzung zum Leben

Ohne Wasser gibt es kein Leben.

Die Lebensvorgänge in der organischen Substanz sowohl, als auch die meisten chemischen Umsetzungen in anorganischen Körpern sind an die Anwesenheit von Wasser gebunden.

So wenig der Mensch zum Leben der Luft entbehren kann, so wenig ist er in der Lage, auf Wasser zu verzichten. Da aber die ganze Welt mit einer Lufthülle von gleichmäßiger Stärke und Zusammensetzung umzogen ist, empfindet die Menschheit sie als eine Selbstverständlichkeit und hat erst in neuester Zeit, wo sie durch unzweckmäßige Maßnahmen in größerem Umfange verdorben wurde, den wahren Wert dieses Geschenkes der Natur in vollem Ausmaße erkannt und anerkannt.

Mit dem Wasser ist es anders, denn Wasser ist durchaus nicht an allen Stellen der Erdoberfläche vorhanden, vor allem nicht in dem Zustande, wie es der Mensch braucht. Aus dem Grunde besitzen die natürlichen Wasservorkommen schon in den frühesten Zeiten der Menschheitsgeschichte gewaltige Bedeutung.

Der Nomade zieht bei seinen Wanderungen von Wasserstelle zu Wasserstelle. Der sesshafte Bauer baut sein Haus neben der Quelle oder am Bach. Landstriche ohne Wasser sind unbewohnbar und bleiben unbesiedelt; Gebiete mit reichlichem, natürlichem Wasservorkommen sind fruchtbar und führen deshalb zu einer dichteren Zusammenballung von Menschen.

Auf die Bedeutung des Wassers als Verkehrsträger hinzuweisen, wird in diesem Zusammenhang bewußt vermieden.

Durch Versiegen vorhandener Wasservorkommen werden ganze Volksteile zum Auswandern gezwungen; aber auch ein Überfluß an Niederschlags- oder Überschwemmungswasser führt dem Menschen immer wieder ins Bewußtsein, welcher Einfluß dem Wasser bei seiner Lebensgestaltung zukommt.

*) Der Verfasser ist Direktor des Vereines deutscher Ingenieure. Als Stadtbaurat und Leiter der Haupttiefbauverwaltung der Stadt Berlin hat er auf dem Abwassergebiet maßgeblich mitgearbeitet.

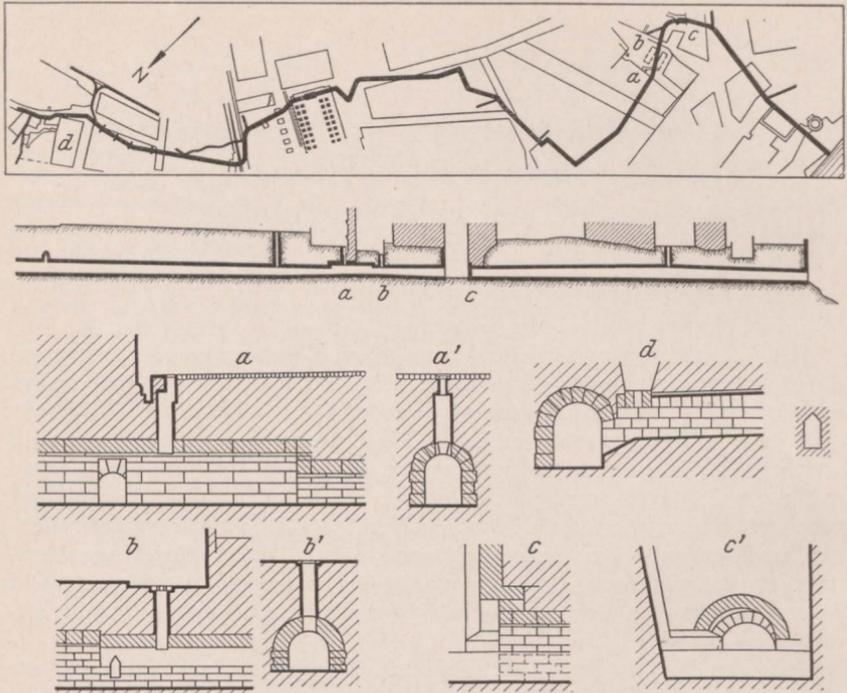


Bild 1. Cloaca maxima, die bedeutendste antike Kanalisationsanlage, mit deren Bau um 550 v. Zt. begonnen wurde

Lageplan und Schnittzeichnungen

- | | |
|--|---------------------------------|
| a Längsschnitt gegen Westen gesehen | a' Querschnitt |
| b Längsschnitt gegen Osten gesehen | b' Querschnitt |
| c Längsschnitt gegen Osten gesehen | c' Ansicht gegen Westen gesehen |
| d Längs- und Querschnitt beim Forum Augustum | |

(Nach einer Darstellung im Deutschen Museum, München)

Wasserbau im Altertum

Deshalb lernt der Mensch frühzeitig die Führung des Wassers. Er schützt sich gegen zuviel Wasser durch Dämme und Kanäle; aus Gebieten mit Wasserüberfluß leitet er es ab in solche mit Wassermangel und macht sie dadurch fruchtbar und bewohnbar.

Nur so wird das Zusammenleben größerer Menschenmassen schon im Altertum möglich, besonders als man die Erfahrung macht, daß es gutes und schlechtes Wasser gibt, daß vom Wasser ein Einfluß auf die Gesundheit ausgeübt werden kann, und daß Trinkwasser anders beschaffen sein muß, als Nutzwasser.

Aber nicht nur die Zuleitung von Wasser erweist sich in der älteren Zeit als bedeutungsvoll, sondern auch seine Ableitung spielt schon

frühzeitig eine Rolle, und zwar nicht nur die Ableitung des von der Natur zur Verfügung gestellten Niederschlags-, Quell-, Fluß- und Überschwemmungswassers, sondern auch die Ableitung häuslicher und industrieller Brauchwässer.

Wir wissen heute, daß bereits im Altertum von den Babyloniern und Ägyptern großartige Be- und Entwässerungsprojekte gelöst worden sind. Auch die Römer beherrschten den Wasserbau in meisterhafter Weise. Heron von Alexandrien erfand bereits 150 Jahre vor der Zeitenwende das Spülklosett. Bei Ausgrabungen in orientalischen Städten wurden überall unter- und oberirdische Entwässerungsleitungen gefunden. Es ist bekannt, daß große Landstriche zwischen Euphrat und Tigris nur durch künstliche Bewässerung, gewisse Gebiete Ägyptens durch die willkürlich geleitete Überschwemmungswelle des Nils landwirtschaftlich genutzt werden konnten. Die steinernen Aquädukte der Römer stehen heute noch als Beweise der damaligen Leistung an vielen Orten Europas der Nachwelt sichtbar vor Augen.

Im Mittelalter geraten alte Erfahrungen in Vergessenheit

Mit dem Zerfall der alten Kulturreiche zerfielen die Großstädte damaliger Zeit und ihre Kultureinrichtungen. In den folgenden Jahrhunderten gerieten die Erfahrungen des Altertums fast ganz in Vergessenheit. Da die Menschheit wieder aufgelockert wohnte, große



Bild 2. Römischer Aquädukt bei Nîmes (Pont du Gard), 30 v. Zwt.

(Nach einem Bild im Deutschen Museum, München)

Städte und gar Großstädte überhaupt nicht vorhanden waren, traten diese Probleme, die sich aus der Zusammenballung von Menschen auf kleinen Flächen ergeben hatten, weit in den Hintergrund zurück. Auf mehr als 1½ Jahrtausende verzichteten die neuen Kulturträger auf Kulturgüter der alten Welt, ohne die das Zusammenleben bei den alten Völkern schon nicht mehr möglich gewesen wäre.

Erst mit dem Beginn des 19. Jahrhunderts wurden die europäischen Städte zu Großstädten und dadurch gezwungen, bewußt Pflege der Hygiene zu betreiben. Es ist uns heute fast unvorstellbar, daß wir erst so kurze Zeit diese Segnungen der Kultur genießen. Erst die allerneueste Technik hat uns den Zustand hygienischer, kultureller Verhältnisse gebracht, ohne den wir uns heute unser Leben nicht mehr vorstellen können. Es verlohnt sich wirklich, einmal darüber nachzudenken, wie auch auf diesem Gebiete Technik und Kultur engstens zusammenhängen, und Menschen, die behaupten, Kultur und Technik seien Gegensätze, ja schlossen sich gar gegenseitig aus, müssen einmal bedenken, wie es um ihre Kultur beschaffen wäre, wenn sie auf die Segnungen der Technik verzichten müßten.

Das Wasser für Mensch und Vieh, für Handwerk, Industrie und Landwirtschaft lieferten im Mittelalter öffentliche und private Brunnen, soweit man es nicht einfach aus Flüssen und Seen schöpfte. Die Straßen und Plätze, die Höfe der Grundstücke, waren, wenn überhaupt, so mit Steinen gepflastert, daß das Niederschlagswasser leicht zwischen ihnen versickern konnte. Bei undurchlässigem Boden oder bei größerem Wasserandrang waren bescheidene Rinnen zur oberflächlichen Abführung des überschießenden Wassers vorgesehen. Der Wasserverbrauch pro Kopf der Bevölkerung war nicht so erheblich, daß man sich über die Unterbringung der Abwässer besondere Gedanken gemacht hätte. Menschliche Abgänge wurden in Gruben gesammelt und gemeinsam mit tierischem Mist als willkommener Dünger auf die Felder oder Gärten gebracht. Überschüssige Jauchenmassen vereinigten sich mit Niederschlags- und Brauchwasser in den Rinnsteinen, und sicherlich erreichten von diesen primitiven Wasserrinnen nur ein geringer Prozentsatz die Vorflut, die natürlichen Wasserläufe.

Zwar hatte man in größeren Städten Europas ausgangs des 18. Jahrhunderts bereits verdeckte Gräben zur Aufnahme der Abwässer, doch waren sie ohne jedes System angelegt. Infolge mangelhaften Gefälles stauten sich die ihnen anvertrauten Wassermengen; wenn nicht gerade Wolkenbrüche sie sauber spülten, so wurden sie zu pestilenzartige Gerüche verbreitenden Schreckenstellen in den Städten. Erst die große Choleraepidemie, die im Jahre 1831 ganz Europa heimsuchte, ließ die Forderungen der Mediziner um Abhilfe so laut werden, daß man in England, Paris, Hamburg und Berlin sich ernsthaft mit diesen Problemen beschäftigte. In England wurde ein besonderes Gesetz für die

Arbeiterwohlfahrt erforderlich, um mit den verheerenden hygienischen Zuständen aufzuräumen. Die Londoner Entwässerung wurde auf Grund der Feststellungen und Beschlüsse einer besonders dazu eingesetzten Königlichen Kommission im Jahre 1848 auf einen neuzeitlichen Ansprüchen genügenden Stand gebracht. Paris war etwa gleichzeitig mit dem Ausbau seiner Kloaken in der Innenstadt fertig geworden. Hamburg erhielt die erste moderne Entwässerung in Europa, als auf Grund des großen Brandes im Jahre 1842 die Bewässerungsverhältnisse verbessert wurden, und in Berlin wurde die neuzeitliche Kanalisation erst am 1. Januar 1878 in Benutzung genommen, als die Reichshauptstadt bereits 1 000 000 Einwohner hatte.

Das bedeutet nun nicht, daß man sich nicht auch schon vorher den Kopf über die hygienischen Zustände in den Städten Europas zerbrochen hätte, aber die Auffassungen über die Sauberkeit waren doch noch recht rückständige.

Für Berlin mußte der Große Kurfürst verfügen, daß die Bürger ihre Schweineställe, die an der Außenseite der Häuser angebracht waren, von den Straßen auf ihre eigenen Höfe verlegten. Sein Nachfolger erließ ein geharnischtes Verbot, das unter hohen Strafandrohungen untersagte, Koteimer und Müllkästen auf den Straßen zu entleeren, und noch am 6. Dezember 1866 fragt die Berliner Stadtverordneten-Versammlung den Magistrat in einer ausführlichen Denkschrift u. a.: „Wieviel W. C.'s eigentlich in Berlin bestünden, wieviel davon in städtische Kanäle mündeten und wieviele in offene Rinnsteine, und wie lang eigentlich die unterirdischen Kanäle Berlins wären.“

Das zeigt uns ganz deutlich, daß unterirdische Kanäle wohl zum Teil vorhanden waren, daß man sich aber in der Stadtverwaltung selbst weder über ihre Lage, noch über ihre Beschaffenheit im klaren war. Ein Arzt der damaligen Zeit bezeichnete diese unterirdischen Kanäle als „stinkende, Ungeziefer ernährende, Pestilenzgeruch verbreitende Kloaken“. Diese Kanäle sind ohne Plan und nach Gutdünken gebaut worden. Ihre Gefällsverhältnisse waren völlig unzureichend, ihre Auskleidung durchaus mangelhaft, auf keinen Fall undurchlässig, und was das schlimmste war, sie konnten nicht gereinigt werden. Es stand nicht einmal fest, wohin diese Kanäle mündeten, doch ist wohl anzunehmen, daß die meisten von ihnen Anschluß an die Vorfluter hatten.

Wären nun diese Vorfluter große Ströme mit reichlicher Wasserführung gewesen, so daß das ihnen zugeleitete Abwasser entsprechend verdünnt wäre und die in ihm enthaltene organische Substanz durch genügenden Sauerstoffgehalt hätte verdaut werden können, so wäre dieser Zustand wenigstens in bezug auf die Beseitigung der Abwässer noch einigermaßen erträglich gewesen. Leider war aber die Leistungs-

fähigkeit der weitaus meisten Vorfluter so gering, daß sie auch nicht den bescheidensten Ansprüchen genügen konnten. Sie stellten sich oft als fast unbewegte Kanäle und Gräben oder langsam fließende Bäche und Flüsse dar und führten nur zeitweilig ausreichende Wassermengen.

Gerade aber die Zeiten niedriger Wasserführung sind ja bekanntlich die günstigsten für das Wachstum unangenehmer Bakterien. Da die Vorfluter fast immer mitten durch bebauten Gelände führten, in ihnen Wäsche gespült und gebadet, sehr häufig gar noch Trinkwasser aus ihnen entnommen wurde, waren die Beeinträchtigungen der Gesundheitsverhältnisse der großstädtischen Bevölkerung ungeheuer groß. Zu lösen waren praktisch also zwei Fragen:

1. Wie erfaßt und sammelt man die Abwässer und
2. wie leitet man sie fort und macht sie unschädlich.

Ring um neuzeitliche Abwasserbeseitigung

Um hier dem primitivsten Begriff von Gesundheitspflege zum Durchbruch zu verhelfen, waren erbitterte Auseinandersetzungen mit der Verständnislosigkeit der damaligen Menschen erforderlich.

Als Hamburg im Jahre 1842 fast 20 % seiner Häuser durch den großen Brand verloren hatte, erkannte der mit den unzureichenden hygienischen Verhältnissen seines englischen Vaterlandes gut vertraute *Sir William G. Lindley* die Möglichkeit, hier etwas Vollkommenes zu schaffen. Er wies der Hamburger Bürgerschaft nach, daß die bis dahin übliche Gepflogenheit, alle häuslichen Abfälle und Abgänge in die den Altstadt kern durchziehenden Fleete zu gießen und dann aus diesen Fleeten gleichzeitig das Gebrauchs- und Trinkwasser wieder zu entnehmen, bei dem Neubau auf alle Fälle vermieden werden müsse.

Wenn es auch verhältnismäßig einfach war, die Hamburger Stadtväter auf Grund der bei dem großen Brand gemachten schlechten Erfahrungen davon zu überzeugen, daß eine leistungsfähige Wasserversorgung geschaffen werden müsse, so war der Kampf um die Abwasserbeseitigung äußerst erbittert, und als man sich schließlich darüber geeinigt hatte, in einem unterirdischen Kanalnetz Abwässer zu sammeln, plädierten die ewig Sparsamen dafür, dann doch wenigstens die Kanäle in die Fleete ausmünden zu lassen. Nur durch die großzügige Unterstützung einiger weitblickender Ratsherren gelang es dem fortschrittlichen Engländer, endlich die Genehmigung für das Projekt zu erreichen. Er unterteilte den Altstadt kern Hamburgs aus Gründen der verschiedenen Höhenlage in zwei besondere Entwässerungsgebiete, den Gestrücken und das Marschgebiet. Beide waren durch je einen Hauptsammler an die Stromelbe angeschlossen und übernahmen ihrerseits in Nebensträngen mit Normalgefälle die Wässer von ihren Anfallstellen. Eine besondere technische Leistung, für die zu der damaligen Zeit überhaupt kein Verstehen erreicht werden konnte, war die Aus-

mündung des Marschsammlers, dessen Mündungsöffnung unter der Gezeitenhöhe lag. Dieses Mündungswerk mußte während der Flutzeit verschlossen sein, damit durch das Elbwasser kein Rückstau entstand, und entleerte sich jeweils nur zur Ebbezeit. Durch in genügender Anzahl vorgesehene Notauslässe war eine Überflutung tiefliegender Grundstücke bei evtl. eintretendem starken Regen vermieden.

Lindley hatte als erster den Mut, die Hauptstrecken mit einem Gefällsverhältnis von 1:3000 anzulegen. Selbst ernst zu nehmende Wasserbauer bezweifelten, daß bei einem derartig geringen Gefälle eine ausreichende Durchspülung der unterirdischen Wasserwege sich ergeben würde. Zur Beruhigung dieser ängstlichen Gemüter konnte Lindley darauf hinweisen, daß durch den zwangsläufigen Stau während der Flutzeit eine derartige Wasseransammlung im Kanalnetz einträte und dadurch zur Ebbe eine derart kräftige Durchströmung, daß größere Absetzungen nicht zu befürchten wären. Um allen Einwänden von vornherein die Spitze abbrechen zu können, sah er eine Spülmöglichkeit durch Alsterwasser vor. Soweit bekannt, ist von dieser Spülmöglichkeit kein häufiger Gebrauch gemacht worden.

Auf Grund der in England gemachten schlechten Erfahrungen führte Lindley grundsätzlich die Ausmauerung der Kanäle mit glasierten Klinkern ein und wendete für das Profil die Eiform an, so daß auch zu Zeiten geringerer Wasserführung in den unten verengten Kanälen eine genügende Strömungsgeschwindigkeit zu erwarten war.

In Berlin schwebten seit Beendigung der Freiheitskriege Bemühungen, irgendwelche Verbesserungen in der allgemein als unzulässig anerkannten Abwasserbewältigung zu ersinnen. Die Hauptlast hatten auch in den sogenannten besseren Gegenden die neben dem Bürgersteig gelegenen offenen Rinnsteine zu tragen. Diese Rinnsteine waren 50 bis 80 cm breit und 40 bis 60 cm tief. Vor jedem Hausübergang war der Rinnstein durch eine Bohle für Fußgänger überbrückt. Trotzdem sollen viele Passanten nicht nur in späterer Stunde von diesen Bohlen in den Rinnstein abgeglitten sein.

Einige Gefahr voraussehende Stadtverordnete schlugen dem Magistrat vor, die Rinnsteine mit durch Mühlen gehobenem Spreewasser zu durchspülen; denn das Hauptärgernis erregten diese vorsintflutlichen Abwässergräben, wenn bei mangelnden Regenfällen die häuslichen Abwässer in ihnen stehenblieben, langsam verdunsteten und verfaulten. Die Bürgerschaft lehnte ein derartiges Ansinnen wegen der zu erwartenden unerschwinglichen Kosten ab. Im Jahre 1842 legte der Geh. Baurat Crelle ein großzügiges Entwässerungsprojekt vor, in dem 11 Pumpwerke vorgesehen waren, um das anfallende Wasser über Gefällwiderstände hinwegheben zu können. Da die Stadtväter sich trotz niemals unterbrochener Diskussionen mit dem besten Willen nicht zu einem ausführbaren Projekt durchringen konnten, schloß im



Bild 3. Parochialstraße in Berlin um 1831. Die offenen Rinnsteine sind nur an einzelnen Stellen überbrückt

Jahre 1852 der damalige Polizeipräsident *von Hinkeldey* ohne Mitwirkung der Stadt mit den Engländern *Fox* und *Crampton* einen Vertrag, der diesen Engländern die Errichtung einer Wasserversorgungsanstalt und ein Versorgungsmonopol Berlins auf 25 Jahre genehmigte, wenn sie als Gegenleistung die Berliner Rinnsteine laufend mit reinem Wasser durchspülten.

Durch diese gutgemeinten Maßnahmen wurden die Verhältnisse in Berlin nur noch verschlimmert; denn dadurch, daß die Häuser mit Wasserleitung versehen wurden, entstanden in den Wohnungen der besseren Gegenden überall Badeeinrichtungen und Spülklosetts. Die hier anfallenden Wassermengen hatten keinen anderen Abweg als eben durch die Rinnsteine, die durch diese Einrichtung saubergehalten werden sollten, und durch die wenigen, unzureichenden, vorhin schon erwähnten unterirdischen Kanäle.

Da die Mißstände sich so nur noch vermehrt hatten, wurde im Jahre 1860 der Geh. Baurat *Wiebe* beauftragt, die Entwässerungseinrichtungen in Paris und London und vor allem in Hamburg zu studieren.



Bild 4. Friedrichstraße Ecke Französische Straße in Berlin um 1865.
Das Kopfsteinpflaster der Fahrbahn wird an der Seite von offenen
tiefen Rinnsteinen begrenzt

Auf Grund der dort gemachten Erhebungen kam Wiebe zu einem Entwässerungsentwurf, der Berlin in zwei Entwässerungsgebiete, getrennt durch die Spree, aufteilte. Beide Gebiete sollten durchzogen werden durch je einen Hauptsammler, die nach Unterdükerung des südlichen unter der Spree gemeinsam unterhalb Charlottenburgs in die Spree münden sollten.

Zur Begutachtung dieses Entwurfs setzte der Magistrat eine „Deputation über die Reorganisation des Latrinenwesens in Berlin“ ein. Nach vielem Hin- und Hergerede, bei dem besonders gegen den Wiebeschen Entwurf die ungeheuren Kosten und die infolge der Länge der Sammler notwendige Tieflage beanstandet wurden, ist auch dieser Vorschlag abgelehnt worden. Beachtlich aus der damaligen Diskussion ist, daß ein Teil der Stadtverordneten sich gegen die Verschwendung des für ihre Gärten so notwendigen menschlichen Mistes aussprachen. Diese Garten- und Ackerbauer forderten, Wasserklosetts überhaupt zu verbieten und statt dessen ein Tonnenabfuhrsystem einzuführen. Eine Lösung aus diesen mannigfachen Schwierigkeiten wurde erst gefunden,

als kein geringerer als der große Arzt und damalige Stadtverordnete *Rudolf von Virchow* sich dieser Angelegenheit annahm. Er erstattete einen ausführlichen Bericht, auf Grund dessen der Baurat *Hobrecht*, der mit Wiebe gemeinsam die Studienreise nach Paris, London und Hamburg unternommen hatte, ein Projekt ausarbeitete, dem im Jahre 1873 zugestimmt wurde und das infolge der Tatkraft der es fördernden Männer auch noch im selben Jahre in Angriff genommen werden konnte.

Hobrecht teilte Berlin auf Grund seiner genauen Höhenmessungen in 12 sogenannte Radialsysteme ein. Für jedes dieser Radialsysteme sah er an seinem tiefsten Punkt, an dem die Sammler in freiem Gefälle zusammentrafen, ein Pumpwerk vor, das das Abwasser in Druckrohrleitungen aus dem Bereich der Wohnbebauung herauszupumpen hatte.

Das erste Radialsystem wurde am 1. Januar 1878 der Benutzung übergeben, so daß Berlin heuer auf 60 Jahre Stadtentwässerung zurückblicken kann.

Die durch den Hobrechtschen Plan geschaffenen Möglichkeiten wurden sehr bald von den zuständigen Behörden als Notwendigkeit erkannt, was besonders dadurch zum Ausdruck gebracht wurde, daß der Polizeipräsident von Berlin durch Ortsstatut im Jahre 1874 für die durch die Entwässerungskanäle erschlossenen Gebiete den Anschlußzwang aller bebauten Grundstücke verfügte.

Technik der Abwasserführung

Ähnliche Auseinandersetzungen wie in Deutschlands beiden größten Städten waren auch wohl in den meisten übrigen Städten zu bestehen, um zu hygienischen Zuständen zu gelangen, die den neuzeitlichen Erkenntnissen und Anforderungen entsprachen. So entstanden in der zweiten Hälfte des verflossenen Jahrhunderts überall die Kanalisationen. An allen Stellen wurden auf dem bisher technisch wenig bearbeiteten Gebiet neue Erfahrungen gesammelt, die in kurzer Zeit zu einer eigenen Entwässerungswissenschaft zusammengefaßt werden konnten. Selbstverständlich waren bei der Entwicklung der verschiedenen Verfahren in erster Linie die örtlichen Gegebenheiten bestimmend für die Ergebnisse. Es waren Unterschiede zu machen zwischen Städten im Flachland und solchen in hügeligen oder gar Gebirgsgegenden, zwischen Einrichtungen kleiner Ortschaften und solchen großer Städte, zwischen reinen Wohngebieten und Gebieten mit einer starken Wasseranfall bedingenden Industrie. Auch die Durchlässigkeit des Bodens spielte in Anbetracht der zu bewältigenden Niederschlagswassermenge eine Rolle bei der Entscheidung über das zu wählende Entwässerungssystem.

Als Grundprinzip ist aber wohl in allen heute bestehenden Anlagen festzustellen, daß unter möglichster Ausnutzung der vorhandenen

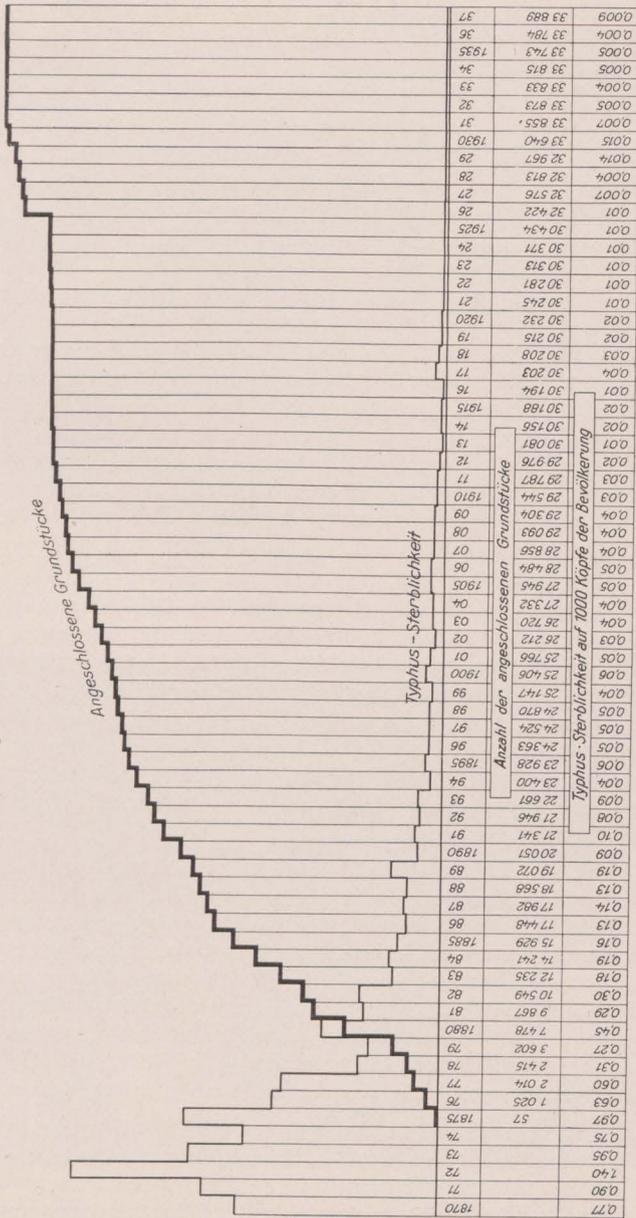


Bild 5. Zahl der an die Kanalisation angeschlossenen Grundstücke in Berlin (Verwaltungsbezirke 1 bis 6) und Typhus-Sterblichkeit von 1870 bis 1937

natürlichen Geländeneigungen das Wasser im freien Gefälle so weit geführt wird, wie es nur irgend möglich ist. Im flachen Gelände lassen sich bei größerer Ausdehnung der bebauten Fläche Pumpwerke nicht vermeiden.

Allergrößtes Augenmerk ist vor allem darauf zu richten, daß das anfallende Wasser sich stets in einer derartigen Bewegung befindet, daß ein Absetzen der in ihm enthaltenen Sinkstoffe tunlichst verhindert wird. Das wird erreicht dadurch, daß die Gefällsverhältnisse so weit wie möglich ausgenutzt und die Leitungen nicht mit einer schwächeren Neigung als 1:3000 verlegt werden. Der lichte Durchmesser der Leitungen richtet sich nach den zu bewältigenden Wassermengen; exakte Berechnungsgrundlagen dafür wurden erarbeitet. Dabei ist zu beachten, daß nicht nur die Wahl eines zu engen Querschnittes zu ungenügenden Resultaten führen muß, sondern zu weit gebaute Leitungen müssen ebenfalls vermieden werden, weil sie leicht zu Absetzungen führen. Für größere Querschnitte ist deshalb das von Lindley bereits gewählte, nach unten sich verjüngende Eiprofil besonders geeignet. Die Oberflächenbeschaffenheit der Rohrleitungen muß glatt sein, die Verlegung derartig sorgfältig, daß weder Wasser von innen nach außen sickert, noch Fremdkörper von außen nach innen eindringen können.

Ein Entwässerungsnetz baut sich nach diesen Gesichtspunkten so auf, daß die von den Häusern kommenden Anschlußleitungen enge Profile von 20 cm Durchmesser darstellen, die sich entsprechend der zu Tal zunehmenden Wassermengen allmählich erweitern, so daß sie bis in die letzten Sammler von oft 2 m Höhe die anfallenden Wassermengen zu fassen in der Lage sind. Als Baustoff werden in erster Linie Steinzeug- und glasierte Tonröhren und bei größeren Kanaldurchmessern, die gemauert werden, dicht gebrannte Mauersteine, glasierte Klinker oder Kacheln verwendet.

Es besteht hier nicht die Absicht, die in der Fachwelt noch nicht benedigte Diskussion darüber, ob nicht auch unglasierte Tonröhren, Zementbetonröhren und nicht mit glatter, dichter Oberfläche versehene Mauersteine benutzt werden können, fortzusetzen. Es ist durchaus denkbar, daß durch Verschlickung die Oberfläche solcher an sich porösen und rauhen Materialien auch dicht und so glatt werden kann, daß sie dem durchfließenden Wasser einen möglichst geringen Reibungswiderstand bietet. Erforderlich ist auf alle Fälle, daß die Baustoffe durch das aufzunehmende Wasser nicht angegriffen werden.

Unbedingter Wert muß auf die Reinigungs- und Entlüftungsmöglichkeiten des Kanalnetzes gelegt werden. Die Reinigung besteht darin, daß in den dünneren Strängen von Zeit zu Zeit durch Frischwasserzuführung eine Durchspülung erfolgt, bei größeren Querschnitten



Bild 6. Zusammenführung zweier gemauerter Kanäle mit Einsteigeschacht. Nachbildung in natürlicher Größe auf dem Hof des Museums der Stadtentwässerung in Berlin

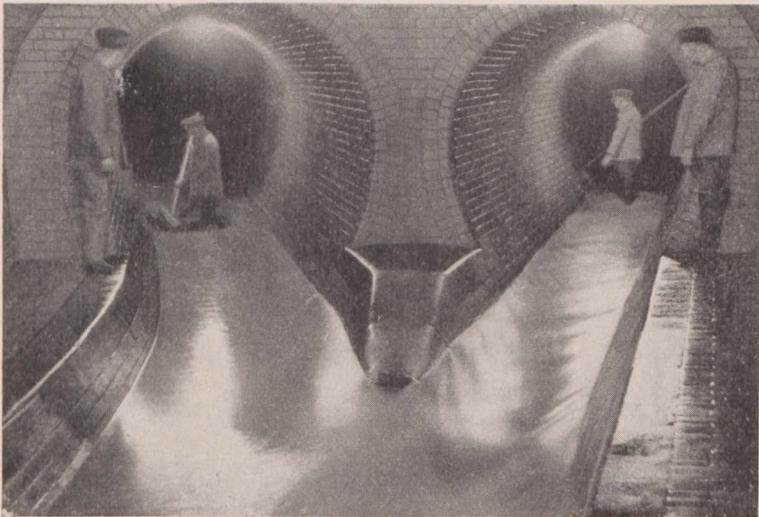


Bild 7. Reinigen der Kanäle. Verbindungsbauwerk von $2,00 \times 2,60$ m und $1,80 \times 2,40$ m Querschnitt zum Hauptsammelkanal von $3,20 \times 3,20$ m Querschnitt

mittels besonders konstruierter, von Hand zu betätigender oder auch mechanisch sich bewegender Reinigungsapparate, bei begehbarem Profil mittels besonderer Schieber und sonstiger Geräte Absetzungen beseitigt werden.

Es sei nur andeutungsweise darauf hingewiesen, daß selbstverständlich im Interesse der Anlieger, wie auch ganz besonders im Interesse der Gesundheit der mit der Kanalreinigung beschäftigten Arbeiter, besondere Sicherheitsmaßnahmen für die Arbeiten an den Kanälen erdacht und gesetz- oder verordnungsmäßig zur Einführung gebracht worden sind. Alle technischen Einrichtungen, Entlüftungs- und Einsteigeschächte sind so konstruiert, die Dienstvorschriften so gewissenhaft ausgearbeitet, daß bei Beachtung aller Voraussetzungen und Sicherungsvorschriften Unfälle im Kanaldienst sich nicht ereignen können.

Neben den aus den Haushalten und den in Frage kommenden Industrien anfallenden Schmutzwässern hat sich die Stadtentwässerung in den meisten Fällen aber auch mit der Bewältigung der Regenwässer zu beschäftigen. Die Regenwässer werden in sogenannten Regenwassereinlässen oder Gullys auf Straßen und Höfen aufgefangen, aus den Dachrinnen übernommen und der unterirdischen Kanalisation zugeführt. Die Weiterleitung unter der Erde ist auf zweierlei Weise möglich, entweder durch Einleitung auch der Regenwässer in die Schmutzwasserkanalisation, die sogenannte Gemischtwasserkanalisation, oder aber dadurch, daß die Regenwässer in einer besonderen Regenwasserkanalisation gesammelt werden.

Zunächst muß es unverständlich erscheinen, daß man mit doch immerhin beträchtlichen Unkosten noch eine zweite unterirdische Wasserableitung vorsehen soll. In größeren Gebieten mit nicht übertrieben günstigen Vorflutverhältnissen ist jedoch eine Trennung der beiden verschiedenen Abwasseranfälle wirtschaftlich durchaus günstig. Man muß dabei bedenken, daß eine normale Abwasserkanalisation ja mit immerhin bekannten, abgesehen von gewissen nicht ins Gewicht fallenden Schwankungen, gleichbleibenden Wassermengen zu rechnen hat. Die Regenwassermenge dagegen ist eine völlig schwankende. Nach Trockenperioden können langanhaltende Wolkenbrüche derartige Wassermengen bringen, daß eine Kanalisation, die sie bewältigen soll, mit lichten Weiten versehen sein müßte, die die Gesamtanlage sowohl im Bau als vor allem aber auch im Betrieb und in der Unterhaltung zu einer sehr unwirtschaftlichen machen würden. Sturzregenfälle können das 50- bis 60fache der normal anfallenden Wassermengen bringen. Wollte man bei größeren Flächen, bei denen eine Versickerung infolge Asphaltierung unmöglich ist, eine Mischwasserkanalisation für eine derartige Beanspruchung bauen, so würde sie zwar an

den zwei bis drei Tagen starker Regenfälle ihre Belastungsprobe bestehen können, dafür aber die übrige Zeit des Jahres alle schlechten Eigenschaften, die durch zu geringe Wasserführung auftreten, zeigen.

In den Stadtgebieten, in denen das anfallende Schmutzwasser nicht durch natürliches Gefälle weiterbefördert werden kann, sondern durch Pumpen aus der bewohnten Zone herausgeschafft werden muß, müßte die Leistungsfähigkeit der Pumpwerke selbstverständlich nach dem zu erwartenden Spitzenanfall bemessen werden, so daß dadurch die Unwirtschaftlichkeit noch größer würde.

Aus diesem Grunde ist man zur Trennung der beiden Kanalisationssysteme übergegangen. Regenwasserleitungen können ohne Bedenken aus billigeren Baustoffen errichtet werden, weil das Regenwasser ja keine schädlichen aggressiven Bestandteile enthält. Regenwassersammler können auch in für die Aufnahme von Schmutzwasser ungeeignete, wenig Wasser führende Vorfluter enden, wobei allerdings zu berücksichtigen ist, daß die vom Regenwasser meist mitgeführten größeren Sandmengen zur Verhinderung der Versandung der Vorfluter vorher abgeschieden werden müssen. Aus diesem Grunde baut man in die Regenwassereinlässe bereits Sandfänge verschiedener Konstruktion ein, die leicht gereinigt werden können, und sieht bei der Einmündung der Regenwasserkanäle in Bäche, Flüsse oder Seen Absetzmöglichkeiten für den Sand vor.

Damit bei zu starkem Regenandrang nicht durch Rückstau infolge Überfüllung der Leitungen tiefliegende Grundstücke geschädigt werden, müssen sogenannte Notauslässe vorgesehen werden. Solche Notauslässe bestehen meistens aus einer Schwelle im Hauptsammler, die das normal anfallende Schmutzwasser in der Kanalisation weiterfließen läßt, während im Überschuß andrängendes Regenwasser über die Schwelle hinweg durch einen anschließenden Kanal oder auch direkt in die natürliche Vorflut gelangt. Dieser Vorgang hat natürlich den Nachteil, daß mit dem aus dem Notauslaß austretenden Regenwasser auch Schmutzwasser und in ihm enthaltene feste Körper unmittelbar in die Vorflut gelangen, jedoch ist dann durch die Regenwassermenge die Verdünnung derart, daß bei der doch auch gesteigerten Wasserführung der Vorfluter in einem solchen Falle von einer Verschmutzung kaum gesprochen werden kann.

Sonderbehandlung der Industrieabwässer, der Öle, brennbaren Substanzen und Fette

Besondere Beachtung verdienen die Industrieabwässer. Je nach Art des anfallenden Wassers sind sie verschieden zu behandeln. Fabriken mit einem großen Kühlwasseranfall, das auf seinem Wege durch das Industriewerk nicht verschmutzt und übermäßig erhitzt wird, dürfen meistens ihr Wasser auf kürzestem Wege der Vorflut zuleiten.

In allen andern Fällen hängt es von dem weiteren Verbleib der Abwässer nach ihrem Durchfluß durch die Kanalisation ab, welche Anforderungen an sie bei der Aufnahme gestellt werden müssen. Selbstverständlich können starke Säuren oder Laugen überhaupt nicht aufgenommen werden. Wird das Abwasser landwirtschaftlich verwertet, so dürfen Pflanzengifte oder die Ackerkrume verschmierende technische Öle und Fette nicht eingeleitet werden. Wird das Wasser nach Vorreinigung der Vorflut unmittelbar zugeführt, ist Rücksicht auf den Fisch- und Pflanzenbestand der Vorfluter und auf die Beziehungen, die dieser Vorfluter zu den anwohnenden Menschen hat, zu nehmen. Die entsprechenden industriellen Unternehmungen haben durch zweckdienliche Vorreinigungen ihre Abflüsse in einen derartigen Zustand zu versetzen, daß irgendwelche Schäden für die Gesamtheit nicht eintreten können.

In allen Garagen, Autoreinigungs- und Reparaturwerkstätten usw. und an all den Stellen, an denen sonst Benzin, Benzol, Öl oder ähnliche brenn- und explodierbare Flüssigkeiten anfallen, sind sogenannte Benzinabscheider einzubauen, die infolge der in ihnen stattfindenden Schichtung der leichteren Flüssigkeiten über dem Wasser nur Wasser in die Kanalisation eintreten lassen, weil sonst die Gefahr bestehen würde, daß die in den unterirdischen Kanälen auf dem Abwasser schwimmende brennbare Flüssigkeit durch Verdunstung die Kanäle mit einem explosiven Gemisch füllen und beim Hinzutreten von Feuer zu schweren unterirdischen Explosionen führen könnte. Um völlige Sicherheit, vor allem auch für die in den Kanälen Beschäftigten zu haben, ist die Benutzung von Grubensicherheitslampen angeordnet und der Gebrauch von offenem Feuer, auch das Rauchen und die Benutzung elektrischer Apparate, die Zündfunken ergeben könnten, strengstens verboten.

Ähnlich den Benzinabscheidern sind bei Schlachthöfen, Großküchen und verwandten Unternehmungen sogenannte Fettabscheider vorgesehen. Benzin- und Fettabscheider werden von der Entwässerungsbehörde oder den von ihr Beauftragten laufend entleert, gereinigt und auf ihre Benutzbarkeit überprüft.

Beseitigung des Abwassers

Gelangt das Abwasser nicht in freiem Gefälle an den Ort seines Verbleibs, so muß es durch Pumpenanlagen weiterbefördert werden. Es sind die verschiedensten Systeme von Abwasserpumpen entwickelt; in erster Linie finden Kolben- und Kreiselpumpen Anwendung. Nur bei großen Sammlersystemen wird ein kontinuierlicher Pumpbetrieb denkbar sein. In den weitaus meisten Fällen wird mit Unterbrechungen gepumpt werden, da der Abwasseranfall in den Nachtstunden wesentlich

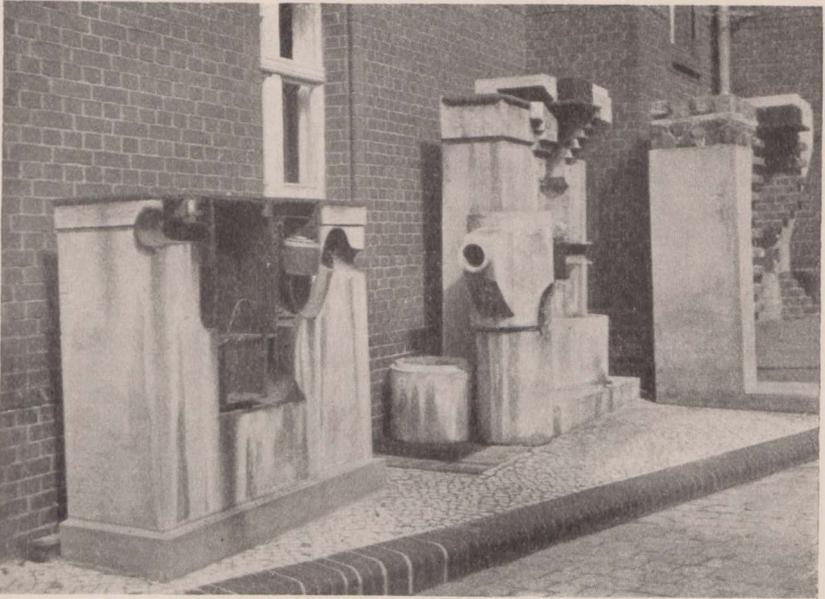


Bild 8. Benzinabscheider und Regeneinlässe. Nachbildungen in natürlicher Größe auf dem Hof des Museums der Stadtentwässerung in Berlin

geringer zu sein pflegt als tags. Man rechnet in Deutschland zur Zeit mit einem täglichen Wasseranfall pro Tag und Kopf der Bevölkerung von 100 bis 150 l. In Berlin fallen normal 120 l an, an heißen Tagen im Sommer jedoch bis 200 l.

Die Pumpwerke werden durch eine große Rechen- oder Siebanlage vor sperrigen, die Pumpen gefährdenden Stoffen geschützt. Sie drücken das Abwasser in Druckrohrleitungen aus Guß- oder Schmiedeeisen mit Durchmessern von 25 cm bis 1,50 m zu den Reinigungsanlagen. Es werden auch Druckrohrleitungen aus Holz benutzt. Zur Erzielung eines gleichmäßigen Druckes sind Windkessel eingeschaltet. Die Druckrohrleitungen müssen auf der Strecke mit Absperrschiebern versehen werden, da sonst bei Rohrbruch die ganze in der Leitung stehende Wassersäule von mitunter beträchtlicher Länge bei Aufhören des Druckes zurückfluten würde.

Die weitere Behandlung der Schmutzwässer richtet sich nach der Unterbringungsmöglichkeit. Da bis vor kurzer Zeit die Abwässer der Städte als unangenehme Abfallstoffe angesehen wurden, die im Interesse der Gesundheit unschädlich zu machen wären, richteten sich die

Überlegungen eigentlich immer nur darauf, wie man die Abwässer auf billigste Weise beseitigen könnte. Am besten dran waren die Großstädte, die große Flüsse oder sehr große Seen in ihrer Nähe hatten. Dort wurden die Abwässer einfach in die natürliche Vorflut eingeleitet. Waren die Vorfluter nur mittlere Flüsse, so sah man sich gezwungen, die Abwässer vor Einleitung einer Vorreinigung zu unterziehen. Diese Vorreinigung besteht darin, daß man die von dem Schmutzwasser mitgeführten Sperr-, Schwimm- und Sinkstoffe durch Feinrechen und Absitzvorrichtungen aus der Hauptabwassermenge abtrennt. Das abgeschiedene Sperr- und Absitzgut läßt man ausfaulen und bringt es irgendwie unauffällig unter. Waren die Vorflutverhältnisse aber noch weniger günstig für die Aufnahme größerer Abwassermengen, so war man gezwungen, an die Vorreinigung eine Hauptreinigung anzuschließen.

Es sind eine Reihe von Reinigungsmöglichkeiten entwickelt worden; die einfachste ist wohl die Filtration durch Kiesfilter. Aus ihr entwickelten sich die biologischen Reinigungsverfahren über Koks- oder Tropfkörperanlagen, bei denen durch langsames Fließen des Wassers über große Oberflächen der selbsttätige Fäulnisprozeß im Abwasser so weit gefördert wird, daß der größte Teil der organischen Substanz nach Passieren der Anlage zerstört ist.

Es gibt dabei verschiedene Fäulnisvorgänge: durch Bakterien, die bei Luftausschluß die Zersetzung betreiben und solche, die nur unter Zutritt von Sauerstoff die organische Substanz im Abwasser zu verdauen in der Lage sind. Das neuzeitlichste Verfahren auf diesem Gebiet ist das sogenannte Belebtschlammverfahren. Bei ihm wird nach hinreichender Vorklärung das Abwasser mit gewisse Bakterien enthaltendem Belebtschlamm versetzt, der bei Einblasen genügender Luftmengen in kurzer Zeit die gesamte organische Substanz zersetzt. Praktisch ist das Belebtschlammverfahren ein unter besonders günstigen Verhältnissen sich vollziehender Selbstreinigungsvorgang des Wassers. Dasselbe Ergebnis wird erzielt, wenn dem Abwasser in größeren natürlichen Seen oder Stauseen unter Zufuhr von sauerstoffhaltigem Frischwasser die Gelegenheit zur natürlichen Selbstreinigung geboten wird. Auch die Reinigung in besonders dafür angelegten Teichen kann zweckdienlich sein. Diese Teiche eignen sich infolge der ihrer Flora und Fauna zur Verfügung gestellten Nährstoffe besonders zur Fischzucht.

In einzelnen Gegenden, die über einen stark durchlässigen, kiesigen oder sandigen Boden verfügen, ging man dazu über, das Abwasser auf die Felder zu leiten, wobei neben der beabsichtigten Reinigung des Wassers noch ein verstärkter Ernteertrag erreicht wurde. Da in den meisten Fällen den Feldern große Wassermengen zugeführt wurden, war eine gut ziehende, dichte Dränierung der beschickten Landflächen

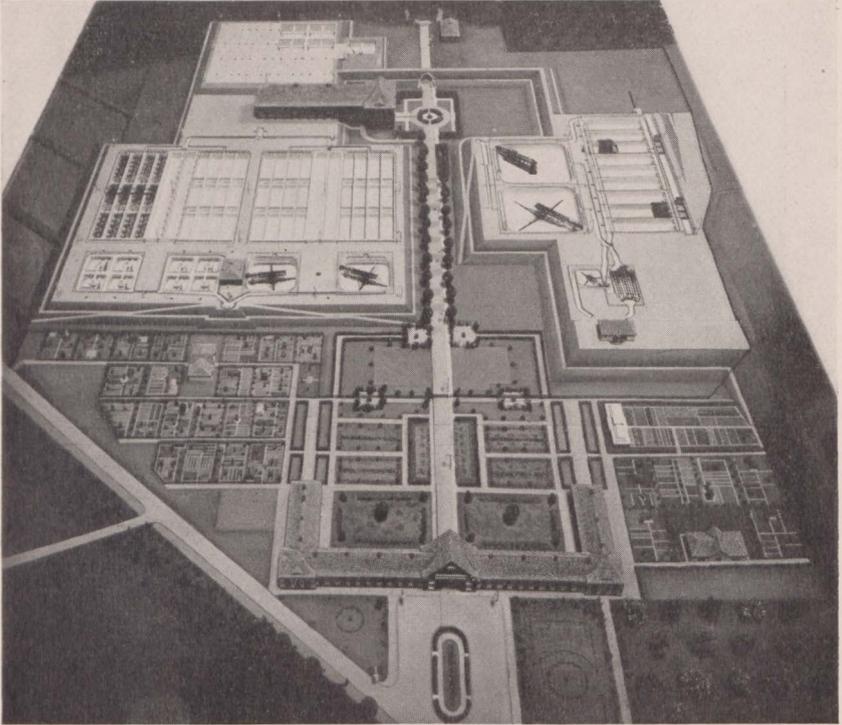


Bild 9. Nachbildung des Großklärwerkes Berlin-Stahnsdorf. Rechts der Werkstraße die Sandfanganlage und die Absitzbecken, links oben die Faulbehälter, das Maschinenhaus und die vier Gruppen der Belüftungsbecken mit der dazugehörigen Nachkläranlage

erforderlich und ein leistungsfähiges Grabennetz, das das Dränwasser abzuführen in der Lage ist.

Auf allen diesen verschiedenartigen Gebieten der Wasserunterbringung wurden in den verflossenen Jahrzehnten Erfahrungen gesammelt und jedes einzelne Verfahren bis zu einer gewissen Endleistung entwickelt. Erwähnt seien nur als Spitzenleistungen: die Großklärwerke Stahnsdorf und Waßmannsdorf bei Berlin, Schlammausfaulungs- und Fischteichwirtschaft in München, der Rieselfeldbetrieb auf städtischen Gütern in Berlin und Breslau, die mannigfachen Reinigungsanlagen im westlichen Industriegebiet. Alle Verfahren hatten aber nur einen Zweck: billige und hygienisch einwandfreie Beseitigung des unangenehmen Abfallproduktes: Abwasser.

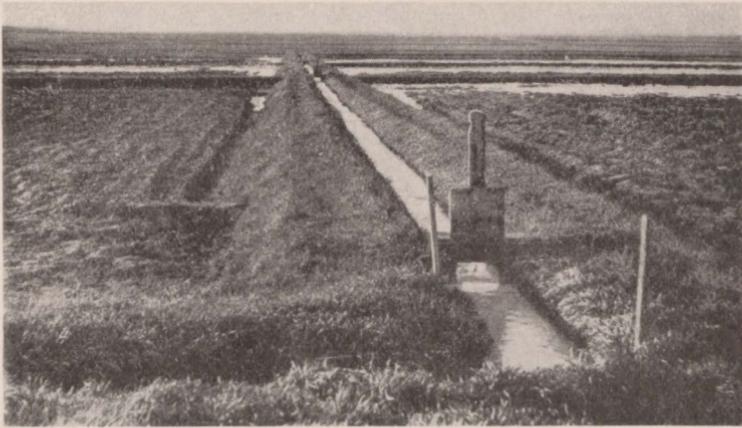


Bild 10. Rieselfelder bei Berlin. Berieselung der einzelnen Feldstücke

Abwasserverwertung

Mit der nach der Machtübernahme durch den Nationalsozialismus veränderten Wirtschaftsauffassung des deutschen Volkes gewann auch die Beurteilung der Abwasserfrage eine andere Bedeutung. In einer Volksgemeinschaft, die mit allen ihr innewohnenden Kräften um die wirtschaftliche Unabhängigkeit ringt, darf es keine zu vernichtenden Abfallstoffe geben.

So war es selbstverständlich, daß Überlegungen angestellt wurden, wie das Abwasser volkswirtschaftlich noch weiter ausgenutzt werden könne. Dabei ist grundsätzlich zu unterscheiden zwischen zwei Gedankengängen:

1. Was kann aus dem Abwasser an wertvollen Stoffen abgeschieden werden?
2. Wie kann Abwasser nutzbringend in den wirtschaftlichen Kreislauf eingeschaltet werden?

Wertstoffe im Abwasser

Durch eine entsprechende Schulung und Erziehung des deutschen Menschen kann erreicht werden, daß dem Abwasser nicht solche Substanzen zugesetzt werden, die, anderweitig erfaßt, noch einen Wert für die deutsche Wirtschaft darstellen. Durch besondere Einrichtungen, von denen Fett- und Benzinabscheider schon erwähnt wurden, können im Abwasser enthaltene Stoffe vor der Einleitung in die Kanalisation abgeschieden werden. Das so abgeschiedene Gut muß gesammelt und irgendwie gereinigt werden. Die Stadt Berlin hat z. B. für die Ent-

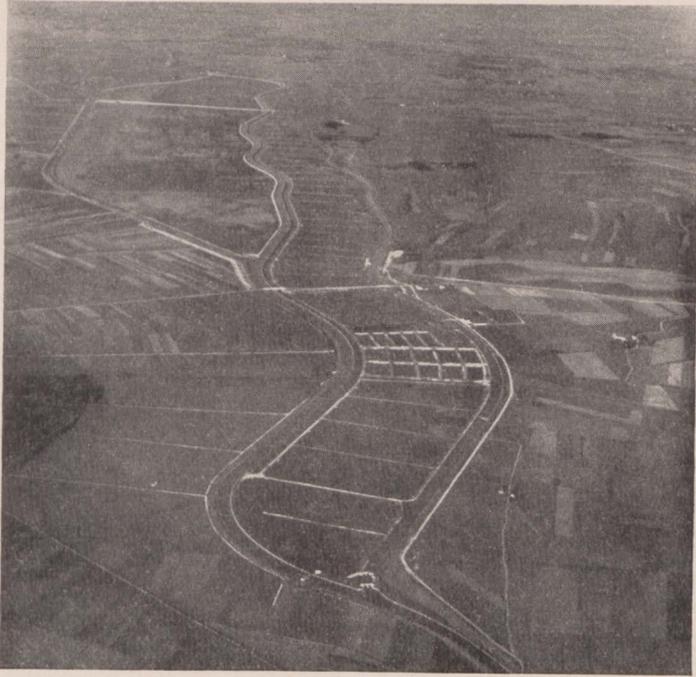


Bild 11. Fischeiche der Münchener Kläranlage in Großlappen. Den einzelnen mit Frischwasser gefüllten und mit Karpfen und Schleien besetzten Becken wird ein Bruchteil vorgeklärten Schmutzwassers zugeführt

(Freigegeben durch RLM. Hersteller Hansa Luftbild G. m. b. H., Abteilung München. Nr. 10580)

leerung der Benzinabscheider Spezialfahrzeuge konstruiert, die das Benzin-Ölgemisch in betrieblich ungefährlicher Weise sammeln und einer Reinigungs-, Destillations- und Rektifikationsanlage zuführen, aus der jährlich ansehnliche Mengen von Benzin, Benzol und technisch verwertbaren Ölen wiedergewonnen werden. Die anfallenden Fettreste aus den Fettsammlern werden meistens Seifenfabriken zugeführt, die sie verlustlos auszunutzen in der Lage sind.

Darüber hinaus sind nach gewissenhaften Untersuchungen pro Tag und Kopf der Bevölkerung noch etwa 6 bis 9 g Fett im Abwasser enthalten. Da dieses Fett zum größten Teil im verseiften Zustand sich im Wasser befindet, sind geeignete Gewinnungsverfahren noch zu erarbeiten. Doch braucht dieses Fett vielleicht nicht unbedingt als Fett wiedergewonnen zu werden, da es im Faulprozeß z. B. Methangas liefert.

Außer diesen aus dem Wasser zu isolierenden Stoffen enthalten die städtischen Schmutzwässer organische und anorganische Stoffe, die landwirtschaftlich von größter Bedeutung sind. Es sind im Abwasser Stickstoff, Phosphor und Kali enthalten, also die Grundelemente, die zur Düngung benötigt werden. Neben diesen anorganischen Aufbaustoffen für die Pflanzen enthält die organische Substanz des Abwassers Bakterien und Nährstoffe für Bakterien, die nachweislich das Leben der Bodenbakterien auf das günstigste beeinflussen. Neben humusbildenden Stoffen sind Reizstoffe anzunehmen, die die Pflanzen wachstumsfreudiger werden lassen.

Es sind in der verfloßenen Zeit mannigfaltige Diskussionen über den Wert des Abwassers für die Landwirtschaft geführt worden. Wenn dabei der Versuch gemacht worden ist, den Wert des Abwassers mit den in 1 000 000 m³ Abwasser enthaltenen Tonnen Stickstoff, Phosphor und Kali zu beweisen, so ist damit sicherlich nicht der Kern der ganzen Problemstellung getroffen worden. Der größte Wert kommt wahrscheinlich dem Wasser zu, und zwar dem Wasser in Form von Abwasser.

Landwirtschaftliche Verwertung

Leider liegen aus der Vergangenheit irgendwelche gewissenhafte Untersuchungen über die Wirksamkeit des Abwassers für den Pflanzenwuchs nicht vor. Gewiß, es steht fest, daß die Stadt Berlin auf ihren Rieselgütern bei sterilem, märkischem Sand jährlich bis zu sechs Grasnachte oder vier Gemüseernten erzielen konnte; ein Ergebnis, das einem schon ins Auge springen müßte, uns aber durchaus noch keinen geeigneten Maßstab für die wirklichen Verhältnisse gibt.

Aus diesem Grunde sind gleich nach der Machtübernahme auf meine Veranlassung exakte Versuchsanordnungen geschaffen worden, um vergleichbare Werte zu erhalten. Bei einer Fläche gleicher Bodenbeschaffenheit sind Versuchspartellen abgeteilt worden, auf denen folgende Versuchsreihen durchgeführt wurden und weiter durchgeführt werden sollen:

In zwei Partellenreihen wurden Gras und Rüben mit jeweils verschiedenen Gaben vorgereinigten Schmutzwassers beschickt, daneben gleich hergerichtete Flächen mit biologisch gereinigtem Schmutzwasser; daneben zwei weitere Reihen mit verschiedenen Gaben biologisch gereinigten Wassers und Zudüngung von Schlamm und Kunstdünger.

Diese Versuche, die von klimatischen Verhältnissen der in der Gestalt von Regen vorhandenen natürlichen Feuchtigkeit und der Sonnenbestrahlung abhängig sind, können selbstverständlich erst nach

mehreren Vegetationsperioden zu einwandfreien, auswertbaren Ergebnissen führen.

Zweck dieser Versuche ist, festzustellen, mit welcher optimalen Wassergabe der größte landwirtschaftliche Nutzeffekt erzielt wird, ausgehend von der Erfahrung, daß eine Verdoppelung der Wassergabe auf der gleichen Anbaufläche keineswegs eine Verdoppelung des landwirtschaftlichen Ertrags erbringt.

Soviel ist aber bereits heute zu erkennen, daß der Wert des Schmutzwassers nicht nur in seinen wäg- und meßbaren Bestandteilen zu sehen ist. So hält z. B. die Befeuchtung eines Bodens mit Schmutzwasser länger an als die Befeuchtung mit klarem Wasser, was wahrscheinlich nur so zu verstehen ist, daß die in dem Schmutzwasser enthaltenen kolloidalen Substanzen das Wasser länger festzuhalten vermögen und an der Erdkrume ankleben, während das klare Wasser einfach durchsickert oder verdunstet.

Bislang sind nur wirtschaftliche Überlegungen bei den Städten ausschlaggebend gewesen für die Wahl dieser oder jener Form der Abwasserbeseitigung, und wenn mehr als doppelt soviel städtische Verwaltungen sich in der Vergangenheit für eine andere als die landwirtschaftliche Verwertung der Abwässer entschlossen haben, so aus dem Grunde, weil infolge für sie besonders günstiger Vorflutverhältnisse diese Verfahren billiger waren. Städte, die in der Vergangenheit das System der landwirtschaftlichen Verwertung gewählt haben, taten es sicher nicht, um auf diese Weise die Intensität der deutschen Landwirtschaft zu steigern, sondern weil für sie dies Verfahren umständlichen biologischen Reinigungen gegenüber das günstigere zu sein schien. Wenn heute volkswirtschaftliche Gesichtspunkte fordern, daß die Vergeudung wichtiger Werte in Form von Abfallstoffen vermieden wird, so muß selbstverständlich im Interesse dieses übergeordneten Gedankens ein Verfahren gefunden werden, aus dem den Städten keine Verteuerung ihrer Abwasserbeseitigung erwächst.

Gemeinden, die über größeren eigenen Landbesitz verfügen, werden selbst leicht errechnen können, ob sie durch den vermehrten Erntertrag bei der landwirtschaftlichen Verwertung des Abwassers ihre zusätzlichen Kosten verzinsen und amortisieren können. Gemeinden, die über eigene Landflächen nicht verfügen, sollen auf Anregung des Gemeindetages mit den angrenzenden Bauernschaften Abmachungen über die Wasserabnahme treffen.

Ein nettes Musterbeispiel für die Wasserunterbringung auf nicht eigenem Gelände bietet der Vertrag zwischen der Stadt Leipzig und der Abwassergenossenschaft im Kreise Delitzsch. Die Stadt Leipzig pumpt einen Teil ihres Abwassers in den Bereich dieser Abwassergenossen-

schaft auf einen hohen Punkt, von dem aus das Wasser im freien Gefälle in offenen Gräben den einzelnen Genossen zugeführt wird. Das Verfahren weicht im Falle Delitzsch von den in Berlin und Breslau geübten dadurch ab, daß bei weitem nicht alle Parzellen der Landwirte mit Wasser beschickt werden, sondern jedes Mitglied der Genossenschaft erhält nur einen bestimmten Anteil Wasser, der ausreicht, einen Teil seiner Felder zusätzlich zu bewässern und zu düngen. Welchen Schlägen er sein Wasser zuführen will, bleibt ihm überlassen.

Es ist bereits viel darüber geschrieben und gesprochen worden, ob das Delitzscher oder das Berliner System das richtige wäre. Durch welche Form der Wasserzuteilung und des Einsatzes im landwirtschaftlichen Betrieb der beste landwirtschaftliche Nutzeffekt erzielt wird, läßt sich nur ermitteln, wenn feststeht, welche Fruchtart als Endergebnis erzielt werden soll. Natürlich werden alle landwirtschaftlichen Anbauprodukte durch zusätzliche Wasser- und Dünggaben einen Mehrertrag erbringen. Dabei gibt es Fruchtarten, die bei wenig Wasser ihren Ertrag vervielfachen, während andere mit einem großen Wasserbedarf erst bei größeren Wassergaben eine entsprechend gesteigerte Ernte ergeben.

Gras, Rüben und Kohlarten verbrauchen viel Wasser; Kartoffeln, andere Gemüse und Getreidearten sind schon für wenig Wasser dankbar. Dabei ist aber zu berücksichtigen, daß Gras, vor allen Dingen schnellwachsendes Rieselgras, infolge besten Stickstoffumsatzes eine Steigerung der pflanzlichen Eiweißproduktion erbringt, die bei der Knappheit eiweißhaltiger Futtermittel als volkswirtschaftlich besonders wertvoll angesehen werden muß.

Technik der landwirtschaftlichen Verwertung

Die Art, in der das Wasser auf die Felder aufgebracht wird, ist verschieden, je nach der Fruchtart, nach den zur Verfügung stehenden Wassermengen und nach der Geländebeschaffenheit. Bei planebenem Gelände und genügend vorhandenem Wasser wählt man Stauberieselung. Dabei muß die Parzelle von einem Wall eingeschlossen sein, dessen Höhe der beabsichtigten Stauhöhe des Wassers entspricht.

Bei Wassergaben während der Wachstumsperiode wird durch Furchenberieselung eine Wurzelbewässerung ohne Verschmutzung der Pflanzen erreicht. Bei Feldstücken, die am Hang liegen, läßt man das Wasser über die Flächen laufen, wobei die Versickerung durch Querfurchen, die das Wasser zurückhalten, gefördert werden kann. Bei der Anwendung dieses Verfahrens ist jedoch darauf zu achten, daß am unteren Ende des Schrages nichtversickertes Wasser nicht ungeklärt in die Vorflut oder auf andere Feldstücke gelangen kann.

Eine neuzeitliche und für den Pflanzenwuchs bei sparsamstem Wasserverbrauch besonders wirksame Form der Wassergabe ist die

Verregnung mit schwenkbarem Wassergeber oder eigens dazu konstruierten Regenapparaten mit vielen Wasserauslässen. Beregnung wird gern zu Gras während der Wachstumszeit als zusätzliche Wassergabe angewendet, wenn auch nicht übersehen werden darf, daß über die Verregnung von Schmutzwasser wegen der damit verbundenen Beschmutzung der Pflanzen und stärkeren Geruchsbelästigung der Nachbarschaft noch sehr verschiedene Meinungen unter den Fachleuten bestehen. Bei der Beregnung ist weiter zu beachten, daß in den weitaus meisten Fällen zusätzliche Einschaltung von Kraft erforderlich ist, um das Wasser unter Druck austreten zu lassen, was selbstverständlich häufig eine die Wirtschaftlichkeit gefährdende Kosten-erhöhung bedingt.

Einwände gegen die landwirtschaftliche Abwassernutzung

Einer der Haupteinwände, der gegen die weitere Einrichtung von Schmutzwasserverrieselung oder -beregnung in der Nähe von Wohnsiedlungen vorgebracht wird, ist die Behauptung, daß dem Städter die Beleidigung seiner Nase durch den dem Schmutzwasser anhaftenden unangenehmen Geruch nicht zugemutet werden dürfe.

Selbstverständlich muß bei der Anlage von Feldern, die mit Schmutzwasser beschickt werden sollen, nach Möglichkeit die Nähe bewohnter Gegenden vermieden werden. Im übrigen dürfte zu diesem Fragenkomplex darauf hinzuweisen sein, daß ein frisch mit Stallmist oder Stalljauche befahrenes Ackerfeld auch nicht gerade nach Rosen duftet. Der Städtebauer wird bei Aufstellung seiner Pläne nach Möglichkeit darauf Rücksicht zu nehmen haben, daß die Stadterweiterung durch einen vorgelagerten Rieselfeldgürtel nicht unmöglich oder infolge notwendig werdender Rieselfeldverlegung unnötig teuer gemacht wird.

Ein anderer Einwand, der sehr häufig dem Rieselfeldbetrieb das Leben schwer gemacht hat, ist der, daß mit Schmutzwasser gezogenes Gemüse ernährungstechnisch nicht vollwertig und gesundheitlich gar schädlich sei. Den mit Rieselgras gefütterten Kühen hat man nachzusagen versucht, daß sie der Gefahr des Finnenbefalls besonders ausgesetzt wären. Die zuständigen Gesundheitsbehörden haben diese Einwände längst entkräftet; denn an und für sich besteht pflanzenbiologisch kein Unterschied, ob eine Pflanze mit Stallmist oder mit auf seinen langen Wegen bis zum Feld fast ausgegorenem Schmutzwasser gedüngt wird. Die Tatsache der Schnellwüchsigkeit auf den Rieselfeldern führt dabei zu einer Eiweißanreicherung in den Pflanzen, während unverdauliche Zellulose weniger erzeugt wird. Dem ausgewachsenen Rieselgras kommt der Nährwert der Frischgrassprossen der normalen Wiesenwirtschaft zu. Die Gemüsearten von Rieselfeldern lassen sich schneller garkochen und sind zarter in der Struktur.

Die Behauptung, daß auf mit Schmutzwasser gedüngten Feldern gewachsenes Gemüse in rohem Zustand oder beim Kochen einen unangenehmen Geruch ausströme, ist durch Versuche widerlegt, chemisch undenkbar und deshalb in das Gebiet der Märchen zu verweisen.

Volkswirtschaftliche Bedeutung der Rieselfelder

Da das Rieselfeldgras einen anormal hohen Eiweißgehalt (bis zu 42 % in der Trockensubstanz) hat, ist es unmöglich, es wie anderes Gras an der Luft zu trocknen. Es wäre aber denkbar, daß durch Trocknung in besonders dazu konstruierten Trockeneinrichtungen ein haltbares, hochwertiges Kraftfutter erzielt werden könnte, das die Devisen kostende Einfuhr ausländischer Kraftfutterstoffe sehr stark verringern würde. Vorversuche auf diesem Gebiet haben zu durchaus befriedigenden Ergebnissen geführt.

Volkswirtschaftlich wichtig ist aber allein schon der Umstand, daß mit Hilfe von Rieselwasser in Gegenden, die infolge Fehlens natürlicher Wasservorräte wiesenarm sind, Viehhaltung in größerem Maße als bisher möglich gemacht wird. Dabei sei nur nebenbei darauf hingewiesen, daß die so vermehrte Viehhaltung eine vermehrte Stallmistproduktion und damit eine weitere Intensivierungsmöglichkeit der Landwirtschaft in diesen Gebieten bewirken kann.

Es wird im Rahmen dieser kurzen Ausführungen bewußt vermieden, mit irgendwelchen Zahlen Beweise zu führen, da zur Erlangung genauer Werte die erforderlichen Unterlagen noch nicht zur Verfügung stehen, so daß jeder mit ungenauen Zahlengrößen aufgemachten Rechnung in gewissem Umfange der Charakter einer Milchmädchenrechnung anhaften müßte. Es sei jedoch darauf hingewiesen, daß die Graserzeugung bei den Rieselflächen in der Nähe der Reichshauptstadt es allein ermöglicht, daß mitten in Berlin einige hundert Kuhställe unterhalten werden können, die die Versorgung mit Frischmilch in erster Linie für Kranke und Säuglinge in dieser Viermillionenstadt übernehmen.

Vorklärung

Um eine Schädigung der mit Abwasser beschickten Felder zu vermeiden, hat es sich als erforderlich erwiesen, das Abwasser vor der landwirtschaftlichen Nutzung vorzuklären. Die Vorklärung besteht darin, mitgeführte Fette und einen Teil der im Wasser schwebenden, aufgeschwemmten Stoffe aus dem Wasser abzutrennen. Ohne diese Vorklärung tritt eine Verschmierung und Verstopfung der oberflächlichen Ackerkrume ein, die dem Boden die Atmung erschwert, ja unmöglich machen kann.

Diese Vorklärung erfolgte ursprünglich meist in kleinen Absitzbecken am Austrittsende der Druckrohrleitungen. Wenn das Wasser

$1\frac{1}{2}$ bis $1\frac{1}{2}$ Stunden in diesen meistens als einfache Erdbecken hergestellten Absitzräumen steht, scheiden sich alle schweren Stoffe am Boden der Becken ab, und das darüberstehende Wasser kann weiterverwendet werden.

Solche Erdbecken müssen von Zeit zu Zeit von ihrem Bodensatz befreit werden. Da der größte Teil der abgesetzten Stoffe organischer Natur ist, setzt sich in ihm der in den Druckrohrleitungen meistens schon begonnene Fäulnisprozeß fort. Die auf Haufen gebrachten Rückstände der Absitzbecken faulen je nach Witterung in kürzerer oder längerer Zeit ganz aus und ergeben dann einen geruchlosen Rückstand, der besonders infolge der in ihm enthaltenen humosen Stoffe noch einen hohen Düngewert besitzt. Solche Absitzeinrichtungen ergeben, besonders wenn mit den in ihnen anfallenden Absetzungen hantiert werden muß, sehr unangenehme Geruchsbelästigungen. Deshalb ist man in der Nähe größerer Städte bald auf den Gedanken gekommen, die Abtrennung des Schlammes und seine Ausfäulung in geschlossenen Räumen stattfinden zu lassen. So entstanden Vorkläranlagen, die, um die in ihnen investierten Kosten voll ausnutzen zu können, durch Zusammenlegung mehrerer Druckrohre größeren Umfang annahmen und damit den Charakter zentraler Vorkläranlagen gewannen.

Nach Abtrennung gröberer Körper durch siebähnliche Einrichtungen durchströmt das Wasser in solchen größeren Vorkläranlagen zunächst Becken zur Abscheidung des noch mitgeführten Sandes, um dann in größeren Absitzbecken schließlich die Schweb- und Schwimmstoffe abzugeben. Es sind eine Reihe von verschiedenen Beckenformen und Absitzverfahren entwickelt worden, auf die hier nicht näher eingegangen werden kann. Bei solchen Vorkläreinrichtungen besteht meistens auch die Möglichkeit, aus dem sich abscheidenden Schwamm- und Schlamm Fett zu gewinnen.

Methangewinnung

Der abgetrennte Schlamm wird in sogenannten Faulkammern, die Gerüche nicht nach außen dringen lassen, ausgefäult. Diese Schlamm- und Faulung, die häufig durch Beheizung der Faulräume beschleunigt wird, dauert bis zu zwei Monaten. Das Endergebnis ist ein völlig geruchloser, tiefschwarzer Rückstand, der, an der Luft getrocknet, einen hochwertigen Gartendünger ergibt. Vielerorts wird der Düngewert dieses ausgefäulten Schlammes noch durch Zusatz von Torf oder anderen Substanzen gesteigert. So erzeugte Düngerstoffe werden unter Sonderbezeichnungen sackweise in den Handel gebracht.

Bei dem Faulprozeß in den Faulräumen entstehen große Mengen Sumpfgas, verunreinigt durch Schwefelwasserstoff und Kohlenoxyde. Das Gas läßt sich mit verhältnismäßig einfachen Mitteln reinigen und ergibt dann einen hochwertigen Kraftstoff: Methan.

In den Berliner Vorkläranlagen entstehen täglich pro Kopf der angeschlossenen Bevölkerung 28 l Methan; das sind so beachtliche Mengen, daß man mit ihnen schon etwas anfangen kann.

Selbstverständlich hat man auch früher das so gewonnene Kraftgas zur Beheizung der technischen Einrichtungen der Abwasseranlagen und zur Erzeugung von in diesen Anlagen benötigter Energie verwertet. In manchen Städten ist das Methan der Leucht- und Kochgasversorgungsleitung zugeführt worden. Da das Methan einen höheren Wärmewert besitzt als normales Leuchtgas, bedeutete ein derartiger Zusatz eine Verbesserung der Gasversorgung. Leider sind aber viele Vorkläranlagen so weit von menschlichen Siedlungen entfernt, daß es nicht lohnte, besondere Gasleitungen zur Übernahme des Methan in das allgemeine Versorgungsnetz zu bauen. In solchen Fällen wurde der Überschuß meistens einfach in die Luft gejagt und verbrannt.

Bei den heutigen wirtschaftlichen Verhältnissen verlohnt es sich durchaus, Überlegungen über eine nutzbringende Verwertung dieses Methans anzustellen; ja es dürfte sogar in vielen Fällen zu vertreten sein, die noch vorhandenen offenen Absitzbecken zu zentralen Vorkläranlagen zusammenzufassen, um nichts von den für unsere Wirtschaft so dringend benötigten Rohstoffen zu verlieren.

So hat sich im Laufe von etwas mehr als einem halben Jahrhundert die Abwasserfrage grundlegend umgestaltet. Ursprünglich ein unangenehmer Abfallstoff, der so schnell und billig wie möglich zu beseitigen war, ist das Abwasser heute zu einem Wertstoff geworden, der durchaus in der Lage ist, in unserer neuzeitlichen Wirtschaft eine Rolle zu spielen.

Bildquellen

Bild 1 u. 2 nach Vorlagen im Deutschen Museum; Bild 3, 4, 5, 7, 9, 10 nach Vorlagen der Berliner Tiefbauverwaltung, Stadtentwässerung; Bild 6 u. 8 Archiv Verein deutscher Ingenieure; Bild 11 Bayernwerk A.-G., München.

Das Deutsche Museum im Jahre 1937/38

Das Deutsche Museum ist immer bestrebt gewesen, nicht eine tote Sammlung von Reliquien sondern eine Bildungsstätte zu sein, die möglichst vielen Besuchern wertvolles Wissen vermitteln will. Kennzeichen für die Lebensnähe und für die Lebenskraft dieses großen Organismus sind sein Wachstum und die Änderungen, die ständig in seinen verschiedenen Teilen vor sich gehen. Denn der Ausbau der Sammlungen erfolgt planmäßig und in enger Fühlungnahme mit der technischen Praxis, so daß das Museum auf der einen Seite zwar einem Gemälde von der Technik der Vergangenheit gleicht, auf der anderen aber einem Spiegel, in dem man das ständig wechselnde Bild der lebendigen Technik betrachten kann. Eine Besucherzahl, wie sie kein anderes Museum in Deutschland auch nur annähernd erreicht, beweist, daß man auf dem rechten Wege ist.

Die Jahresversammlung führt am 7. Mai jeden Jahres alle Mitarbeiter und Förderer des Museums zusammen und bietet deshalb Gelegenheit zur Rechenschaftsablegung über das vergangene Jahr wie zur Besprechung neuer Pläne. Zwischen den Jahresversammlungen 1937 und 1938 ist besonders viel gearbeitet worden.

Der Führer selbst hatte angeregt, für die Abteilung Kraftfahrtechnik einen würdigen, der heutigen Bedeutung dieser Industrie entsprechenden Neubau zu errichten. Dieser Erweiterungsbau wurde bei der vorjährigen Versammlung dem Museum übergeben und ist jetzt, nachdem er in fruchtbarer Zusammenarbeit von Wissenschaftlern, Ingenieuren und Industrie durch Professor Kamm von der Technischen Hochschule Stuttgart eingerichtet worden ist, auch den Besuchern zugänglich. Man erhält in ihm ein ausgezeichnetes Bild der Entwicklung von den ersten bescheidenen Anfängen bis zu unseren siegreichen Rennwagen von heute; alle wesentlichen Konstruktionen sind vertreten, Teile, zahlreiche Modelle und in langen Reihen vollständige Wagen. Die deutsche Kraftwagen- und Kraftradindustrie hat sich hier ein schönes Denkmal gesetzt. Die Büsten von Daimler, Maybach, Benz und Bosch erinnern daran, wem sie ihre Entstehung und ihre führende Stellung verdankt.

So wie draußen Kraftwagen und Straße zusammengehören, so gehören sie auch im Museum zusammen. Zwischen dem Neubau und dem alten Sammlungsbau liegen zwei unter Mitwirkung des Generalinspektors für das deutsche Straßenwesen, Professor Dr.-Ing. Todt, neu ausgebaute Säle, die einen Einblick in die Entwicklung der Straßenbautechnik und in das gewaltige Werk der deutschen Reichsautobahnen gewähren. Durch den Bau der Kraftwagenabteilung war die Neueinrichtung der Abteilungen für Tunnelbau und Bergbahnen notwendig geworden und jetzt wird auch die Sammlung für Brückenbau umgebaut.

Die großen Sammlungen der Abteilung Schiffbau sind durch eine wertvolle Schenkung bereichert worden; Generaladmiral Dr. Raeder überließ dem Deutschen Museum vier schöne Modelle der neuesten Kriegsschiffe unserer Marine. Die flugtechnische Sammlung hat neben anderen wertvollen Geschenken ein freifliegendes Modell des Hubschraubers von Professor Focke erhalten, so daß es auch auf diesem Gebiet keine Lücke, keine Rückständigkeit, zwischen dem Stand der Technik und dem Stand des Deutschen Museums gibt.

Für eine völlige Neugestaltung der elektrotechnischen Abteilung haben Elektrowirtschaft und Elektroindustrie sehr erhebliche Mittel gestiftet, und sie haben darüber hinaus die Erfahrungen ihrer Fachleute zur Verfügung gestellt. Die Planung und Einrichtung selbst haben Dipl.-Ing. Rudolf v. Müller und Professor Schwaiger von der Technischen Hochschule München freundlichst übernommen. Das Modell dieser Neugestaltung läßt erkennen, daß sie allein schon wegen der vorbildlichen museumstechnischen Arbeit sehenswert ist. Ähnlich wie die Vereinigungen der Elektrotechniker hat auch der Deutsche Verein von Gas- und Wasserfachmännern sich entschlossen, seine Fachgebiete im Museum neu zu gestalten.

Es sei hier noch darauf hingewiesen, daß trotz der vielen Neuzugänge peinlich vermieden wird, das Museum etwa den Charakter einer Rumpelkammer annehmen zu lassen, und den Besucher durch Doppelstücke und Nebensächlichkeiten unnötig zu ermüden; den Neuzugängen entsprechen in der Regel auch Abgänge weniger wichtiger Stücke in das Magazin.

Für die Neubauten hatte der Verein Deutscher Tafelglashütten in dankenswerter Weise das Glas gestiftet, und hat auch die Mittel für die Konzertorgel in der Festhalle zur Verfügung gestellt. Die Musikhalle ist umgestaltet worden.

Notwendig ist jetzt noch der vollständige Umbau der Abteilung Photographie und Reproduktionstechnik.

Augenblicklich werden Pläne für die Einrichtung der oberen Räume des Hallen- und des Verbindungsbaues ausgearbeitet. Hier sollen außer Teilen der physikalischen Sammlung die neue Abteilung Fernsehen untergebracht werden. Das Deutsche Museum hatte seit Jahren Sonderschauen über den Stand bestimmter Fachgebiete veranstaltet, von denen die letzte, der Fernsehtechnik gewidmete, seit einem Jahr mit großem Erfolg gezeigt wird. Den größten Teil der wertvollen Stücke hat nun die Reichspost als Grundstock für die neue Abteilung gestiftet, aber auch die Industrie und einzelne Erfinder haben wichtige Gegenstände beige-steuert, darunter allein sieben Fernsehempfänger. Die Reichspost hat eine Fernseh-Sprechzelle aufgestellt, die mit Nürnberg, Leipzig und Berlin verbunden werden wird.

Die Freunde des Museums haben auch seine Bibliothek bedacht und Bücher im Werte von fast 100 000 RM geschenkt. Auch damit beweisen sie, welchen Wert sie dem Deutschen Museum und seinen Aufgaben beimessen.

Die Arbeit des Museums beschränkt sich keineswegs nur auf die Sammlungen, die dem Besucher durch Führungen, wie z. B. für die 3000 Gruppen von Schulen,

Wehrmacht, der „Kraft durch Freude“-Gemeinschaft oder Betriebsbelegschaften besonders nutzbar gemacht werden, sondern es werden auch durch Museumsbeamte und Mitarbeiter Vorträge gehalten und Filme vorgeführt. Dazu kamen im letzten Winter 11 Sondervorträge hervorragender Gelehrter im Festsaal, die von durchschnittlich 1000 Hörern besucht waren.

Bei der Jahresversammlung wurde die erfreuliche Tatsache mitgeteilt, daß die Besucherzahl im letzten Jahr wieder gestiegen ist und mit 541 000 um 60 000 höher ist als die des Jahres 1935/36; die Bibliothek ist von mehr als 160 000 Besuchern benutzt worden. Die Einrichtung der Reisestipendien ist so wichtig, daß sie noch weiter ausgebaut werden müßte. Im letzten Jahr waren es 500 begabte junge Leute, Schüler, Studenten, Lehrlinge und Facharbeiter, denen so die Möglichkeit zu einem fünftägigen Aufenthalt in München zum gründlichen Studium des Deutschen Museums gegeben wurde; jeder Stipendiat erhält außer den Reisekosten 60 RM. Es ist sehr zu begrüßen, daß auch die Industrie sich immer mehr an diesen Stiftungen beteiligt.

Dipl.-Ing. Otto Mahr

Weg und Werden des Papiers

Von *Armin Renker*, Zerkall über Düren (Rhld.)*)

Die tausendjährige Wanderung der Papiermacherei

Wenn wir die Entwicklung der Schrift und der Schreibstoffe verfolgen, stoßen wir immer wieder auf die Tatsache, daß die Gegebenheit der Fläche die weitere Ausgestaltung der Schrift nach sich gezogen hat. Bei den Völkern der Urzeit wurden die Gedanken reif, sie drängten zur Gestaltung, zur Niederlegung. Diese Möglichkeit bestand aber erst dann, wenn eine Fläche vorhanden war, eine waagerechte oder geneigte Fläche mit einem Untergrund, geeignet zur Aufnahme von Behau oder Beschriftung.

Der Wunsch, die Gedanken und Eindrücke, ob Bild oder Schrift, nicht allein an bestimmter Stelle festzulegen, sondern beweglich zu gestalten, daß man sie versenden oder mit sich führen und an entfernter Stelle anderen übermitteln konnte, führte im Verlaufe der Entwicklung dazu, Tonklumpen zu verwenden, später Tontafeln, in deren feuchte Fläche die Schrift mit einem Griffel eingegraben wurde und die dann an der Sonne getrocknet und im Feuer gebrannt wurden. Ob auch pflanzliche Stoffe in dieser Frühzeit, viele Jahrtausende vor unserer Zeitrechnung, verwendet wurden, wissen wir nicht, weil ihr Gefüge die Zeit nicht überdauert hat.

Ohne Frage hat aber der Gedanke, eine Schreibfläche, wie sie etwa die glatte Rinde der Bäume bot, nachzuahmen, die Ägypter schon früh auf die Herstellung von Papyrus gewiesen. Dieser Beschreibstoff, der früheste, der mit unserem Papier eine gewisse Ähnlichkeit besitzt, soll bereits um 3500 vor unserer Zeitrechnung angewendet worden sein. Die Stengel der gleichnamigen, im tropischen Afrika heimischen Sumpfpflanze, die bis zu 5 m hoch werden, dienten der Bereitung des Papyrus. Ihr Mark wurde in möglichst lange, sehr dünne Streifen geschnitten, die nebeneinander gelegt wurden. Darüber wurde, um die Verbindung zu erreichen, eine zweite Schicht quer zu der ersten gelegt, worauf die

*) Der Verfasser ist Papierfabrikant, Inhaber der Papierfabrik Zerkall Renker & Söhne bei Düren im Rheinland und Obmann des Unterausschusses für Papiergeschichte und Wasserzeichenkunde des Vereins der Zellstoff- und Papier-Chemiker und -Ingenieure. Aus seinem Forschungsgebiet hat er u. a. folgende Bücher veröffentlicht:
Über das Papier, Berliner bibliophile Abhandlungen, Berlin 1930;
Das Buch vom Papier, Insel-Verlag, Leipzig 1934, neue Auflage 1936;
Papiermacher und Drucker, Kleiner Druck der Gutenberg-Gesellschaft, Mainz 1934;
Papier und Druck im Fernen Osten, Kleiner Druck der Gutenberg-Gesellschaft, Mainz 1936.

Lagen gepreßt, mit einem Hammer geschlagen und geglättet wurden. So entstand ein Blatt von hellgelber Färbung, dünn, geschmeidig und dauerhaft, eine Art dünnes Holz furnier. Die kleinen Bogen, die auf solche Weise mit dem eigenen Pflanzensaft geklebt worden waren, konnten zunächst nicht im Sinne des heutigen Papiers zur Buchherstellung verwendet werden. Wollte man umfangreichere Schriftstücke niederlegen und bewahren, so mußten mehrere Blätter aneinandergesetzt, mit Leinwand verstärkt und auf Stäbe gerollt werden. Das Altertum zeigt freilich auch, etwa seit dem 2. Jahrhundert unserer Zeitrechnung, den Papyrus in der Form des Kodex, also unseres heutigen Buches, offenbar aus Gründen der Raumersparnis eingeführt, weil auch die Rückseite der Blätter beschrieben werden konnte.

Man kannte im Abendlande noch einen weiteren Stoff, der von hervorragender Eignung für den Schreiber und Maler war. Das Pergament, das in Ägypten schon in der Mitte des 2. Jahrtausends vor unserer Zeitrechnung verwendet wurde, ist ein sozusagen fertiger Beschreibstoff von so gleichmäßiger und geschlossener Oberfläche, wie es nur ein mit einem Lebewesen entstandener Stoff sein kann. Kalbs-, Ziegen-, Schaf- und Eselshäute gelangten zur Verarbeitung, sie wurden aber nicht gegerbt wie bei der Lederherstellung, sondern nur mit Kalk gebeizt, geschabt und geschliffen. Auch heute wird Schreibpergament noch hergestellt, seine Verwendung ist aber infolge des hohen Geheupreises beschränkt. Schon im Mittelalter waren Schwierigkeiten solcher Art aufgetreten, und man hatte auf einen Ersatz gesonnen, der ähnliche Dienste zu leisten imstande und doch in seiner Bereitung wesentlich billiger war.

Im Gebiete des Mittelmeeres war um die Wende des Jahres 1000 unserer Zeitrechnung ein Beschreibstoff aus dem Fernen Osten aufgetaucht, der dem Pergament so ähnlich sah, daß man ihn unter der Bezeichnung „pergamena graeca“ in die nordischen Länder einfuhrte. Der grundlegende Unterschied dieses neuen Stoffes gegenüber dem Papyrus und dem Pergament, diesen Werkstoffen aus der unmittelbaren pflanzlichen und tierischen Substanz, bestand darin, daß das Papier von vornherein und bis auf den heutigen Tag aus zerlegten Faserstoffen pflanzlicher Art hergestellt wird und auf dem Grundsatz der Verfilzung beruht. Es sind also Vorgänge, die sich sehr eng an solche bei der Herstellung gewisser Textilien anschließen. In der Tat berühren sich diese Gebiete in ihren Anfängen, daß es den Anschein hat, als seien beide aus der gleichen Quelle hervorgegangen. Die neueste Forschung über die Ursprünge des Papiers, die freilich noch nicht abgeschlossen ist, nimmt an, daß die Entstehung unseres Werkstoffes schon zu einer sehr viel früheren Zeit erfolgt ist, als man bisher glaubte. Man weist den Turkstämmen an der Westgrenze des chine-

sischen Reiches eine bedeutende Rolle zu, wobei die uralte Kunst der Filzbereitung, einer Fertigkeit, die der des Webens zeitlich weit vorausgeht, von Einfluß gewesen zu sein scheint.

Wenn auch die frühesten Mittel zur Verständigung im Fernen Osten in der Knotenschrift, in Bambustafeln und Holzstücken bestanden, so gelangte man doch schon im dritten Jahrhundert vor unserer Zeitrechnung dazu, reine Seide als Beschreibstoff zu benutzen, auf die mit einem Pinsel die Schriftzüge in Tusche aufgetragen wurden. Die bei der Verarbeitung der Seide entstehenden wertvollen Abfälle waren zunächst nutzlos. Man sann also darauf, sie wieder brauchbar zu machen und kam darauf, sie durch Einweichen und Schlagen in Wasser in ihre Faserbestandteile zu zerlegen. Die Schwierigkeit bestand allerdings darin, die Fasern wieder so ineinanderzufügen, daß ein neuer Werkstoff entstehen konnte. Hier liegen die Ursprünge und Berührungspunkte der verfilzten Textilfaser und des Papiers, das eine von der Wolle, also einem tierischen Rohstoff, das andere von der pflanzlichen Substanz ausgehend, nachdem sich herausgestellt hatte, daß das aus der Seidenfaser bestehende Produkt kein einwandfreies Erzeugnis ergab.

Die Fasermasse — auf die ungeeignete Seide folgten Baumrinde, Bastfaser, Hanf u. a. m. — wurde gereinigt, eingedickt und über ein aus grober Leinwand bestehendes Geflecht gegossen, das in primitiver Form in einen Bambusrahmen vernäht war. Auf dieser Unterlage lagerte der Stoff ab, er trocknete und bildete eine Art Blatt. In diesem Vorgang verkörpert sich einer der frühen Versuche der Menschheit, einen Stoff wiederzugewinnen und in anderer Form einem neuen Verwendungszweck zu erschließen. Es liegt hier aber auch zugleich eines der bedeutendsten Ziele der Menschheit beschlossen: die Umsetzung des Gedankens, des Wortes in die Schrift durch die endgültige Schaffung eines zur Aufnahme geeigneten Trägers. Die immer weiterschreitende Ausgestaltung des technischen Gedankens führt den einmal begonnenen geistigen Vorgang langsam weiter. Wollte man das aufgegosene Fasergut jedesmal auf seiner feuchten Unterlage trocknen lassen, so wäre es nicht möglich gewesen, eine größere Anzahl von verfilzten Blättern herzustellen. Überdies war es begreiflicherweise unmöglich, ein einigermaßen gleichmäßiges und dünnes Erzeugnis herzustellen. Statt des Geflechtes verwendete man feine Bambusstäbe, die nebeneinander gelegt und durch Querfäden gehalten, die Unterlage bildeten, die mit einem hölzernen Rahmen in eine Bütte eingetaucht wurde, in der sich die Fasermilch befand. Durch das Herausheben dieser „Schöpfform“ konnten sich die Fasern auf dem Bambusgeflecht lagern und miteinander verfilzen, während das überschüssige Wasser nach unten abfloß.

Die chinesische Geschichte nennt uns den Erfinder des Papiers und den Zeitpunkt, zu dem er es erfand. Im Jahre 105 unserer Zeitrechnung

berichtete der Hofbeamte *Ts'ai Lun*, dessen genaue Schicksale und Lebensumstände auf uns überkommen sind, dem Kaiser des Reiches der Mitte seine Erfindung, die angeblich darin bestand, statt der vorher verwendeten Seide die schon genannten pflanzlichen Stoffe zur Papierherstellung erprobt zu haben. So sehr es auch reizt, in *Ts'ai Lun* einen der größten Erfinder der Menschheit zu erblicken, es unterliegt doch keinem Zweifel, daß ein Werkstoff wie das Papier nicht von einem einzelnen Menschen erfunden wurde, sondern vielmehr das Ergebnis jahrhundertelanger Versuche und Erfahrungen ist. *Ts'ai Lun* ist offenbar ein entscheidender Zwischenträger auf diesem Wege.

Es gelang den Chinesen viele Jahrhunderte hindurch, das streng gehütete Geheimnis der Papiermacherei zu wahren. Erst im Jahre 610 unserer Zeitrechnung erhielten die Japaner die erste Kenntnis vom Papier. Bedeutungsvoller für unsere Kultur ist der Weg, den das Papier in den Westen nahm. Im Jahre 751 griffen die Chinesen die mohammedanischen Araber in Transoxanien, dem heutigen Turkestan, an, wo sie entscheidend geschlagen wurden. Unter den Kriegsgefangenen, die die Araber nach Samarkand brachten, befanden sich einige chinesische Papiermacher, die von den Siegern zur Ausübung ihres Handwerks veranlaßt wurden. Neunzehn Jahre, nachdem *Karl Martell* die maurische Kultur aus Poitiers vertrieben hatte, war das Papier aus dem chinesischen Kulturbereich in jenes Weltreich der Mauren gelangt, dessen Gebiet sich vom östlichen Turkestan bis nach Marokko und ins südliche Spanien erstreckte. Die Araber brachten die Technik der Papierherstellung in kurzer Zeit auf eine wesentlich höhere Stufe, als es den Chinesen möglich gewesen war. An Stelle der Rinde des Maulbeerbaums wurden nun die Fasern von Leinen und Hanf als Rohstoffe verwendet, und damit ergab sich zum erstenmal der Begriff der Papiermühle, also des Zerkleinerns der Fasern unter Zusatz von Wasser mit Hilfe von Mahlsteinen, denen später Stampfwerke folgten. Von dieser Zeit an gehört die Papiermacherei bis zur Einführung der Papiermaschine begriffsmäßig unter die Mühlenwerke, ähnlich also, wie die Schwerindustrie aus den Hammerwerken hervorgegangen ist. Da dem maurischen Kulturkreise die Bambusfäden zur Herstellung des Schöpfesiebels nicht zur Verfügung standen, mußte man zwangsläufig auf einen anderen Stoff übergehen, dünne Drähte aus Kupfer, die ebenfalls nebeneinander gelegt und mit Querdrähten verflochten wurden.

Wenige Jahrzehnte nach der Einführung des Papiers in Samarkand ist es schon in Bagdad festzustellen, wo 794 nach unserer Zeitrechnung der Sultan *Harun al Raschid* das Papier in seinen Kanzleien einführt. Die uralte Seidenstraße vom Osten nach dem Westen war auch der Weg, den das Papier genommen hat, doch es dauerte Jahrhunderte, bis es in den Bereich der christlichen Kultur gelangt war. Sechshundert Jahre hatte es gebraucht, um aus dem chinesischen in den arabischen

Bereich zu kommen, weitere sechshundert Jahre waren nötig, um es aus dem maurischen in den europäischen gelangen zu lassen, und noch einmal sechshundert Jahre, um es zu dem zu gestalten, was es heute ist.

Im südlichen Spanien unter maurischem Einfluß sind die ersten europäischen Papiere hergestellt worden. Im Jahre 1144 wird die Papiermacherei in einer Reisebeschreibung erwähnt. Xativa in der Nähe von Valencia war die erste Erzeugungsstätte, die uns bekannt ist. In Italien liegt die Einführung der Papierherstellung über hundert Jahre später, wenn wir die Jahreszahl 1276 als erste Erwähnung einer Papiermühle zu Fabriano in der Provinz Ancona in Betracht ziehen. Die dort vor über 660 Jahren entstandenen Mühlen haben die älteste Papiermachertradition Europas, denn noch heute ist Fabriano ein bedeutender Platz der Papiererzeugung. Frankreich scheint den Antrieb zur Papierherstellung von Spanien aus erhalten zu haben, wie überhaupt die Vermutung nahe liegt, daß die beiden Zweige der Herkunft, der zeitlich frühere über Spanien nach Frankreich, Holland, Westdeutschland und England und der andere über Italien in das südliche und östliche Deutschland und von dort in die östlichen Länder und in den Norden, sich bis an das Ende der Handpapierzeit mit verschiedenartigen handwerklichen Bräuchen nebeneinander erhalten haben. In Frankreich wird eine Papiermühle in der Gegend von Troyes im Jahre 1348 erwähnt.

Das Papier vermochte sich als Beschreibstoff nur sehr langsam durchzusetzen gegenüber dem Pergament und im Anfang auch gegenüber dem Papyrus, dessen Gebrauch seit dem zehnten Jahrhundert allmählich nachließ. Es bestand wohl zunächst ein allgemeines Mißtrauen wegen der offensichtlich geringeren Haltbarkeit des neuen Stoffes gegenüber dem Pergament. Befürchtungen solcher Art äußern verschiedene Herrscher und vor allem der Abt *Peter Venerabilis von Cluny*, der von Büchern, hergestellt aus „abgenutzter Leinwand oder womöglich noch schlechteren Stoffen“ spricht und sie den edlen Pergamenten gegenüberstellt. Ein weiterer Grund zum Verruf des Papiers lag offenbar in seiner jüdisch-arabischen Herkunft. Der Fanatismus der Christenheit, alles abzulehnen, was mit der maurischen Kultur in irgendeinem Zusammenhang stand, verbannte auch das Papier, dessen hohen Wert man erst viel später erkannte. Wenn auch die mannigfachen Vorurteile gegen den neuen Beschreibstoff noch bis zum Ende des 15. Jahrhunderts anhielten, so setzte er sich doch gegenüber dem Pergament endgültig durch, weil er wirtschaftlicher war.

Deutschland hat allem Anschein nach bereits zu Beginn des 14. Jahrhunderts Papiermühlen in der Gegend von Ravensburg besessen, doch läßt sich ein schlüssiger Beweis über ihr Vorhandensein nicht erbringen. Fest steht, daß der Nürnberger Patrizier und Ratsherr *Ulman Stromer* im Jahre 1390 die vor den Toren Nürnbergs befindliche „Gleis-

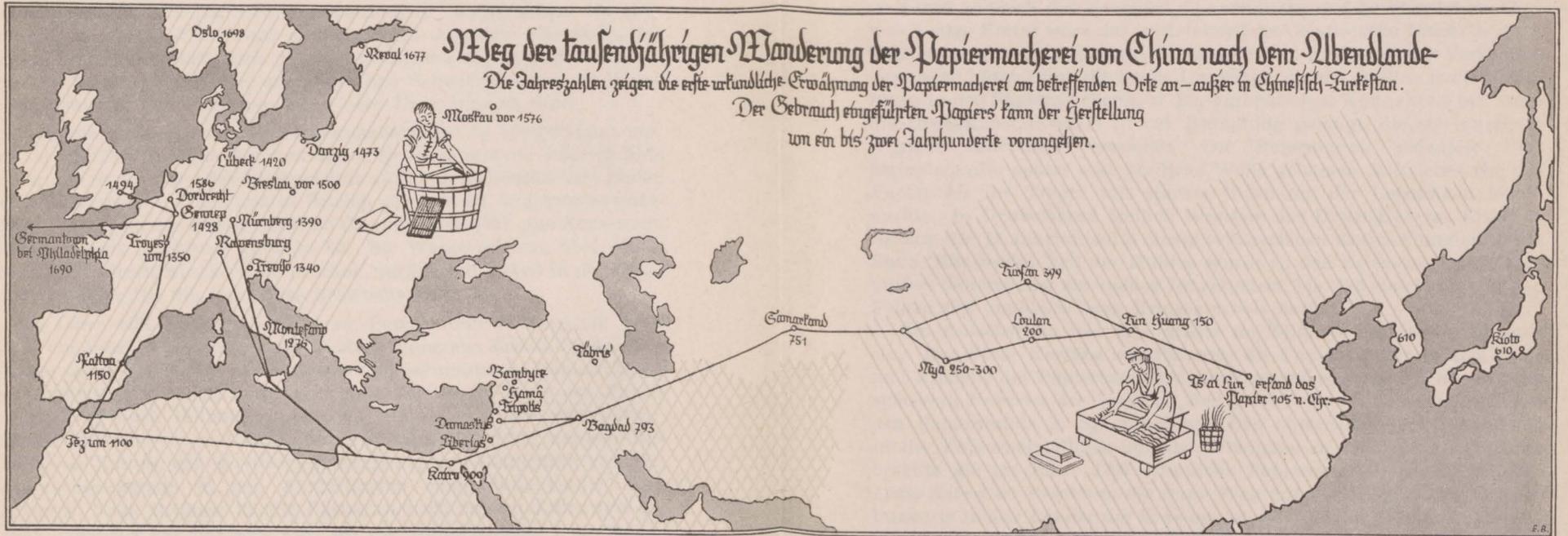
mühle“ als Papiermühle in Betrieb nahm. *Stromer* hatte als Kaufherr das Papier auf seinen zahlreichen Besuchen in Italien eingekauft und in Deutschland gehandelt, es war also naheliegend, wenn er auf den Gedanken kam, mit Hilfe von lombardischen Mühlgesellen die Herstellung im eignen Vaterlande aufzunehmen. Aus dem Tagebuch, das er uns hinterlassen hat, dem „Püchl von meim geslecht und von abentewr“, erfahren wir von den mannigfachen Schwierigkeiten, die dieser frühe deutsche Papiermacher bei seinem Unternehmen fand.

Langsam breitete sich die Papiermacherei in Deutschland aus. Im Jahre 1428 wurde die Konzession zur Errichtung einer Papiermühle in Gennep in der Nähe des Niederrheins auf heute holländischem Boden erteilt, die auch eine Zeitlang in Betrieb gewesen ist, wogegen es unbestimmt bleibt, ob die Papiermühle zu Chemnitz, die 1398 eine Konzession erhielt, jemals in Betrieb gewesen ist. Die Wasserzeichen, über die in einem besonderen Abschnitt gesprochen werden soll, geben in der Regel gute Hinweise für die Dauer des Bestehens einer Mühle.

Im Jahre 1494 finden wir die erste Papiermühle in England. Hier ist es ein Jahrhundert später ein Deutscher namens *Johann Spilman*, in Lindau geboren, der zum bekanntesten und berühmtesten Papiermacher der englischen Frühzeit wird. Um diese Zeit findet auch das Papier seinen Weg nach Holland, wo in den Jahren 1586 und 1592 Papiermühlen in Dordrecht und Arnheim als bestehend erwähnt werden. Das Edikt von Nantes, das so viele Papiermacher aus Frankreich vertrieb, verursachte gerade in den Niederlanden einen bedeutenden Aufschwung. Nach Böhmen ist die Papiermacherei im Jahre 1499 gelangt, offenbar von Sachsen aus, wo die Anfänge sehr früh liegen. Danzig tritt 1473 mit eigenen Papieren hervor, in Moskau wurde schon vor dem Jahre 1576 geschöpft, in Reval um 1697 und in Oslo 1698.

Die Urbewohner Mexikos, die Maya, hatten zwar schon vor der Entdeckung Amerikas einen papierähnlichen Stoff aus der Faser gewisser Bäume hergestellt und mit einem mineralischen Belag schreibfähig gemacht, doch nach Nordamerika gelangte die Kenntnis der Papiermacherei aus den europäischen Ländern erst zu Ende des 17. Jahrhunderts. Auch hier war es wieder ein Deutscher, der den Ruhm für sich in Anspruch nehmen darf, die Papiermacherei in die Neue Welt eingeführt zu haben. *Wilhelm Rittinghausen* war zu Mülheim an der Ruhr geboren; er kam im Alter von 34 Jahren im Jahre 1688 nach Pennsylvanien, wo er im Jahre 1690 in der Nähe von Philadelphia eine Papiermühle errichtete.

Es ist begreiflich, daß die Erfindung Gutenbergs einen starken Aufschwung in der Kunst des Papiermachens mit sich brachte. Der bis dahin dünn rinnende Quell des Wissens wurde sehr bald zu einem breiten Strom, der immer weitere Schichten und Kreise mit sich fort-



Bearbeitet nach Carter, "The Invention of Printing in China" New York 1925

Bild 1. Tausendjährige Wanderung
des Papiers

trug, und dem Papier war die ehrenvolle Aufgabe zuteil geworden, der Mittler zu sein, der Träger der Gedanken. Es war der Stoff, dessen ein jeder geistig Schaffende bedurfte, um seine Pläne und Ideen der Mitwelt und zugleich der Nachwelt zu vermitteln und zu überliefern. Auf welcher enge Kreise wäre das mittelalterliche Geistesleben beschränkt geblieben, wenn nur das teure Pergament den Druckern zur Verfügung gestanden hätte. Ohne die breite Unterlage, die die zeitlich frühere Einführung der Papiermacherei in den europäischen Kulturkreis bot, wäre die Druckkunst niemals zu der Bedeutung gelangt, die sie innerhalb weniger Jahrzehnte erreichte. Die Reformation bedeutete zwei Menschenalter später eine ähnliche Welle geistigen Auftriebes, der das Papier als ihr Träger mit starker Erhöhung der Leistungen folgen mußte. In Deutschland freilich bereitete der Dreißigjährige Krieg zu Anfang des 17. Jahrhunderts dieser erfolgreichen Entwicklung ein jähes Ende. Ein großer Teil der Mühlen wurde in den Kriegswirren zerstört, und es dauerte fast ein halbes Jahrhundert, bis sich das Land von den Folgen des unglückseligen Krieges erholt hatte.

Ein Aufschwung trat erst wieder im Zeitalter des Merkantilismus ein. Der *Große Kurfürst* zog Réfugiés als Papiermacher in sein Land und widmete der Papiermacherei seine besondere Fürsorge, wie es auch späterhin *Friedrich der Große* tat, der Gründer der noch heute bestehenden Papiermühle in Spechthausen. Den entscheidenden Umschwung in der Papierherstellung und den Übergang in die Zeit der Technik brachte die im Jahre 1799 erfundene Papiermaschine des Franzosen *Louis Robert* zu Essonnes, die ihren Weg mit dem Beginn des 19. Jahrhunderts in alle Länder der Erde antrat. Der Weg des Papiers aber war beendet. In einem Zeitraum von 1000 Jahren war es um die Erde gewandert, es war aus dem Fernen Osten, aus China, in den Fernen Westen, in die Vereinigten Staaten von Amerika, gelangt, und es war Papier geblieben, ein Stoff gleicher Art und Bildung, ob es nun aus der Faser des Maulbeerbaumes, aus Lumpen, also gewebten Textilfasern, oder der zubereiteten Faser unserer Nadelhölzer entstand, ob mit der Hand geschöpft oder auf der Maschine in Fließarbeit hergestellt.

Die Rohstoffe

Wenn wir von den Seidenabfällen absehen, deren Bereitung zu brauchbarem Papier in unserem Sinne doch als unsichere Überlieferung anzusehen ist, sind es nach dem Berichte des *Ts'ai Lun* über seine Erfindung „Baumrinde, Bastfasern, Hanf und alte Lumpen“ gewesen, aus denen die frühesten Papiere im Fernen Osten erzeugt wurden. Diese Vielzahl von verschiedenartigen Stoffen umfaßt, wenn wir die Baumrinde dem Zellstoff und die Bastfaser dem chinesischen Bambus gleichsetzen, alle die, die auch unsere heutige Papiermacherei verwendet. In jedem Falle war der Rohstoff in seine ursprünglichen Bestandteile zu zerlegen,

um durch Aufschwemmen und Verfilzen der Fasern unter Wasserentzug eine Blattbildung zu erreichen. Die ursprüngliche Art der Zerkleinerung der Fasern in den östlichen Ländern war sehr primitiv: die Masse wurde im steinernen Mörser durch hölzerne Hämmer geschlagen, bis sich ein Stoffbrei ergab. Ein sehr frühes chinesisches Papier, das untersucht wurde, besteht noch geradezu aus dem Gewebe selbst, dessen Lücken und Zwischenräume aber mit jener eben erwähnten Masse ausgefüllt sind, damit eine ebene Schreibfläche erzielt wird.

Die Bearbeitung der Bambusfaser zur Papierbereitung in China war nicht ganz einfach. Die jungen Triebe wurden in 1 bis 1,5 m langen Stücken abgeschnitten und drei Monate lang in reinem Wasser eingeweicht. Dann wurde die grüne Rinde entfernt, unter der sich ein fadenartiges Mark befand, das man zur Papierherstellung verwendete. Es wurde in einem hölzernen Gefäß in einer Mischung von reinem Wasser und gelöschtem Kalk acht bis neun Tage lang geweicht. Nach diesem Vorgang war der Rohstoff erst so weit, daß er geschlagen werden konnte, was durch die Hand mit Hilfe schwerer Hämmer geschah. Das Reisstroh, das in China noch heute zur Herstellung des sogenannten Reispapiers dient, wird in einer offenen Grube mit gelöschtem Kalk behandelt und durch einen Ochsen zerstampft, der in der Grube hin und her geführt wird.

Noch verwickelter war die Zubereitung des Rohstoffes aus der Maulbeerbaumrinde in Japan. Hier wurden die Stöcke ebenfalls in einem überdeckten hölzernen Faß geweicht, und zwar so lange, bis die Rinde an jeder Seite etwa 15 mm eingeschrumpft war. Sie wurde nun von den Zweigen abgestreift und auf Leinen an der Sonne zum Trocknen aufgehängt. Je nach dem Alter wurde die Rinde für bessere oder weniger gute Papiere verwendet. Nach nochmaligem ausgiebigem Waschen wurde die innere weiße Rinde von der äußeren grünen mit scharfen Messern gelöst. Nun wurde die innere weiße Rinde mit Kalklauge behandelt, bis sie zerfasert war und in Bündel auseinanderging. Dann erst wurde die Faser nach wiederholtem gründlichen Waschen mit schweren hölzernen Stöcken geklopft, bis sie sich in die breiige Masse verwandelte, die zur Herstellung des Papiers geeignet war. Das aus diesem Rohstoff hergestellte Papier ist noch heute das feinste, das Japan herstellt, es ist allgemein unter dem Namen „Kozo“ bekannt. In ähnlicher Weise erfolgt auch die Verarbeitung der in Japan weiterhin zur Verwendung kommenden Rohstoffe Mitsumata (*Edgeworthia Papyrifera*) und Gampi (*Wickstroemia Canescens*), die beide aus der Gattung der Thymelaeaceen stammen und teils wild teils in Kulturen wachsen.

Die Schwierigkeit der Gewinnung und Aufbereitung dieser östlichen Rohstoffe zeigt, daß die Mengen an Papier, die mittels solcher Verfahren gewonnen werden konnten, immer beschränkt bleiben mußten, wie es

sich auch aus der Anwendung der Handschöpferei in der Tat ergab. Die Araber, die als die geistigen Erben des Fernen Ostens im 8. Jahrhundert das Handwerkliche der Papierherstellung, nicht aber die Rohstoffe übernahmen, waren auf die Verwendung von Hadern beschränkt, die sich durch die in Samarkand vorhandenen Kulturen von Leinen und Hanf ergaben. Ihren Mahlsteinen folgten durch Wasserkraft angetriebene Stampfwerke, die unter starkem Zusatz von Wasser die Zerlegung der Hadern oder Lumpen in ihre Faserbestandteile zu besorgen hatten und von den frühen europäischen Papiermachern übernommen wurden.

„Ex rasuris veterum pannorum“ — aus Lumpen und den Resten von alter Leinwand — hergestellt, so lernte der Abt *Peter Venerabilis von Cluny* das Hadernpapier um 1135 in Spanien kennen und gab damit das früheste Zeugnis seines Vorkommens im Abendlande. Bis in das 20. Jahrhundert hinein waren die Hadern oder Lumpen der wichtigste und eigentlich einzige Rohstoff der europäischen Papiermacher, so sehr man auch darauf aus war, Ersatz zu schaffen. Es entstand nämlich, wie leicht zu denken ist, bei den geringen Abgängen an getragener Wäsche und dem sich mehrenden Verbrauch an Papier ein Mißverhältnis zwischen Hadernangebot und -bedarf, das bald zu schwerwiegenden Weiterungen führte. Die Händler versuchten von jeher den Rohstoff da unterzubringen, wo es ihnen am günstigsten schien. Dies führte vielfach dazu, daß die Lumpen über die Landesgrenzen verschoben wurden, wodurch den einheimischen Papiermachern Schaden erwuchs. So wird aus allen Ländern von endlosen Streitereien zwischen Papiermüllern und Lumpensammlern berichtet. Viele Landesfürsten erließen Ausfuhrverbote zum Schutz ihrer Papiermühlen, während zahlreiche Papiermacher Privilegien erhielten, die ihnen das Sammelrecht in gewissem Umfange sicherten.

Schon in der Blütezeit der handwerksmäßigen Erzeugung von Papier tauchte also die brennende Frage der Rohstoffbeschaffung auf, und seit dem Beginn des 18. Jahrhunderts war die Wissenschaft bemüht, ein Material ausfindig zu machen, das dazu dienen konnte, ein dem Hadernpapier gleichwertiges Erzeugnis herzustellen. Der französische Physiker *Réaumur* hatte den Wespen ihr Geheimnis abgelauscht, die seit Jahrtausenden ihre Nesthüllen aus einem Stoff herstellten, der mit einem weißgrauen Papier eine starke Ähnlichkeit besitzt. Als Baustoff dienen für viele Arten von Insekten, zu denen als die größten die Wespen und die Hornissen gehören, vermodertes Holz oder auch die Fasern von auf feuchtem Grunde wuchernden Pflanzen. Dieses Rohmaterial wird durch Ausziehen der Fasern und Zerkleinerung, endlich aber durch Glättung mit den Kauwerkzeugen aufbereitet.

Viele andere Naturforscher und Physiker beschäftigen sich um die gleiche Zeit mit diesen Problemen. *Brückmann* veröffentlicht ein Buch,

das auf Asbestpapier gedruckt ist. *Seba*, ein Flame, und *Guettard*, ein Schüler *Réaumur's*, schlugen die Verwendung von Süßwasseralgen für die Papierbereitung vor. Ein Schwede versuchte es mit Sägespänen. Der bekannteste dieser Männer, die eine Reihe von Jahrzehnten vor den Entdeckungen, welche die Entscheidung brachten, das Reich der Faserstoffe nach allen Richtungen durchforschten, ist der Regensburger Prediger *Jacob Christian Schüffer*, der in den Jahren 1765 bis 1771 sechs Bände „Versuche und Muster ohne alle Lumpen oder doch mit einem geringen Zusatz derselben Papier zu machen“ herausgab. *Schüffer* hat sein Werk jeweils mit Proben der von ihm hergestellten Papiere versehen, von denen die Papiere aus Holz, Stroh, Moos, Hopfenranken, Weinreben, Brennesseln, Torf, Disteln und Dachschindeln besonders hervorgehoben seien. Zu brauchbaren Erfolgen führten diese Versuche zunächst nicht, es waren die Fühler, die in der Regel großen Entdeckungen vorausseilen und richtungweisend sind.

„Wenn wir Holzarten besäßen ähnlich denen, welche die amerikanischen Wespen zu ihrer Papierherstellung benutzen, so könnten wir das weißeste Papier herstellen“, berichtet *Réaumur* im Jahre 1719 an die französische Akademie über seine Forschungen. Fast hundert Jahre später wurde in Sachsen der Weber *Friedrich Gottlob Keller* geboren, der aus kluger Beobachtung und Ableitung aus der Natur den Vorgang der mechanischen Zerkleinerung des Holzes am Schleifstein ersann. Da er unbemittelt war, konnte er seine Erfindung, die großartigste auf dem Gebiete der Papierbereitung seit ihrem Beginn, nicht auswerten. Der Maschinenfabrikant *Völter* hat sie übernommen und für die Praxis ausgestaltet. Der Wortlaut seines Patentgesuchs — „die Verwandlung des Holzes irgendeiner Art in eine breiartige Masse vermitteltst Abschleifens auf Schleifsteinen unter Zuziehung von Wasser“ — stellt uns die Art und Bedeutung der Erfindung *Kellers* klar vor Augen. Statt der bisher verwendeten Fasern des Hanf und der viel späteren Baumwolle sind es nun die Holzfasern, die miteinander verfilzt das Blatt bilden. Erst im Jahre 1857 zeigen sich die ersten Anzeichen der außerordentlichen Bedeutung der Erfindung *Kellers* und die künftige Unentbehrlichkeit des Holzes für die Papierbereitung.

Der Holzschliff, das heißt also das auf mechanischem Wege in seine Fasern zerlegte Holz, hat eine trübweiße Färbung. Wollte man aus diesem Stoff allein und ohne andere Zusätze Papier verfertigen, so würde das auf diese Weise hergestellte Erzeugnis sehr bald zerfallen, weil es brüchig und spröde ist. Man mußte also darauf bedacht sein, den aus dem Holz gewonnenen Rohstoff so zu veredeln, daß er von größerer Dauer war und nach Möglichkeit dazu dienen konnte, die bisher verwendeten Hadern zu ersetzen. Die Entdeckung des Zellstoffs, der diesen Zweck erfüllen sollte, geschah mehr als dreißig Jahre später, gegen 1870. Wenn beim Holzschliff das Material auf mechanischem

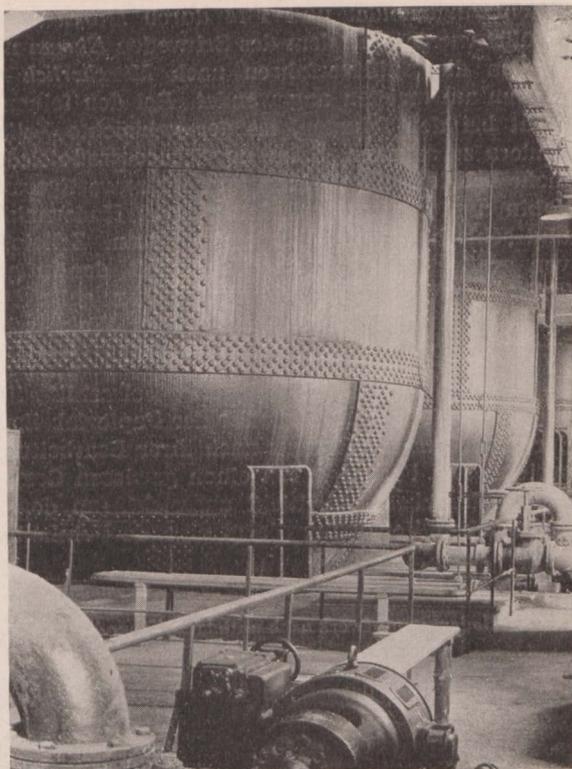


Bild 2. Zellstoffkocher in einer neuzeitlichen deutschen Papierfabrik

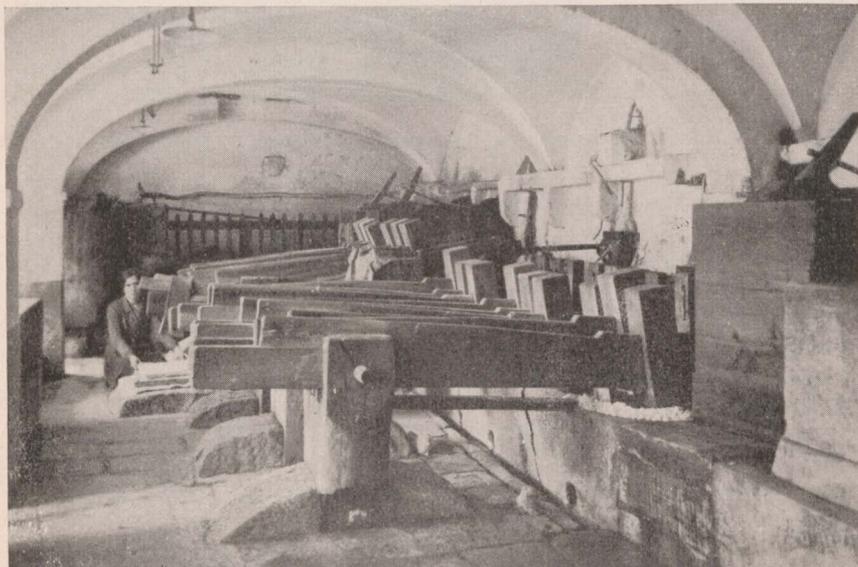
Wege zerkleinert wird, erfolgt beim Zellstoff der Aufschluß der Faser auf chemischem Wege. Wie bei allen Pflanzen besteht auch beim Holz der Körper aus Zellen, die von der Zellhaut umgeben sind. Mit dem fortschreitenden Wachstum der Pflanze treten in der Beschaffenheit dieser Zellhaut Veränderungen ein, Verdickungen und Ablagerungen, die man unter der Bezeichnung Inkrusten zusammenfaßt. Der grundlegende Vorgang bei der Zellstoffherstellung ist die Auflösung dieser Bestandteile, also die Gewinnung der reinen Holzfaser.

Bei den verschiedenen chemischen Aufschließungsverfahren des Holzes handelt es sich stets um Kochprozesse in großen zylindrischen Kesseln. Das Natronverfahren, eingeführt durch *Dresel* im Jahre 1871, und das Sulfatverfahren, das *Dahl* 1884 aufbrachte, konnten sich gegenüber dem Sulfitverfahren des Amerikaners *Tilghman*, das 1863 zum

Patent angemeldet und 1874 durch *Mitscherlich* in Deutschland eingeführt wurde, und dem des Schweden *Ekman* nicht behaupten. Heute werden die Sulfitverfahren nach *Mitscherlich* und *Ritter-Kellner* bei weitem am meisten angewendet. Bei den feinen Papieren, wenn auch nicht bei den feinsten, ist der gebleichte Zellstoff in der Lage, die Hadern zu ersetzen. Seine ungeheuer große Bedeutung liegt aber noch mehr bei den mittelfeinen und geringwertigeren Papiersorten, die bis dahin aus durchaus minderwertigen Hadernabfällen unwirtschaftlich und schlecht hergestellt worden waren. Zellstoff ist ein faseriger Stoff von großer Zähigkeit und Festigkeit, der in großen Bogen von den Zellstoffwerken an die Papierfabriken geliefert und zum Teil auch feucht verarbeitet wird. In ähnlicher Weise wird auch das Stroh gekocht und aufbereitet zu Strohzellstoff.

Die eben erwähnten Rohstoffe, Holzschliff, Zellstoff und Strohstoff, stellen bereits die „Halbstoffe“ der Papierfabrikation dar, den Zustand, der etwa dem der Hadern nach ihrer Bearbeitung im Stampfwerk entspricht. Die Fasern haben einen gewissen Grad der Zerkleinerung erreicht, der aber noch nicht ausreicht, um dem Papier neben der erforderlichen Verfilzung die genügende Feinheit zu geben. Erfüllt der

Bild 3. Hadernstampfwerk nach mittelalterlicher Art in einer italienischen Papierfabrik



Stoff im letzten Zustand vor der Papierwerdung diese Bedingung, so wird er „Ganzezeug“ genannt, doch müssen wir noch einmal zur Aufbereitung der Hadern zurückkehren, die bekanntlich im Mittelalter durch Stampfwerke in ihre Fasern zerlegt wurden. Die Stampflöcher in einem solchen „Geschirr“ genannten Werk waren in starke Eichenstämmen gebohrte, unten mit Eisenplatten ausgelegte runde Hohlräume, in welche die schweren Stampfen aus eisenbeschlagenem Eichenholz niederfielen. Diese Stampfen wurden durch die Dauben einer mittels Wasserrad angetriebenen Welle etwa 80mal in der Minute 12 bis 15 cm gehoben, fielen zu je zweien abwechselnd in die Stampflöcher und zerkleinerten die Lumpen in ungefähr zwölfstündiger Arbeit zu Brei. Aus einer Holzrinne floß ständig reines Wasser zu, während das Schmutzwasser durch ein Sieb abfließen konnte.

Diese Art der Faseraufbereitung wurde um die Mitte des 17. Jahrh. als unwirtschaftlich erkannt. Einige Jahrzehnte später wurden Mahlwerkzeuge eingeführt, die wegen ihrer frühen Verbreitung in Holland die Bezeichnung „Holländer“ erhielten und auch heute noch tragen. Holländer bestehen aus einem länglichen Trog, ursprünglich aus Holz, dann aus Stein, heute aus Gußeisen oder Beton, in dem der mit Wasser verdünnte Faserstoff um eine in der Mitte angebrachte Scheidewand kreisen muß. Der in diesem Trog befindliche Stoff, das „Zeug“, wird bei jedem Umlauf einmal zermahlen, das heißt durch einen am Boden befindlichen schmalen Spalt geführt, über dem eine mit breiten Bronze- oder Stahlmessern besetzte Walze umläuft. Ein unter ihr angebrachtes feststehendes Messerwerk, das „Grundwerk“, bildet das Gegenstück zur „Holländerrolle“, die sich in ihrer Höhenlage so einstellen läßt, daß sie mehr oder weniger dicht auf dem Grundwerk sitzt und die Fasern je nach Erfordernis kurz oder lang, „rösch“ oder „schmierig“ mahlen kann. Gleichzeitig wird der Stoff durch eine umlaufende Siebtrommel gewaschen, die das schmutzige Wasser abführt, während frisches Wasser ununterbrochen zugesetzt wird. Der Holländer ist also nichts anderes als das in die Fließarbeit übertragene Stampfwerk der frühen Zeit.

Die „Halbzeugholländer“ genannten Mahlwerke dienen zum Zerkleinern der Lumpen, die in der späteren Zeit nicht mehr durch Faulen mürbe gemacht, sondern durch Kochen unter Zusatz von Kalk für den Mahlvorgang vorbereitet werden. Im Anschluß an die Halbzeugbereitung müssen die Lumpen dann gebleicht werden, um ein reines weißes Papier im Gegensatz zu den vielfach gelbgrauen Papieren der frühen Zeit zu erzeugen. Der Chemiker *Karl Wilhelm Scheele* stellte 1774 erstmalig das Chlor dar, das der französische Chemiker *Berthollet* zum Bleichen der Papierlumpen verwendete. Der Zellstoff, der in großen kartonartigen Bogen als Halbstoff in die Papierfabrikation gelangt, wird mit verhältnismäßig geringerer Mühe in den Kollergängen,

großen auf ebener Fläche umlaufenden Mahlsteinen in einem runden Troge, wieder in seine Bestandteile zerlegt.

Im „Ganzeugholländer“ erfolgt die endgültige Zusammenstellung und Mischung des Papierstoffes, von Hadern und Zellstoff, von Holzstoff und Strohstoff. Hier wird das „Zeug“ zwischen sehr eng gestellten Messern so lange gemahlen, bis es den für die in Aussicht genommene Papiersorte erforderlichen Mahlungsgrad besitzt. Hier werden die Farbstoffe zugesetzt, die beschwerenden Erden, wie Kaolin, Blanc Fixe und Talkum. Mit ihnen „füllt“ man die Poren des Papiers und erzielt glatte Oberflächen. Im Ganzeugholländer wird das Papier auch geleimt, damit es schreibfest wird. Dies erfolgt im Gegensatz zu der ursprünglichen Bogenleimung durch einen Zusatz von Harz, das durch Alaun ausgefällt wird. Der Erfinder dieses Verfahrens ist der Hesse *Illig*, dem es bei seinen Versuchen darauf ankam, „daß die Poren des Papiers, wie es von der Bütte kommt, durch einen anderen Körper ausgefüllt und verstopft werden müssen, um das mechanische Eindringen oder Einsaugen daraufgebrachter Flüssigkeiten zu verhindern, und zweitens die Fasern des Papierblattes fester unter sich zu verbinden, um ihm dadurch zugleich mehr Consistenz und Härte zu geben“. Im Jahre 1806 verfaßt er eine „Anleitung, auf eine sichere, einfache und wohlfeile Art Papier in der Masse zu leimen“.

Das Handpapier

Der Grundgedanke des Erzeugungsvorganges von Papier läßt sich in der folgenden Begriffsbestimmung zum Ausdruck bringen: „Unter Papier versteht man ein aus einem mit Wasser verdünnten Faserbrei hergestelltes Erzeugnis, bei dem die Fasern künstlich (ursprünglich auf dem Schöpfsieb des Handschöpfers, in der späteren Zeit auf dem endlosen Sieb der Papiermaschine) verfilzt und unter nachträglicher Entziehung des Wassers durch Pressen und Wärme zum Trocknen gebracht werden.“ Der „Grundstock“ der Papiermacherei ist also seit der frühesten Zeit bis zur Erfindung der Papiermaschine und darüber hinaus bis auf den heutigen Tag gleich geblieben: Der Papierbrei ist aus verschiedenen Faserarten in unterschiedlichen Dichtigkeitsgraden bereitet. Es handelt sich nun darum, ihn zum Blatt zu formen, indem die Fasern sich genügend verfilzen, und auf die wirtschaftlichste Art zu entwässern und zu trocknen. Die Schöpfform war das wichtigste Werkzeug der alten Papiermacher, und durch alle Jahrhunderte, in den östlichen wie den westlichen Ländern, bleibt sie das Hauptgerät der Papiermacherei. Die älteste Schöpfform des Ostens bestand aus einem viereckigen rechtwinkligen Holzrahmen mit einigen Querverbindungen, auf dessen Oberseite das Sieb aus Bambusfäden, die in regelmäßigen Zwischenräumen durch Seide oder Tierhaare verbunden waren, gelegt wurde. Dieser Überzug war so undurchlässig, daß er die schwimmen-



Posthorn (Briquet Nr. 7681, Avignon 1410). Eines der häufigsten Wasserzeichen seit dem Mittelalter, seit Anfang des 14. Jahrhunderts von Italien über ganz Europa verbreitet bis zum heutigen Tage, in späterer Zeit meist in einen Schild gesetzt und in Verbindung mit Anfangsbuchstaben oder vollem Namen des Papiermeisters als Zeichen feiner Briefpapiere verwendet.

Buchstabe P (Briquet Nr. 8746, Rostock 1564). Der am häufigsten in der Wasserzeichendarstellung verwendete Buchstabe und überhaupt eines der bekanntesten Wasserzeichen, nach Dr. *Weiß* Abkürzung für Papier. Erscheint in Antiqua seit Ende des 13. Jahrhunderts in Italien, in Fraktur seit Ende des 14. Jahrhunderts in der Schweiz und in Frankreich. Es verschwindet in Deutschland gegen 1700.

Doppelturm (Briquet Nr. 15 918, Prag 1523). Ein Hauptwasserzeichen der Ravensburger Papiermacher, zugleich die Herkunft aus dieser alten Stätte der Papiermacherei und die höhere Güte gegenüber der nächstgeringeren Sorte mit dem Ochsenkopf erweisend. In Ravensburg besonders häufig um die Mitte des 16. Jahrhunderts. Bis in das 18. Jahrhundert in Verbindung mit den Anfangsbuchstaben der Meister verwendet.

Ochsenkopf mit Z-Stange (Briquet 15 192, Zürich 1473). Eines der ältesten und am häufigsten vorkommenden Wasserzeichen aller in der Frühzeit hergestellten Papiere der europäischen Länder, bei Briquet in etwa 1400 Spielarten vertreten, seit etwa 1300 von Italien aus bis ins 17. Jahrhundert verbreitet. — Das hier gezeigte Zeichen ist hergestellt in der noch heute bestehenden Papierfabrik an der Sihl bei Zürich.

Eigenmarke (Briquet Nr. 1890, Köln 1593). Wasserzeichen des rheinischen Papiermachers Stephan Jacobs von der Gohrsmühle zu Bergisch-Gladbach, eines direkten Vorfahrens der heutigen Besitzer Zanders. Beispiel einer Eigenmarke, die nur in Verbindung mit einem Bildzeichen auftritt, ohne den Namen des Papiermachers erkennen zu lassen.

Stadtwappen (Briquet Nr. 926, Nürnberg 1570). Wappen der Stadt Nürnberg als Wasserzeichen, klar die Herkunft des Papiers anzeigend. Papier mit dem Wappen der Stadt Nürnberg wurde von Briquet in einem Gebiet festgestellt, das etwa durch die Städte Aachen, Lübeck, Posen, Wien, Villach, Augsburg und den Rhein begrenzt ist. Dieses Wasserzeichen tritt bis zum Ende des 18. Jahrhunderts auf.

RVS (Anfangsbuchstaben des Herstellers). Wasserzeichen aus einem Dürener Papier des 18. Jahrhunderts. Derartige Kennzeichen finden sich seit Ende des 13. Jahrhunderts neben den eigentlichen Bildzeichen. Der Hersteller, Rütger von Scheven, verwendete diese Buchstaben ausschließlich, und zwar in Verbindung mit den üblichen Qualitäts- und Formatzeichen wie Einhorn, Hollandia, Posthorn, Lilie usw. Er baute zu Anfang des 18. Jahrhunderts die heute noch bestehende Neumühle bei Düren und ist der Ahnherr der Dürener Papiermacherfamilien Schoeller, Hoesch, Schleicher und auch des Verfassers. Das RVS wurde über hundert Jahre von seinen Nachkommen geführt und ist das Hauptzeichen in den rheinischen Akten jener Zeit.

Pfeilbogen (Briquet Nr. 20 auf Pl. C, Bologna 1385). Wasserzeichen italienischer Herkunft, seit Beginn des 14. Jahrhunderts verbreitet und seit Jahrzehnten bis auf den heutigen Tag als Waren- und Wasserzeichen der Firma Poensgen & Heyer in Köln in Anwendung.





Darstellung „An der Bütte“ mit einfacher Licht- und
Schattenwirkung

Bildnis des Ulman Stromer, ersten deutschen
Papiermachers zu Nürnberg. Schattenwasser-
zeichen mit photographischer Übertragung der
Umrisse.

Die Wasserzeichen wurden von der Metalltuchfabrik Andreas
Kufferath in Mariaweller bei Düren nach alter Siebmacher-
tradition hergestellt und als Zerkall-Bütten auf der Rund-
siebmaschine geschöpft.



den Fasern auf seiner Oberfläche zurückhielt, und doch wieder so durchlässig, um das Wasser, in dem diese Fasern enthalten waren, abfließen zu lassen. Die durch die Bambusfäden hervorgerufenen Markierungen oder Vertiefungen im Bogen werden als „Rippung“, die weniger sichtbaren Eindrücke der Querverbindungen als „Stege“ bezeichnet.

Der Rahmen mit dem daraufliegenden Sieb aus Bambusfäden wurde in die Schöpfbütte getaucht, einen länglichen viereckigen oder ovalen Trog, der die mit Wasser aufgeschwemmten Fasern enthielt. Bei waagrechtlichem Herausheben der Form konnten sich die Fasern auf dem engen Bambusgeflecht ablagern, während das Wasser nach unten abfloß. Durch Schüttelbewegung gelang es, die Fasern nach verschiedener Richtung zu verfilzen, so daß sich ein Blatt von gleichmäßiger Stärke bilden konnte, das von seiner Unterlage leicht zu lösen war, indem es auf ein Tuch oder Brett gebracht wurde, während das biegsame Bambusgeflecht abgerollt wurde. Stärkere Bogen wurden durch mehrmaliges Eintauchen des Schöpfrahmens hergestellt. Mag auch diese Art des Papiermachens umständlich erscheinen, so ist sie doch die einfachste und beste Methode, die je ersonnen werden konnte. Auf dieser frühen Werkarbeit des Fernen Ostens beruht die gesamte Papierherstellung der späteren Zeiten. Der Chinese häufte nun Bogen auf Bogen ohne Zwischenlage. Wenn ein Stoß fertiggestellt war, wurde er mit Hebebäumen ausgepreßt. Dann wurden die einzelnen Bogen entweder auf Bretter gelegt und zum Trocknen in die Sonne gestellt oder gegen eine Gipswand gebürstet, die von unten geheizt wurde, um den Trockenvorgang zu beschleunigen.

Wie beim Übergang in den arabischen Kulturkreis die Faser des Maulbeerbaums durch die des Hanfs und Flachs ersetzt wurde, ergab es sich auch, daß die Bambusfäden, weil nicht zu beschaffen, durch einen anderen Werkstoff ersetzt werden mußten, und als solchen fanden sich, da die Art und Weise der Schöpfform beibehalten werden mußte, Metalldrähte, zunächst aus Kupfer. Ob der arabische Kulturkreis bereits mit solchen Metallformen gearbeitet hat, läßt sich nicht mit Sicherheit sagen, gewiß ist, daß sie mit der Einführung des Papiers im südlichen Europa vorhanden sind. Die Metallform bedingte allerdings eine andere Anwendung, denn die starren Metalldrähte ließen sich nicht so biegsam gestalten wie die Bambusfäden. Es war also erforderlich, einen festen Rahmen herzustellen, die „Drahtform“, in der die Drähte, mit Querdrahten in gewissen Abständen verflochten, fest angebracht waren. Um das seitliche Abfließen des Stoffes zu verhindern, wurde beim Schöpfen auf dieser Form ein „Deckel“ genannter Rahmen angebracht, der eine gewisse Ähnlichkeit mit einem Bilderrahmen besaß. War der Bogen geschöpft, so wurde der Deckel abgenommen und das auf der Drahtform gebildete Blatt auf einen Filz abgepreßt, dessen Haare in der Lage waren, den Bogen festzuhalten, so daß die Form

wieder entfernt und zu neuer Schöpfung benutzt werden konnte. Mit einer jeweiligen Zwischenlage von Filz wurde Bogen auf Bogen gehäuft. Drei Werkleute waren auf solche Weise tätig: der Schöpfer, der mit zwei Formen arbeitete, die abwechselnd gebraucht wurden, der Gautscher, der die Bogen auf den Filz preßte und die Zwischenlage von Filz darauflegte, und endlich der Leger, der die Bogen von dem „Pauscht“, in dem sie mit den Filzen ausgepreßt wurden, abhob, einzeln noch einmal aufeinander legte und von neuem auspreßte. Nach diesen Entwässerungsvorgängen kann die eigentliche Trocknung erfolgen. Der Bogen ist nun so weit gefestigt, daß er ohne einzureißen auf dem großen Trockenboden, der mit seinen Windluken einer jeden alten Papiermühle sein charakteristisches Gepräge gibt, zu mehreren über die dort gespannten Seile gelegt werden kann. Da hängt nun Bogen an Bogen, und der Wind streicht über das Papier und trocknet es je nach der Jahreszeit und der Witterung in mehr oder weniger langer Zeit.

Wird der Bogen nach einiger Zeit als getrocknet vom Speicher heruntergeholt, so ist er freilich noch lange nicht so weit fertiggestellt, um als verkaufsfähige Ware in die Welt zu gehen. Er ist wellig und unansehnlich, uneben und rauh. Man kann ihn in diesem Zustand noch nicht beschreiben, denn er ist nichts anderes als ein Stück Fließpapier, auf dem die Tinte unfehlbar ausläuft. Soll der Bogen zum Beschreiben geeignet sein, soll er die Druckfarbe in einwandfreier Form in sich aufnehmen, so muß er geleimt, das heißt mit einer Art von Haut überzogen werden, die dem Bogen diese Fähigkeit verleiht. In der Zeit der Handpapiere wurden zu diesem Zwecke die tierischen Abfälle wie Knochen, Hautreste usw. gekocht und zur Leimlösung filtriert. Durch eine solche mit Wasser verdünnte Leimbrühe wurden die Bogen zu mehreren hindurchgezogen, worauf sie noch einmal ausgepreßt und wieder getrocknet wurden. Da die Oberfläche aber noch immer rauh und unansehnlich war, mußte das Papier geglättet werden, was in der früheren Zeit entweder mit Hilfe von Achatsteinen geschah wie ehemals beim Pergament, wo Bogen nach Bogen gerieben und geebnet wurde, oder vermittelt der sogenannten Schlagstampfe, eines eisernen Hammers, der auf eine eiserne Platte schlug, auf welcher der Bogen lag. Bogen für Bogen mußte unter den Hammer gehalten, Stück für Stück geebnet werden.

Es waren umständliche und kostspielige Verfahren, die zur Fertigstellung des Papiers führten, und wir können es daher sehr gut verstehen, daß die alten Papiermacher ihr Handwerk als „Kunst“ angesehen haben wollten und eifersüchtig darüber wachten, daß keines ihrer sorgsam gehüteten Geheimnisse in unrechte Hände kam. Schon *Ulman Stromer* hatte die lombardischen Büttgesellen in den Turm geworfen, als sie Miene machten, die bei ihm erworbenen Kenntnisse weiterzutragen. So war es auch ein alter Brauch, wenn der neu auf-

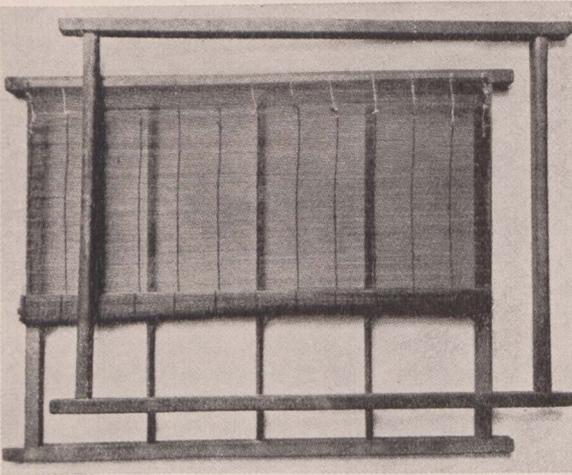


Bild 4. Schöpffrahmen des östlichen Kulturkreises, abrollbare Bambusform

Bild 5. Europäischer Schöpffrahmen aus Metalldrähten mit Deckelrahmen (Papiermacher Orlando Keferstein zu Köpenick, 18. Jahrhundert)

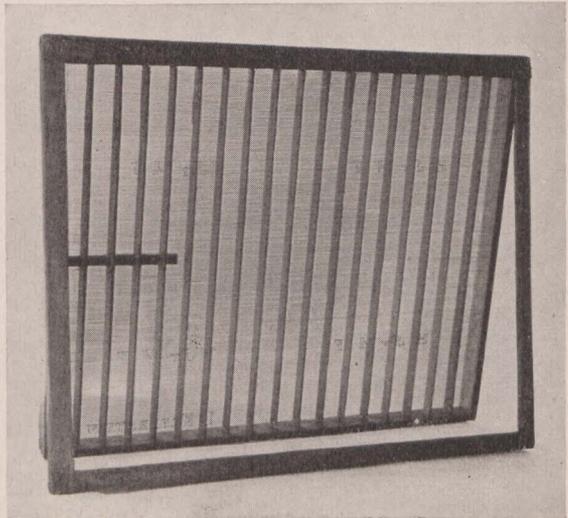




Bild 6 (links). Papiermacherei
im Jahre 1689, Schöpfer, Gaut-
scher und Leger

Bild 7 (unten). Heutiges
Schöpfen des Papiers von Hand

Bild 8 (gegenüberstehende Seite).
Neumühle bei Zeitz, der die
Schöpfereinrichtung im
Deutschen Museum entstammt,
s. 1. Umschlagseite



genommene Geselle beim Lehrbraten eidlich geloben mußte, „nichts Neues auf- und nichts Altes abkommen zu lassen“. Waren die Papiermacher auch nicht zünftig geordnet, so hielten sie doch strenge und geheime Regeln zueinander, die sogar von Land zu Land ihre Geltung hatten.

Daß ein Sieb aus feinen Metalldrähten die zarten, dem Auge nicht sichtbaren Fasern auf seiner Oberfläche sammelt, daß es dem Schöpfgesellen gelingt, seinen Rahmen in so gleichmäßige Schüttelbewegung zu versetzen, daß sich die Fasern einheitlich miteinander verfilzen und ein in allen Teilen gleichmäßiges Blatt entsteht, ist das eigentliche Wunder der Papierwerdung, das dem Laien immer wieder unverständlich und zauberhaft erscheint. Dieser Vorgang ist der Kernpunkt der Papiererzeugung geblieben, auch in unserer Zeit, die mit ganz anderen Mitteln und erweiterten technischen Kenntnissen arbeitet. Die Entwässerung einer den Papierstoff enthaltenden Flüssigkeit auf einem Drahtgewebe, einem Sieb, und die Übertragung des feuchten Stoffes auf eine Unterlage sind wie vor tausend, ja wie vor zweitausend Jahren die Grundelemente der Papiermacherei geblieben.

Das Maschinenpapier

Wenn wir heute von Büttenpapier sprechen, verstehen wir darunter ein Papier, das die charakteristischen Merkmale des früheren Handpapiers in sich trägt, das heißt also die klare Kennzeichnung der



Rippung und vor allem den rauhen Rand, wie er sich beim Schöpfvorgang ergibt. In der Zeit der Handpapiere war ein jedes Papier ein Büttenpapier, der rauhe Rand war in der Regel eine unerwünschte Zutat und dem Drucker unbequem, weswegen er in vielen Fällen abgeschnitten wurde. Als die Papiermaschine langsam Fuß faßte und die Papiermacherei unaufhaltsam zu verdrängen begann, nannte man das neue Erzeugnis Maschinenpapier, um es von dem ursprünglichen Papier zu unterscheiden. Als aber das auf Papiermaschinen hergestellte Erzeugnis das handwerkliche weit überflügelte hatte, begann es sich als „Papier“ durchzusetzen, während dem Handpapier die Bezeichnung „Büttenpapier“ beigelegt wurde.

In ähnlicher Weise wie der Holländer die in die Fließarbeit übertragene Verrichtung der alten Stampfwerke darstellt, sollte auch das Problem der Papiermaschine aus dem Arbeitsgang an der Bütte entwickelt werden. Viele Köpfe hatten sich zu Ende des 18. Jahrhunderts mit der Aufgabe befaßt, das Papier wirtschaftlicher herzustellen, genau wie ein Menschenalter vorher der Gedanke an die Beschaffung neuer Rohstoffe die geistig Tätigen aus den verschiedensten Berufen erfüllt hatte. Das Problem der Papiermaschine mußte freilich aus dem Technischen heraus gelöst werden, und so ist es — bezeichnend genug — ein Angehöriger des Druckereigewerbes, dem es als erstem gelingt, eine Konstruktion durchzuführen, die so beschaffen ist, daß er als Erfinder der Papiermaschine angesprochen werden darf. *Louis Robert* war 1761 zu Paris geboren und in der Buchdruckerei von *Didot*, der auch zu Essonnes eine Papierfabrik besaß, als Korrektor tätig. In dieser Fabrik, in der die Assignaten hergestellt wurden, war *Robert* ebenfalls beschäftigt, und es gelang ihm, nach fünfjährigen Versuchen, im Jahre 1799 eine Maschine zu entwerfen, deren Aufgabe es war, statt der Herstellung der Bogen durch die Hand ein Papier in endloser Bahn zu erzeugen.

Sollte ein Papier auf solche Weise hergestellt werden, so war es freilich nicht möglich, ein Gewebe in der Art der Rippgewebe des Mittelalters zu verwenden, denn wenn das Papier in endloser Bahn erzeugt werden sollte, war auch erforderlich, ein Sieb zu schaffen, das gleichfalls endlos war, das heißt an seinen Anfangsort zurückkehrte, nachdem es seine Verrichtung geleistet hatte. Die technische Vervollkommnung in der Gewebebereitung hatte aber inzwischen dazu geführt, daß man ebenso wie ein Textilgewebe auch ein engmaschiges Metallgewebe aus sehr feinen Drähten herstellen konnte, das in seiner Struktur geeignet war, das Papier zu tragen und weiterzuleiten. Derartige Gewebe waren auf Veranlassung des englischen Druckers *Baskerville* bereits um das Jahr 1750 bei den Schöpfformen zur Anwendung gelangt und das auf ihnen geschöpfte Velinpapier (nach dem lateinischen vellum = Per-

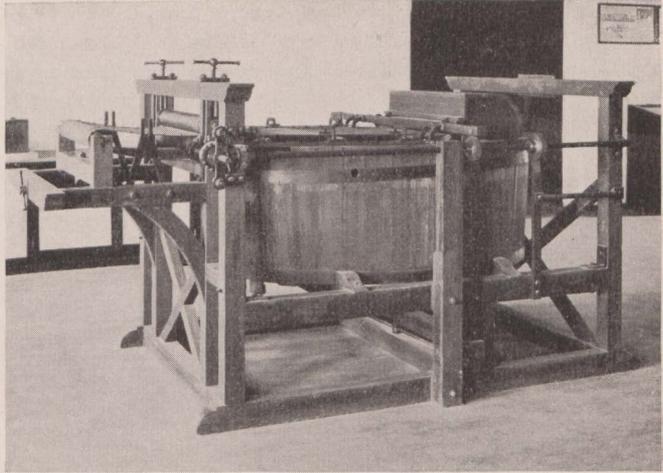


Bild 9. Papiermaschine von Louis Robert, patentiert 1799. Nachbildung im Deutschen Museum in München

gament) hatte sich wegen seiner glatten Durchsicht durchaus bewährt und war sehr beliebt geworden.

Die *Robertsche* Erfindung bestand der Hauptsache nach aus zwei in gleicher Richtung drehbaren Walzen, über denen eine an ihren Endkanten zusammengenähte, also endlose Siebform aus Velingewebe angebracht war. Diese neuartige Form wurde an beiden Seiten von einem Streifen aus Aalhaut eingefasst, einem elastischen Band, um das seitliche Abfließen des Stoffes zu verhindern ähnlich wie der Deckel bei der Schöpfform. Begannen sich die Walzen zu drehen, so bewegte sich das über der Bütte angebrachte Sieb in der Längsrichtung, gleichzeitig aber wurde der ganze Apparat der Breite nach geschüttelt, also auch hier eine möglichst genaue Übertragung der Handschöpferei in die Fließarbeit. Der wesentlichste Unterschied gegenüber dem bisherigen Verfahren bestand darin, daß die umfangreiche Mechanik nicht in die Bütte eingetaucht und aus ihr herausgehoben wurde. Es mußte vielmehr das dem Schöpfen entgegengesetzte Prinzip, das Gießen, angewendet werden, um den Stoff auf die endlose Siebbahn zu bringen. Die Fasermasse aus der Bütte wurde mit mehreren Schaufeln fortwährend über eine schiefe Ebene auf die Siebform geschleudert, um von dieser weitergetragen zu werden. Das überflüssige Wasser konnte wie bisher nach unten abfließen, während die Papierbahn durch zwei Walzen hindurchlief, die dazu dienten, weiteres Wasser

auszupressen. Endlich wurde das noch feuchte Papier durch eine ebenfalls umlaufende „Gautschwalze“ von der Siebbahn abgenommen und auf eine Rolle gewickelt. Nach dem Zerteilen der nassen Papierbahn in einzelne Bogen erfolgte die weitere Behandlung des Papiers einschließlich der tierischen Leimung noch lange Zeit in der gewohnten Weise.

Robert war nicht in der Lage, seine Erfindung zu verwerten, er mußte sie an seinen Arbeitgeber *Didot* abtreten. Durch ihn gelangte das Verfahren nach England, wo die Brüder *Fourdrinier* im Jahre 1804 die erste Papiermaschine erbauten. Freilich war die Mechanisierung des Arbeitsvorganges nur teilweise erreicht, denn noch immer mußten die Bogen, die zwar in endloser Bahn entstanden waren, vorzeitig zerlegt und an der Luft getrocknet werden. Erst zwei Jahrzehnte später wurde durch die Erfindung der „dampfgeheizten Walze“, unseres heutigen Trockenzyinders, die 1819 von *Crompton* in England zum Patent angemeldet wurde, aber vermutlich eine deutsche Erfindung ist, das Problem der Papiermaschine gelöst, woran der englische Maschinenbauer *Bryan Donkin* das größte Verdienst hat. Im Jahre 1818 wurde in Berlin eine Papiermaschine nach englischem Muster von *Josef Corty* aufgestellt, vermutlich die erste auf deutschem Boden.

Die Bedeutung der Erfindung der Papiermaschine besteht darin, daß die bisher unterbrochenen Arbeitsgänge der Blattbildung, der Entwässerung und des Trocknens in einen einzigen fortlaufenden verwandelt wurden, ohne daß das während dieses Vorganges entstehende Papier von Menschenhand berührt zu werden braucht. Die nach dem Robertschen Prinzip erdachte Papiermaschine hat sich unter dem Namen Langsieb-Papiermaschine in überwiegendem Maße auf der ganzen Welt durchgesetzt. Aus den Stoffbüten gelangt der Ganzstoff über Sandfang und Knotenfang, auf denen sich die schweren Teile wie Sandkörner usw. sowie die zusammengesponnenen Faserteile absetzen, auf das Langsieb, welches das Papierband weiterträgt. Hier findet die Schüttelung statt, die ein gleichmäßiges Verfilzen der Fasern bewirkt. Saugkästen erreichen die erste Entwässerung der auf dem Sieb ruhenden Papierbahn. Die Gautschpresse nimmt die Bahn vom Sieb ab, es folgen zwei weitere Entwässerungspresen, bevor die eigentliche Trocknung beginnt, die durch eine große Anzahl hintereinander angebrachter geheizter Trockenzyylinder erfolgt, um die die Papierbahn herumgeführt wird. Vor dem letzten Trockenzyylinder ist in der Regel ein Feuchtglättwerk angebracht, das der Papierbahn eine einigermaßen glatte Oberfläche verleiht. Die in voller Breite der Maschine aufgelaufene Papierbahn wird nun durch Längsschneider in verschiedene Bahnen von beliebiger Breite zerlegt und auf Haspel aufgewickelt.

Während die ersten Papiermaschinen in ihrer Breite zwischen 1 und 1,50 m lagen und auch die Feinpapiermaschinen heute selten über 2 m

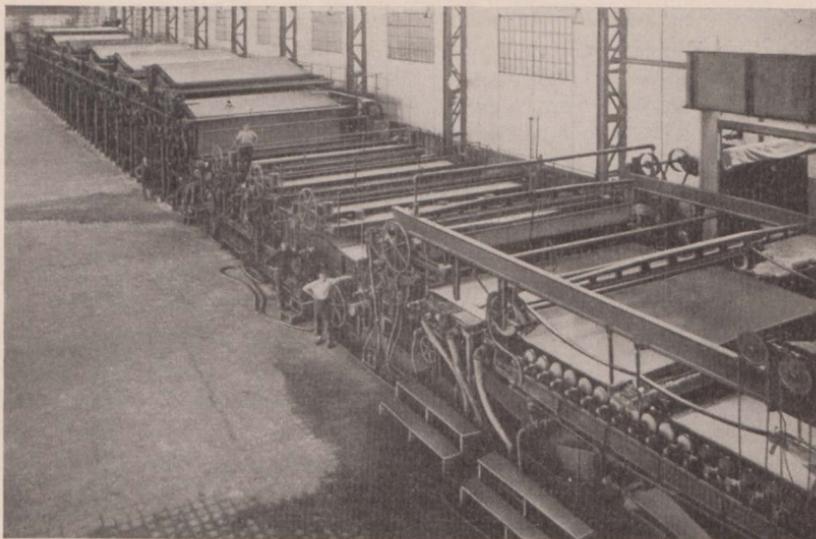


Bild 10. Neuzeitliche Langsieb-Papiermaschine von 6,30 m Breite

in der Breite gebaut sind, ist man in den Abmessungen, besonders für geringere Papiere, immer weiter gegangen. Heute gibt es Papiermaschinen zur Herstellung von Zeitungsdruckpapier, deren Breite 7,50 m beträgt. Die Geschwindigkeit, mit der die Papierbahn über die Maschine läuft, beträgt bis zu 450 m in der Minute, also 25 bis 30 km in der Stunde. Bis zu 200 000 kg kann eine solche Riesenmaschine in ununterbrochener Tag- und Nacharbeit in 24 Stunden schaffen, während in früheren Zeiten eine gut eingerichtete Papiermühle mit mehreren Büten einige hundert kg am Tage bei 12- bis 15-stündiger Arbeitszeit zuwege brachte.

Ein anderes Verfahren, das der Rundsieb- oder Schöpfmaschine, die sich aus den Konstruktionen des Engländers *Bramah*, der im Jahre 1795 die hydraulische Presse erfunden hatte, im Jahre 1805 und des deutschen Papiermachers *Keferstein* im Jahre 1819 entwickelte, lehnt sich noch enger an den ursprünglichen Vorgang des Schöpfens an. Wir finden hier die Schöpfbütte ähnlich wie beim Handschöpfer. Statt des Schöpfrahmens aber, der eingetaucht wurde, dreht sich ein großer Zylinder, der gegen den Kasten, in welchem er läuft, abgedichtet ist, langsam durch den mit Wasser verdünnten Ganzstoff. Auf seiner Oberfläche ist ein Sieb gespannt, das entweder der „Drahtform“ für die gerippten Papiere oder der „Siebform“ für die Velinpapiere der Hand-Papiermacher entspricht. Die Stoffteilchen saugen sich infolge der rotie-

renden Bewegung des Zylinders an das Sieb an, während das überschüssige Wasser in das Innere des Zylinders gelangt und von dort abfließt. Auf dem Umfang des Rundsiebzyllinders lassen sich mit Drähten oder Fäden und Wachstuchstreifen die Bogenformate einteilen, die sich nachher beim Papier ergeben sollen. Wenn die Bogen bereits in feuchtem Zustande voneinander getrennt werden und einzeln durch die Maschine laufen, deren weiterer Aufbau im wesentlichen mit dem der Langsieb-Papiermaschine übereinstimmt, so ist es möglich, ein Erzeugnis herzustellen, das alle wesentlichen Merkmale des echten mit der Hand hergestellten Papiers besitzt. Die Bedeutung der Rundsiebmaschine liegt aber vor allem in der Karton- und Pappenherstellung. Dabei sind häufig mehrere Rundsiebe hintereinander angeordnet, die ihre Stoffbahnen übereinander „gautschen“, so daß es möglich wird, für die oberste und unterste Lage einen besseren Stoff zu verwenden als für die Einlage.

Freilich ist das Papier, wie es am Ende der Maschine auf die Rolle gewickelt wird oder als Bogen erscheint, noch nicht fertig. Es muß noch geglättet werden, da die auf der Maschine erzielte Glätte in der Regel nicht ausreicht, sei es für die Feder beim Beschreiben, sei es für das Druckverfahren, dem das Papier unterworfen werden soll. Auch hier hat sich aus der unbeholfenen „Schlagstampfe“ ein Verfahren der Fließarbeit entwickelt, das es ermöglicht, die Rollen mit der gewünschten Oberfläche zu versehen. Auf dem Kalandr, der eine Reihe teils nachgiebiger, teils fester Walzen aus gepreßtem Papierstoff und aus Stahl besitzt, wird dem Papier ein Glanz verliehen, der je nach der Art der Anwendung vom matten Glanz bis zum Achatglanz geht. Nach der Glättung besorgen Querschneider die Zerlegung der Papierrollen in die Bogenformate.

Im Jahre 1818 kam die erste Papiermaschine nach Deutschland. Um 1840 gab es bei uns noch über 1200 Schöpfbütten und erst 60 Papiermaschinen. Heute hat sich das Verhältnis umgekehrt: es gibt über 800 Papiermaschinen, während die Zahl der noch in Betrieb befindlichen Bütten kaum zehn übersteigen dürfte. Doch im Hintergrund dieser sich fast überstürzenden Entwicklung steht noch immer wie vor fast 2000 Jahren der Chinese, der auch heute noch seine Schöpfform in die dünne Stoffmilch taucht und Stunde um Stunde unter kunstvollem Schwingen seine hauchzarten Bogen „echt China“ zustande bringt.

Die Papiersorten

Schon in der maurischen Periode der Papiermacherei war das Erzeugnis nicht allein auf die Zwecke der Schreiber beschränkt. Schreibpapier bildete freilich den bedeutendsten Teil, und man stellte schon im neunten Jahrhundert zu Samarkand, eine Reihe von verschieden-

artigen Schreibpapieren her, von denen uns das Papier der Depeschen und das Vogelpapier als die feinsten bezeichnet werden. Man verabreichte aber in den Basaren die verkauften Waren in Papier eingeschlagen, man gebrauchte Toilettenpapier. Schon damals gab es Urkundenfälscher, die es verstanden, Papiere, die zu Dokumenten verwendet worden waren, zu „antikisieren“, indem sie ihnen durch Safran ein gelbliches, durch Sykomorensaft ein bräunliches Aussehen gaben. Im zwölften Jahrhundert wurden bereits die Formate der Schreibpapiere genormt, und es war genau vorgeschrieben, welche Größe man zu Urkunden, zu Rechnungen, zu Eingaben an die Behörden oder gar zu Bittgesuchen an den Sultan zu benutzen hatte.

Im europäischen Kulturkreis ist das Papier zunächst wegen seiner kostspieligen Herstellung ohne Frage auf die Zwecke der Schreibenden beschränkt geblieben; die Klöster waren die vornehmlichsten Papierverbraucher, und erst nach der Erfindung der Druckkunst konnten neue Sorten in die Erscheinung treten. Die Papiere der Gutenberg-Zeit haben aber noch immer den Charakter der Schreibpapiere, wie sie sich in der Anlehnung an das Pergament in langen Zeiträumen entwickelt hatten. Nicht mit Unrecht war das früheste Papier unter der Bezeichnung „pergamena graeca“ — griechisches Pergament — nach Europa eingeführt worden. Die frühen Druckpapiere mußten ja auch den Charakter der Schreibpapiere bewahren, denn einmal sollte der Druck die getreue Wiedergabe des Schreibers sein und weiter wurde auf den alten Drucken vielfach geschrieben und illuminiert. Erst viel später mit der Einführung der Baumwolle als Rohstoff in Gestalt von Hadern werden Druckpapiere geschaffen, die durch ihre Schmiegsamkeit und Weiche dem Drucker eine bessere Druckfläche gaben als die sehr harten und spröden Leinenpapiere. Die Kunst der Papiermacher ist überaus schwankend in den Jahrhunderten, die der Erfindung der Papiermaschine vorausgehen. Wir finden häufig genug schlecht gearbeitete Papiere, was teils mit den Rohstoffen, teils mit der Art des Schöpfens zu tun hat.

Heute wird das Papier in der Hauptsache aus Holzschliff, Zellstoff, Strohstoff und Hadern mit all den Abarten dieser Rohstoffe hergestellt. Alle vier dürfen freilich nicht gleichzeitig im Papier Verwendung finden. Die Lumpen oder Hadern bleiben noch immer der König der Papierrohstoffe, der Holzschliff aber als der mengenmäßig bei weitem bedeutendste unter den Rohstoffen ist das tägliche Brot, ohne das keine Zeitung bestehen könnte. Wohl läßt sich Lumpenstoff mit Zellstoff zu einem schönen und hochwertigen Feinpapier vereinigen, aus viel Holzschliff und wenig Zellstoff kann hingegen nur ein „holzhaltiges“ Papier geringer Qualität hergestellt werden. Ein reines Hadernpapier entspricht den höchsten Anforderungen des Druckers, ein reines Holz-

schliffpapier kann praktisch nicht erzeugt werden, weil es zerfallen würde. Genaue Bezeichnungen grenzen die Papiersorten je nach ihrem Fasergehalt und der daraus bedingten Beschaffenheit voneinander ab. Wir können die Papiere aber auch unter anderen Gesichtspunkten betrachten als lediglich unter dem ihrer Stoffzusammensetzung. Das Gewicht, das vom hauchzarten Kondensatorpapier mit einem Gewicht von 8 gr/m^2 bis zu einem Kupferdruckkarton von 400 gr/m^2 alle Stadien durchläuft, ist ebenso bedeutungsvoll wie die Oberfläche, die von der rauhen Maschinenoberfläche bis zum Hochglanz oder zur künstlich angebrachten Phantasiepressung geht. Die verschiedenen Druckverfahren spielen ebenfalls eine bedeutende Rolle bei der Bereitung der Rohstoffe und der Arbeit auf der Papiermaschine, denn das Papier ist ein wichtiger Faktor zum Gelingen eines Druckwerks.

Es ist unmöglich, im Rahmen einer kurzen Betrachtung alle Papiersorten zu kennzeichnen; es sei nur kurz verwiesen auf das bedeutende Gebiet der technischen Papiere, auf die Papierverarbeitung mit ihren zahllosen Zweigen, auf den gegossenen und gepreßten Papierstoff, der heute eine immer weitere Bedeutung findet, auf die Pappe mit ihren ungezählten Sorten. Die gewaltige Absatzsteigerung auf all diesen Gebieten findet ihren sichtbaren Ausdruck in den Erzeugungszahlen. Die im Jahre 1800 in Deutschland erzeugte Menge an Papier und Pappe betrug ungefähr 15 000 t. Sie stieg im Jahre 1868 auf 80 000 und betrug 1893, 20 Jahre nach Einführung des Sulfitzellstoffs, 409 000 t. Im Jahre 1933 betrug die deutsche Erzeugung 2 059 000 t bei einer Weltproduktion von 20 310 000 t ohne Sowjetrußland. Mit einem Anteil von etwa 10 % an der Welterzeugung steht Deutschland unter den papierherstellenden Staaten an dritter Stelle hinter den Vereinigten Staaten von Amerika und Kanada. Von dieser Erzeugung wird in Deutschland etwa ein Drittel zu Verpackungszwecken, ein Viertel zum Druck von Zeitungen, ein Fünftel zum Druck von Zeitschriften, Büchern und Bildern verwendet. Etwa 15 % dienen als Schreib- und Zeichenpapiere und der Rest von rund 7 % zu verschiedenen Zwecken wie Papierwaren, Tapeten usw. Das reich gegliederte Gebäude der Papiersorten ist in ständiger Wandlung begriffen, ein jedes Jahr bringt Veränderungen vielfältiger Art.

Das Wasserzeichen

Wie der Steinmetz sein Zeichen in den Schlußstein seiner Gebäude eingräbt oder die Gold- und Silberschmiede Kennmarken in ihre Erzeugnisse schlagen, kann auch der Papiermacher dem Bogen eine Bezeichnung geben, Marke und Zeichen, die Schutz und Schmuck zugleich bedeuten. Gegenüber anderen Kennzeichnungen ist das „Papierzeichen“, später Wasserzeichen genannt, zugleich mit dem Erzeugnis geboren. Die Eigenart des Metallgeflechts, das seine Spuren als Rippung in der

Durchsicht des Papiers hinterläßt, mag den Anlaß gegeben haben, erhöhte Zeichen aus gebogenen Drähten anzubringen, wie es bei dem Bambusgeflecht des östlichen Kulturkreises nicht möglich gewesen war. Das Wasserzeichen ist also eine Erfindung der abendländischen Papiermacherei, und wir begegnen ihm seit ihrem Beginn in den Gebieten des Mittelmeers. Das früheste Papier, das ein solches Zeichen trägt, ist uns aus dem Jahre 1282 als Erzeugnis der Papiermacher von Fabriano in der Mark Ancona bekannt. Es ist ein griechisches Kreuz, sehr primitiv geformt, in der Mitte und an den vier Enden mit Kreisen versehen. Neben diesem Zeichen treten zu Ende des 13. Jahrhunderts der Kreis, die Lilie und eine Reihe von Buchstaben in den frühen italienischen Papieren auf. Verschiedene Papiermacher geben ihren vollen Namenszug. So dient das Wasserzeichen zuerst der Kennzeichnung des Herstellers und erst in späterer Zeit mit der Ausbreitung der Bildzeichen der Bezeichnung des Papiers selbst. Daneben deuten vielfache Beziehungen darauf hin, daß Verwandtschaften zu anderen Berufen bestehen, zunächst zu den Gold- und Silberschmieden, später, nach der Erfindung der Buchdruckerkunst, zu den Druckern als den Verbrauchern beträchtlicher Mengen des hergestellten Erzeugnisses. Zugleich spielen Beziehungen zum Symbolismus und Mystizismus hinein, die in ihren Ursprüngen und Zusammenhängen noch nicht völlig geklärt sind.

Das Wasserzeichen der Handpapiermacher bietet in seiner vielseitigen Gestaltung ein getreues Bild des Lebens und Treibens dieses Gewerbezweiges und damit ein Kulturdokument von hoher Bedeutung. Der aus Frankreich stammende Genfer *Charles-Moise Briquet* hat sein Lebenswerk daran gesetzt, die Wasserzeichen der Frühzeit seit ihren Anfängen bis zum Jahre 1600 zu verfolgen und 1907 ein vierbändiges Werk „*Les Filigranes*“ mit der Darstellung von über 16 000 Wasserzeichen erscheinen lassen, das auch heute noch das wichtigste Nachschlagewerk auf diesem selten betretenen Gebiete ist. Die Zeit nach 1600 ist nur in Einzelwerken entweder über Papiermühlen oder das graphische Werk von Künstlern erfaßt. Angesichts der gesteigerten Papiererzeugung und der vielfältig vermehrten Zeichengebung, die dazu noch durch Nachahmung sehr unübersichtlich ist, läßt sich ein Werk in der Art des „*Briquet*“ nicht zusammenstellen. Die an eine Million Stück betragenden Spiel- und Abarten von Wasserzeichen allein aus dem deutschen Kulturgebiet bis zur Einführung der Papiermaschine können nur in Form eines Wasserzeichen-Archivs zusammengetragen und geordnet werden.

Die aus Draht gebogenen Zeichen der Handpapierzeit wurden auf das Sieb aufgenäht oder festgelötet, um den Erzeugungsvorgang mitzumachen. Ähnlich ist es bei der Rundsiebmaschine, bei der die Wasser-

zeichen ebenfalls als echte Zeichen in das Papier „eingelassen“ sind, da sich an den aufgesetzten Stellen weniger Stoff ansetzen kann. Bei der Langsiebmaschine, bei welcher der Stoff auf das Sieb gegossen wird, muß ein anderes Verfahren angewendet werden, um eine ähnliche Wirkung zu erreichen. Es wird die Egoutteurwalze mit den erhabenen Zeichen über der feuchten Stoffbahn angebracht. Durch umlaufende Bewegung und Anpressen werden die Zeichen in den Stoff hineingedrückt. Es ist verständlich, daß bei solch nachträglicher Anbringung die Zeichen nicht so klar und deutlich in der Durchsicht des Papiers zu sehen sind, als wenn sie den Schöpfvorgang in seinem Entstehen mitmachen. Das Wasserzeichen kann auch in die trockene Papierbahn eingedrückt oder durch künstliche Einprägung verursacht werden.

Die heutige Bedeutung der Wasserzeichen besteht hauptsächlich in einer Kennzeichnung besondersartiger Papiere, wie sie die Banknotenscheine, die Briefmarkenscheine und die behördlichen Normalpapiere darstellen. Für diese Fälle genügt nicht mehr der einfache Schutz in Gestalt des Umrißzeichens, da er allzu leicht nachzuahmen ist. Eine heute sehr häufig angewendete Abart des Wasserzeichens besteht in den Schattenwasserzeichen, bei denen sowohl helle Stellen wie dunkle zu sehen sind und auch die Schattierungen erfaßt werden, wodurch es möglich wird, Bilder jeder Art in der Gestalt von Wasserzeichen zur Wiedergabe zu bringen. Schattierte Wasserzeichen treten im ersten Drittel des 19. Jahrhunderts zum erstenmal auf. Heute wird das wie im Druckverfahren auf photomechanischem Wege übertragene Original in das engmaschige Velingewebe hineingepreßt, und zwar einmal hoch, das andere Mal tief, so daß Teile des Gewebes entweder nach oben vorstehen oder nach innen versenkt sind. Bei der Hochprägung findet wie bei den Drahtzeichen eine Stoffverdrängung statt, wodurch sich eine helle Stelle ergibt, bei der Tiefprägung hingegen können sich an den geprägten Stellen größere Mengen von Stoff ansammeln, wodurch eine Verdunklung im Papier entsteht.

Bildquellen

Bild 1 wurde dem Werk: „A. Renker: Das Buch vom Papier“, Leipzig 1936, Insel Verlag, entnommen.

Bild 2 und 9 wurden von der Feldmühle, Papier und Zellstoffwerke A.-G., Stettin, zur Verfügung gestellt. Die übrigen Bilder sind aus dem Archiv des Verfassers.

Überblick über die neue Sammlung Kraftfahrwesen im Deutschen Museum

Die neue Sammlung Kraftfahrwesen im Deutschen Museum wurde mit der tatkräftigen Unterstützung des Reichsverbands und der Firmen der Automobilindustrie von Herrn Professor W. Kamm aufgebaut. 37 Personenfahrzeuge und Krafträder und 24 Modelle von Lastkraftwagen im Maßstab 1:5 geben ein geschlossenes Bild über die Entwicklung des Kraftfahrzeugs.

In seitlichen Nischen zeigen Modelle und Zeichnungen den Sinn dieser Entwicklung, ihre Schwierigkeiten, und deuten die Vielzahl der Lösungen an, um besonders die hervorzuheben, die sich erfolgreich durchsetzen konnten. Es ist versucht worden, die Eigenart des Deutschen Museums in der Richtung beizubehalten, daß es dem Besucher gelingt, auf Grund der Darstellung der geschichtlichen Entwicklung des Kraftwagens sich in das Wesen seiner Bewegungsvorgänge hineinzuleben, die dieses beherrschen.

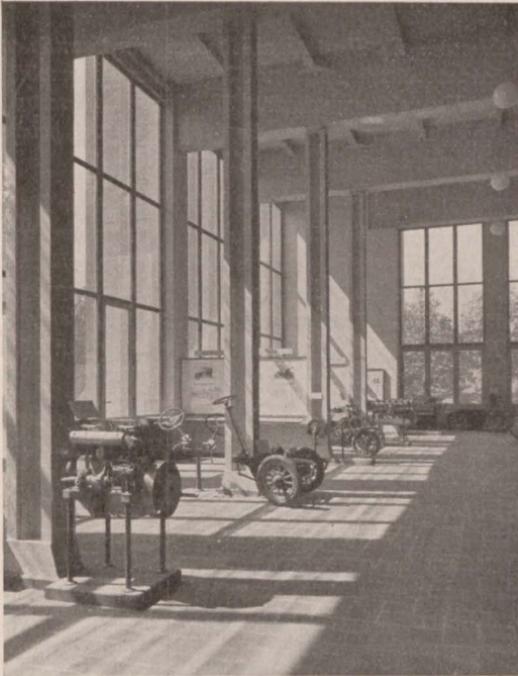
Die zwei Hauptteile, die sich schon durch die Anordnung in der neuen Halle ergaben, sind die Darstellung der Entwicklung des Kraftfahrzeugs bis ungefähr 1917 und die Entwicklung ab 1920 mit besonderer Hervorhebung des neuzeitlichen Kraftfahrzeugs und der Bewegungsvorgänge seiner verschiedenen Elemente. Der erste, rein historische Teil beginnt mit den Pionierarbeiten von Benz und Daimler und führt über die ersten grundlegenden Gestaltungen und über die ersten Grundformen zu einer Entwicklungsstufe der Fahrzeuge, die dadurch einen gewissen Abschluß erhält, daß nun sämtliche Gestaltungs-ideen, die für das Kraftfahrzeug wesentlich wurden, durchgedacht und vorgeschlagen sind, ohne daß diese sich in breiter Form durchsetzen konnten.

Diese Entwicklung ist belegt durch eine große Reihe von Fahrzeugen, vom ersten Benzwagen bis zu den Rennwagen 1914, durch bewegliche Modelle, Motoren und andere Kraftfahrzeugteile und ist im besonderen erklärt und unterstrichen durch an Wandtafeln angebrachte Zeichnungen. Zwischen dem ersten und dem zweiten Teil wird auf die wesentliche Arbeit im Rennsport hingewiesen, der als „Züchter des Kraftwagens“ in den Jahren vor dem Krieg die gleich wichtige Rolle spielte wie heute.

Der zweite Teil zeigt die Entwicklung der Fahrzeuge und Motorräder, vom Grade-Wagen 1923 bis zu den modernen Rennwagen. Er beginnt mit einem kurzen Eingehen auf die Eigenschaften des Brennstoffs im Kraftfahrzeug und stellt dann die wesentlichen Bauteile und Vorgänge im neuzeitlichen Motor, im Fahrgestell und in den elektrischen Geräten dar. Dabei sind besonders die

beweglichen Modelle von Kupplungen, Getrieben und Schwingachsen hervorzuheben, durch die der Museumsbesucher in die bis jetzt im Kraftfahrzeug verborgenen Vorgänge in deutlicher Form Einblick bekommen kann. Neben den rein technischen Bauteilen im Kraftwagen und im Kraftrad wird auf das Kraftfahrzeug in der Wehrmacht hingewiesen, das heute dem im Kraftfahrzeugbau stehenden Ingenieur ganz besondere Aufgaben stellt. Ferner wird auf das heute überaus wichtig gewordene Gebiet der Kraftfahrzeugforschung durch einige Modelle und Zeichnungen hingewiesen.

Dipl.-Ing. Hugo Fuchs.



Teilansichten
der Halle für Kraftfahrwesen
im Deutschen Museum



Eine Flugmaschine erdenken, ist nichts,
eine konstruieren, ist wenig —
fliegen ist alles. (Lilienthal)

Vom Segelflug und Segelflugzeug

Von *Wolf Hirth VDI, Vaihingen-Stuttgart* *)

Die Natur als Vorbild

Die Segelflieger sind älter als die Menschheit. Aus der Triaszeit schon sind gewaltige Gleiter und Ségler bekannt, neben dem Pterodactylus der Pteranodon mit einer Spannweite von 7 m und der Rhamphorhynchos, der mit einem senkrechten Schwanzsegel seinen Flug steuerte. Auch der Urvogel Archäopteryx sei hier erwähnt.

Diese Ségler freilich konnten dem Menschen kaum als Anregung dienen, denn die geologischen und klimatischen Veränderungen der Kreidezeit entzogen diesen Urgleitern die Nahrung — und die starken Luftbewegungen, die sie zum Fliegen brauchten. Nur eine dunkle Erinnerung blieb von ihnen in den Drachensagen erhalten.

Aber seit der Mensch in die Geschichte eintrat, sah er über sich Vögel dahinfliegen. Der Wunsch, es ihnen gleichzutun, ist mit ihm zugleich erwacht und durch die Vorbilder in der Tier- und Pflanzenwelt immer wieder neu entfacht worden. Bis in die Gegenwart hinein sind die Männer, denen der Wunsch zu fliegen keine Ruhe ließ, bei der Natur in die Lehre gegangen. Flugechsen und „Fliegende Hunde“ sind Vorstufen des „Gleitflugzeuges“, der Insektenflug gibt uns heute noch manches Rätsel auf, aus der Pflanzenwelt gilt der Löwenzahn als Muster des Fallschirms, die Samen vieler Bäume, der Linde, des Ahorns, der Kiefer u. a. drehen sich im Fall wie Luftschrauben und erzielen so einen um vieles vergrößerten Auftrieb. Der Samen der javanischen Zanoniapalme ist sogar so vollkommen „eigenstabil“, daß er aus jeder Lage heraus wieder die richtige Gleitfluglage einnimmt. Die Etrich-Rumplertaube und das Junkers-Nurflügel-Flugzeug sind nach diesem Vorbild gebaut worden.

Die eigentlichen Fluglehrmeister waren aber doch die Vögel. Uralt sind die Versuche, die Flügel des Vogels nachzubilden und im Schwingenflug den Luftraum zu erobern. Flügel sind ein Zeichen göttlicher

*) Der Verfasser, ein erfolgreicher Motor- und Segelflieger, der auch als Flugzeugbauer bewährte Baumuster von Übungs- und Leistungsflugzeugen schuf, hat kürzlich ein „Handbuch des Segelfliegens“ herausgegeben.

Bei der Vorbereitung der Handschrift für dieses Heft hat er Herrn Dipl.-Volkswirt *Otto Matschoß*, Stuttgart, mitherangezogen.

Eigenschaft, bekannt sind z. B. die Vogelgötter Ägyptens, Flügelschuhe trägt Hermes, der griechische Götterbote, Flügel tragen die Engel der christlichen Religionen, zwei Raben sind die Begleiter Wodans. In den Sagen und Mythen der Völker finden wir immer wieder geflügelte Fabelwesen und das Schwanenkleid der verzauberten Prinzen taucht häufig im Märchen auf.

Sagengestalten, Träumer und Denker

Daß *Dädalus* und *Ikarus* in den starken Aufwindgebieten der Küste Kretas bereits geflogen sind, ist nicht ausgeschlossen, denn die Flüge von *Ferdinand Schulz* mit seiner „Besenstielkiste“ (1923) beweisen, daß die Stetigkeit des Küstenwindes auch einfachsten Flugzeugen nennenswerte Leistungen ermöglicht.

Wieland der Schmied, so erzählt die Sage, wußte schon, was heute jeder Flugschüler neu lernt: „Du magst wissen, daß sich alle Vögel gegen den Wind emporheben und ebenso setzen.“

Von *Archytas* von Tarent, Schüler der Pythagoräer, wird berichtet, er habe eine Taube gebaut, die „mit dem verborgenen Atem einer in ihrem Inneren eingeschlossenen Luft“ flog. Ob es sich um einen ersten Warmluftballon handelte, ob die Taube nur ein Mechanismus mit bewegten Flügeln war, weiß man nicht. Wahrscheinlich eilte hier, wie oft in der Geschichte des Fluges, die Phantasie der Wirklichkeit voraus.

Um 1250 hat sich auch der große Universalgelehrte *Roger Bacon* mit dem Menschenflug beschäftigt und heute verwirklichte Möglichkeiten vorausgeahnt, freilich ohne über die praktische Ausführung etwas auszusagen. Dagegen ist *Leonardo da Vinci* einer der ersten, der wirklich wissenschaftlich die Voraussetzungen des Menschenfluges untersucht. Er, der zu den größten Ingenieuren seiner Zeit gehört, hat unter seinen Schriften auch ein „Buch vom Vogelflug“ hinterlassen. Der erste Teil dieser Schrift spricht vom dynamischen Flug, dem Aufstieg durch Flügelschlag, der zweite Teil behandelt den Schwebeflug, ein dritter Teil berichtet von allgemeinen Beobachtungen. Bis in welche Einzelheiten er den Schwierigkeiten des Segelfluges nachging, läßt sich z. B. daran erkennen, daß er das Fliegen in größeren Höhen für ungefährlicher ansah als dicht über der Erde wegen der Wirbelwinde, die aus den Bergschluchten aufsteigen. Dem Warmluftballon war er schon sehr nahe, auch mit dem Schwingenflug befaßte er sich genau, die Wirkungen des Luftwiderstandes und die „Stromlinie“ beschäftigten ihn schon. Er erfand einen Fallschirm. Ja, auch die senkrecht aufsteigende Flugmaschine, den Schraubenflieger, hat er vorausgedacht, und seine Vorstellung von der Wirkung einer Luftschraube war vollkommen richtig.

Aber der große Vogel, von dem er sprach, ist nicht geflogen. Vielleicht hinderten ihn die technischen Grenzen seiner Zeit, vielleicht auch nur seine ständige Rastlosigkeit, seine Pläne zu verwirklichen.

Wir wissen von vielen Männern, die mit geringeren Kenntnissen von den Gesetzen der Luft als Leonardo Schwingenflugzeuge entwarfen und damit zu fliegen versuchten. 1675 stürzte in Frankfurt *Bernoïn* bei einem Flugversuch tödlich ab. Bekanntgeworden sind der Uhrmacher *Jakob Degen*, der in Wien 1811 einen Schwingenflieger baute, ein empfindliches Werk aus Bambus und gefirniftem Papier und sein Schüler *Berblinger*, der „Schneider von Ulm“. Beiden sind ihre Versuche mißglückt, weil sie mehr von der Idee besessen als sachkundig waren.

Dagegen ging der Engländer *Cawley* ganz wissenschaftlich vor. Um 1810 entwarf er eine Maschine mit Tragflächen, mit Höhen- und Seitenruder und Antrieb durch eine Luftschraube. Aber er war seiner Zeit voraus. Auch ihm fehlten die technischen Mittel, vor allem die geeignete Antriebskraft.

Doch nun hörte der Traum vom Fliegen nicht mehr auf, Männer zu beschäftigen, die einander gegenseitig anregten und voneinander lernten.

Da ist der Franzose *L. P. Mouillard*, der als Farmer in Algerien 30 Jahre lang den Adlerflug beobachtete, skizzierte und schließlich ein Buch schrieb „Das Reich der Luft“. Das von ihm gebaute Flugzeug flog nicht, aber sein Buch wirkte weiter.

So wurde sein Landsmann *Clement Ader* davon angeregt, aber auch seine drei mit großen Kosten erbauten Riesen-Eindecker hatten keinen Erfolg.

Der erste Mann, der nach zeitgenössischer amerikanischer Darstellung¹⁾ mit einem Gleitflugzeug flog, war *John J. Montgomery*, der 1884 mit seinem nach dem Vorbild der *See mö ve* gebauten Gleiter in Otay-Californien etwa 200 m einen Hang hinabglitt. Mit weiteren Gleitern hatte er wenig Erfolg, nachdem der erste bald zu Bruch gegangen war. Nach langen Studien baute er 1904 einen sogenannten Tandem-Monoplan, mit dem er von einem Heißluftballon aus startete und sehr beachtliche Leistungen vollbrachte. Nachdem bereits bei einer seiner Großvorführungen sein bester Pilot *D. Malony*, tödlich abgestürzt war, erreichte ihn 1911 das gleiche Schicksal.

Von denen, die in den Jahrzehnten um *Lilienthal* an der Arbeit waren, seien noch einige kurz erwähnt.

Arnold Böcklin, der Maler, war Zeit seines Lebens Anhänger des Segelfluges. Um 1882 baute er selbst mehrere Gleiter, die aber immer wieder durch Windstöße zerstört wurden, ohne daß je ein Flug gelang. Als Greis noch hat er auch *Lilienthal* besucht und war Zeuge von dessen Flügen.

1) *O. Chanute*: Progress in flying machines.

Octave Chanute war über 60 Jahre alt, als er sich dem Segelflug wandte. Er hatte ein erfolgreiches Leben als Ingenieur und Brückenbauer hinter sich, als er zu fliegen begann, zusammen mit *A. M. Herring*, der sich bei Lilienthal seine Grundkenntnisse erworben hatte. Er baute hauptsächlich Mehrdecker, wobei ihm seine Brückenbauerfahrungen zugute kamen. An 800 Flüge führte er ohne Unfall durch, ein Zeichen für die Stabilität seiner Gleiter.

Percy S. Pilcher, der als junger Ingenieur Lilienthal besuchte, ist deswegen erwähnenswert, weil er als erster den „Schleppflug“ versuchte. Von einem Pferdegespann ließ er sich gegen den Wind ziehen. Seine Erfolge ermutigten ihn, ein Motorflugzeug zu bauen. Aber vor dem ersten Flug damit verunglückte er mit seinem alten „Hawk“ tödlich.

Als bedeutendste Pioniere dieser Zeit sind die Brüder *Wright* zu nennen. Die Leistungen, durch die sie vornehmlich bekannt wurden, liegen zwar auf dem Gebiet des Motorfluges, aber ihre lange und zielbewußte Arbeit begann mit dem Segelflug und brachte auch hier die ersten (damals streng geheim gehaltenen) Erfolge.

Otto Lilienthal, der „Vater des Segelfluges“

Otto Lilienthal wurde am 23. Mai 1848 in Anklam in Pommern geboren. Zusammen mit seinem Bruder *Gustav* beobachtete er schon als Junge den Flug der Störche in der Karlsburger Heide. Als *Otto* 13 Jahre alt war, bauten die Brüder ihre erste „Flugmaschine“. Um dem Spott der Kameraden zu entgehen, begannen die Brüder ihre ersten Versuche in mond heller Nacht.

Sechs Jahre später bauten die beiden ein neues Schwingenflugzeug, mit „Fußantrieb“. Nach dem Besuch der Gewerbeschule Potsdam arbeitet *Otto* praktisch in einer Berliner Maschinenfabrik. An der Gewerbeakademie studiert er Mechanik und wird ein ausgezeichnete Ingenieur. Darüber aber wird die Beobachtung des Vogelfluges nicht vergessen. Genaue Aufzeichnungen und Messungen bilden den Grund für spätere Bauformen. Sofort nach dem Krieg von 1870/71 geht er wieder an seine Konstruktionen. Er beschäftigt sich mit der Frage des Gleichgewichts, der richtigen Schwerpunktlage, er baut kleine Modelle, die ihm wertvolle Erfahrungen vermitteln. Aber für den Bau eines großen Gleitflugzeuges fehlt es ihm zunächst an Geld.

Zwanzig Jahre lang ist er nun als Ingenieur und Erfinder tätig. Eine neue Bergbauhilfsmaschine konstruiert er, er wird der Erfinder des Ankersteinbaukastens, einer Turbine, er erfindet den Schlangenhörnkessel, er konstruiert, verbessert, arbeitet.

Schließlich hat er sich selbständig gemacht, wird Besitzer einer kleinen Maschinenfabrik. Und nun bekommt er langsam die Mittel zusammen, um sich ganz seiner Lebensaufgabe zuzuwenden zu können.

Er hatte seine Pläne freilich niemals ruhen lassen, jede freie Minute hatte er für Versuche und Berechnungen verwendet. Ein Buch „Der Vogelflug als Grundlage der Fliegekunst“, das 1889 erscheint, faßt die bisherigen Erkenntnisse zusammen.

1891 wird auch das erste wirkliche Gleitflugzeug Lilienthals fertig. Aus geschälten Weidenruten sind die Tragflächen gebildet, mit Baumwollstoff überzogen, die ganze Fläche von etwa 10 m² ist mit Wachs luftdicht gemacht. Armstützen sollen den Flieger tragen, durch Verlagerung der Füße soll das Gleichgewicht gehalten werden.

Im Garten hinter der Werkstatt werden die ersten Vorversuche von einem Sprungbrett aus unternommen. Dann geht es hinaus in die Umgebung von Berlin. Lilienthal fliegt! Zuerst sind es nur kurze Sprünge und Gleitflüge von wenigen Metern, aber er ist unermüdlich. Er baut einen „Hangar“ für seine Gleiter, dessen Dach als Lauffläche eingerichtet ist, so daß der Flieger aus einer Höhe von 10 m mit Anlauf abfliegen konnte. Später zieht er mit seinen Flugzeugen in die Rhinower Berge, wo er von einer größeren Höhe Abflugmöglichkeit hat. Ein treuer Helfer bei allen Versuchen ist sein Mechaniker *Eulitz*.

1894 kauft Lilienthal, der nun fast nur seiner Berufung lebt, den aus einem Kanal ausgebaggerten Sand und läßt einen künstlichen Hügel von 15 m Höhe aufschütten mit einer unterirdischen Halle für die Gleiter. Er hat inzwischen seine Flugzeuge so gebaut, daß die Flügel, zusammengeklappt, nur noch wenig Raum einnehmen.

Mit welcher Energie und welchem Erfolg Lilienthal sich dem praktischen Flug widmet, geht daraus hervor, daß er in den fünf Jahren zwischen 1891 und 1896 an 2000 geglückte Flüge unternahm, die längsten zwischen 200 und 300 m, von einigen Sekunden bis über eine Minute Dauer. Man hat berechnet, daß er insgesamt über 5 Stunden in der Luft war.

1895 schreibt er: „In starkem Wind hat der Flug sogar eine stark steigende Tendenz. Ich erreiche oft Höhen in der Luft, die viel höher als mein Startpunkt liegen . . .“

Am 9. August 1896 startete er bei stürmischem Wind mit einem neuen Flugzeug, das er später für Motorflüge ausbauen wollte. In 15 m Höhe gehorchte ihm die Maschine nicht mehr, anscheinend war er durch die neue Steuerung verwirrt. Lilienthal brach die Wirbelsäule und starb am nächsten Tag. Mit 43 Jahren hatte er zu fliegen begonnen, ein ganzes Leben lang war er vom Gedanken des Fluges besessen, er starb, so wird berichtet, mit den Worten: „Opfer müssen gebracht werden!“

Seine besondere Leistung liegt darin, daß er der erste war, der theoretische Kenntnisse und eine überdurchschnittliche technische Begabung mit einem unermüdlichen Willen verband, der die konstruktiven Voraussetzungen des Segelfluges erkannte und praktisch erprobte,

der erste schließlich, der wirklich segelte, d. h. motorlos Höhe gewann. Sein Beispiel hat viele Deutsche und Ausländer angeregt, seine Erfahrungen haben sich die Folgenden zunutze gemacht und so ist er der wahre „Vater des Segelfluges“ geworden.

Ein Kapital Flugphysik

Wie kommt es überhaupt, daß ein Flugzeug, das doch schwerer als die Luft ist, fliegt, und zwar ohne Motor? Zunächst einige Grundbegriffe die zum Verständnis nötig sind.

Jedes Flugzeug ohne eigene Antriebskraft fliegt im Gleitflug, d. i. ein Flugzustand, bei dem ständig Höhe verloren geht, wie ein Radfahrer ohne Kraftaufwand einen Berg hinabsaust. Jedes Flugzeug hat eine bestimmte Sinkgeschwindigkeit (V_s), das ist der Höhenverlust je Sekunde. Diese Sinkgeschwindigkeit beträgt z. B. bei heutigen Übungsseglern (Göppingen „Wolf“, „Grunau Baby“) etwa 1 m/s, bei den Leistungsseglern (Condor, Minimoa, Rhönadler) 0,8 bis 0,5 m/s. Ein weiterer Begriff, der für den Segelflug wichtig ist, die Gleitzahl, gibt das Verhältnis von verllorener Höhe zu zurückgelegter Strecke an. Ein Gleiter, der von einem 100 m hohen Hügel abfliegt und in einer Entfernung von 1000 m vom Start den Boden erreicht, hat eine Gleitzahl von 1 : 10. Heutige Schulgleiter haben etwa diese Gleitzahl, Hochleistungssegler bringen es bis auf 1 : 30 und mehr.

Auch was wir als Segelflug im eigentlichen Sinne bezeichnen, ist eine besondere Art des Gleitfluges, nämlich ein solcher ohne Höhenverlust gegenüber dem Boden bzw. sogar mit Höhengewinn. Er kommt dadurch zustande, daß die umgebende Luft ebenso schnell oder schneller steigt als das Flugzeug sinkt. Hat die steigende Luft, der Aufwind, z. B. eine Steiggeschwindigkeit von 1 m/s und das Flugzeug eine Sinkgeschwindigkeit von 0,7 m/s, so gewinnt es 0,3 m/s an Höhe gegenüber dem Boden. Man macht sich das leicht klar, wenn man sich eine aufwärts gehende Rolltreppe vorstellt, deren Stufen man hinunter geht. Wenn man etwas langsamer geht, als die Treppe rollt, so gelangt man immer weiter nach oben, obgleich man sich ständig abwärts bewegt.

Warum aber gleitet das Flugzeug und fällt nicht senkrecht zu Boden wie andere Körper?

Das Grundgesetz des Fluges hat Lilienthal einmal so ausgedrückt: „Alles Fliegen beruht auf der Erzeugung von Luftwiderstand, alle Flugarbeit besteht in der Überwindung von Luftwiderstand. Somit bilden die Gesetze des Luftwiderstandes die Fundamente der Flugtechnik“.

Alle Körper haben ein bestimmtes Beharrungsvermögen und setzen einer Änderung ihres Zustandes einen Widerstand entgegen, der abhängig ist von der Masse des Körpers bzw. von seiner Beschleunigung.

Ein Körper, der sich durch die Luft bewegt, muß Luftteilchen aus seiner Bahn verdrängen oder sie vor sich hertreiben, er muß ihren Widerstand überwinden. Die Stärke dieses Widerstandes ist verschieden. Er wächst einmal mit der Größe der Fläche, die sich gegen die Luft bewegt, mit der Stirnfläche des Körpers, und zwar im gleichen Verhältnis mit ihr. Zum zweiten ist er abhängig von der relativen Luftgeschwindigkeit. Es ist dabei gleichgültig, ob sich der Körper in ruhender Luft bewegt, oder ob Luft gegen den ruhenden Körper strömt, oder ob sich beide gegeneinander bewegen. Meßversuche ergeben, daß der Luftwiderstand im Quadrat der Geschwindigkeit wächst. Zum dritten ist der Widerstand abhängig von der Form des umströmten Körpers²⁾. Der Begriff der Stromlinie ist heute allgemein bekannt. Ein Körper in Stromlinienform hat von allen Körpern gleicher Stirnfläche den geringsten Widerstand — gleiche Luftgeschwindigkeit vorausgesetzt.

Der Druck, der auf der Stirnfläche aufprallenden Luftteilchen, der Staudruck, ist bei allen Körpern gleicher Stirnfläche gleich groß. Dennoch hat eine flache Kreisscheibe etwa den 25fachen Widerstand eines entsprechenden Stromlinienkörpers.

Dieser große Unterschied erklärt sich so: Die auf der Stirnseite des Körpers aufgestaute Luft wird seitlich abgelenkt und sucht sich, mit erhöhter Strömungsgeschwindigkeit, hinter dem Hindernis wieder zu vereinigen. Dieses Zusammenströmen gelingt aber infolge der Trägheit der Luftteilchen erst in einiger Entfernung hinter dem Körper, so daß auf seiner Rückseite ein luftverdünnter Raum entsteht, ein Gebiet geringeren Druckes, das einen Ausgleich anstrebt und dadurch eine saugende Wirkung auf seine Umgebung ausübt. Die vorbeiströmende Luft wird in diesen Sograum z. T. hineingerissen, sie bildet Wirbel, und auch der Körper wird von der Saugkraft festgehalten oder gar „rückwärts“ gezogen.

Die Verwirbelung wird nun um so geringer, je weniger der Luftstrom durch die Körperform gestört, je mehr ihm durch sie der Wiederausgleich erleichtert wird. Der Stromlinienkörper erfüllt diese Voraussetzungen am besten. Die Bilder 1 bis 5 veranschaulichen die Darstellung.

Die Oberflächenbeschaffenheit des umströmten Körpers einerseits, die Dichte des umströmenden Mediums zum anderen sind schließlich die beiden letzten Einflüsse, von denen die Größe des Widerstandes abhängt.

Die Erkenntnis dieser Faktoren, die den Luftwiderstand bestimmen, gibt uns zunächst freilich keine Erklärung dafür, welche Kraft das Flugzeug in der Luft hält. Das Wissen um den Widerstand ist aber

²⁾ Den Beitrag der Körperform zum Gesamtwiderstand drückt die Widerstandsbeizahl (C_w) aus. Sie gibt an, in welchem Verhältnis der tatsächliche Widerstand zum Staudruck (s. u.) steht.

notwendig, wenn man diese tragende Kraft, den **Auftrieb**, verstehen will; denn ihm liegen die gleichen Gesetze zugrunde.

Springt man von einem Boot aus an Land, so wird zugleich das Boot vom Ufer abgestoßen. Eine Kugel, die aus dem Lauf geschleudert wird, gibt dem Gewehr einen Rückstoß. Ähnlich erklärt sich ein Teil des



Bild 1



Bild 2



Bild 3



Bild 4

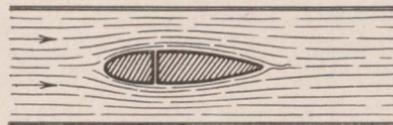


Bild 5

Bild 1 bis 5. Wirbelbildung hinter verschiedenen angeströmten Körpern gleicher Stirnfläche. Der den Strömungslinien am besten angepaßte Stromlinienkörper hat die geringste Wirbelbildung, d. h. den niedrigsten Widerstandswert

Auftriebes als Rückstoß der Luft, die durch eine schräg gegen die Luft gestellte Fläche abgelenkt wird. Der Flug des Papierdrachens, den jeder aus seiner Jugend kennt, kommt so zustande.

Der Winkel, den die Fläche (der Drachen) mit der anströmenden Luft bildet, heißt der **Anstellwinkel**. Der Auftrieb wächst mit

vergrößertem Anstellwinkel. Infolge der dadurch vergrößerten Stirnfläche wächst aber auch der Widerstand. Er erreicht seinen Höchstwert bei 90° ; der Auftrieb nimmt aber von etwa 20° an ab und ist bei $90^\circ = 0$. Auch mit einer Vergrößerung der Fläche wächst der Auftrieb, aber gleichzeitig wächst damit ihr Widerstand.

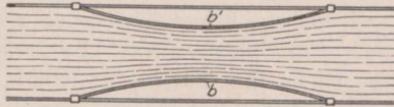


Bild 6



Bild 7

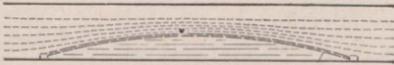


Bild 8



Bild 9

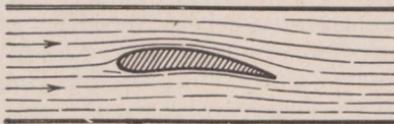


Bild 10

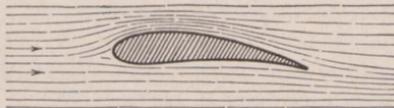


Bild 11

Bild 6 bis 11. Beobachtungen im Strömungskanal und in der Natur zeigen, daß eine Verengung des Strombettes die Strömung beschleunigt. In der Luft bilden die ungestörten Luftschichten die „Ufer“

Der Flugzeugbauer wird also versuchen, bei möglichst kleinem Widerstand einen möglichst großen Auftrieb zu erzielen.

Erfahrung und Berechnung haben ergeben, daß in dieser Hinsicht am günstigsten eine gewölbte Fläche mit stromlinienförmigem Profil ist. Ein solches Profil hat einen geringen Widerstand, zugleich ergibt

sich durch die Wölbung bereits bei sehr kleinen Anstellwinkeln ein Auftrieb. Die Stirnfläche bleibt dabei klein, der Widerstand wird verhältnismäßig wenig verstärkt.

Der Druck auf der Tragflächenunterseite genügt aber nicht, den starken Auftrieb, der tatsächlich entsteht, zu erklären. Es kommt vielmehr dazu, daß die strömende Luft auf der Oberseite der gewölbten Tragfläche schneller als auf der Unterseite fließt. Man möge sich vorstellen, daß das gleichmäßig breite „Bett“ des Luftstromes durch die Profilwölbung verengt wird. Der durch die Profilnase nach oben abgelenkte Teil der Luft erfährt infolgedessen eine Beschleunigung, wie jede Beobachtung eines unregelmäßigen Wasserlaufes zeigt. Dadurch wieder (Lehrsatz von Bernoulli) entsteht an der Oberseite der Fläche



Bild 12. Jeder Tragflügel verliert bei einem bestimmten Anstellwinkel, der vom Profil abhängig ist, einen großen Teil seines Auftriebs, während der Widerstand stark wächst. Die Strömung „reißt ab“

ein Unterdruck, ein „Sog“^{2a}). An jedem Zerstäuber kann man sich diese Sogwirkung leicht verdeutlichen. Dieser Sog ist nun etwa doppelt so stark wie der Druck auf der Unterseite. Es ergibt sich danach die zunächst überraschende Feststellung, daß ein Flugzeug überwiegend hochgesaugt, nicht hochgedrückt wird, Bild 6 bis 11.

Daß der Auftrieb mit dem Anstellwinkel zunimmt, wurde bereits erwähnt. Das ist aber bei der gewölbten Flugzeugfläche nur in engen Grenzen richtig. Wird der Anstellwinkel nämlich größer als etwa 15°, so fließt die Strömung nicht mehr glatt an der Oberseite entlang, es bilden sich, von der Hinterkante ausgehend, Wirbel, die Strömung „reißt ab“, der Auftrieb verwandelt sich in starken Widerstand, das Flugzeug verliert „Fahrt“, Bild 12. Da der Auftrieb wie der Widerstand mit der Geschwindigkeit wächst, so bedeutet eine Verminderung der relativen Luftgeschwindigkeit zugleich einen vermehrten Auftriebsverlust, der schließlich so groß werden kann, daß das Flugzeug abstürzt. Zugleich erklärt diese letzte Feststellung aber auch, warum die langsam fliegenden Segelflugzeuge verhältnismäßig größere Tragflächen brauchen als schnelle Motormaschinen, soweit sie den geringeren Auftrieb nicht durch niedriges Gewicht wieder wett machen.

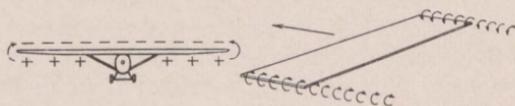
^{2a}) Der von mir verwendete Ausdruck „Sog“ für „Druckverminderung“ ist zwar nicht einwandfrei, wird aber der Einfachheit wegen verwendet.

Der unter der Tragfläche herrschende Überdruck sucht sich mit dem Unterdruck auf der Flügeloberseite an den Tragflächenenden auszugleichen. Dadurch entstehen die Randwirbel, die sich bei der raschen Bewegung des Flugzeuges zu einer Wirbelschleife auswachsen und den induzierten Widerstand hervorrufen, Bild 13.

Diesen Widerstand sucht man durch ein gutes Seitenverhältnis — Verhältnis von Flügeltiefe zu Spannweite (F/b^2) — auszugleichen, denn je größer die Spannweite, desto geringer ist die Wirkung des induzierten Widerstandes.

Der Vergrößerung der Spannweite sind aber durch die Erfordernisse der Festigkeit und Steuerbarkeit Grenzen gesetzt. Andere Mittel, den induzierten Widerstand zu verringern, sind die Verjüngung der Flügelenen, die Druck und Sog vermindert, und die Schränkung, d. h. die Verringerung des Anstellwinkels nach den Enden zu, so daß

Bild 13. Druckausgleich an den Flügelenen und „Wirbelschleife“ die Ursachen des induzierten Widerstandes



bei normaler Fluglage an den Enden überhaupt kein oder nur geringer Auftrieb vorhanden ist^{2b)}.

Bisher war immer nur von der Tragfläche und ihrer günstigsten Form die Rede. Wenn es nur auf den Auftrieb ankäme, so brauchte man auch nichts weiter zum Fliegen. Vom Flugzeug wird aber noch etwas anderes verlangt, nämlich Stabilität, das ist die Eigenschaft durch die ein Flugzeug, das durch Böen oder Ruderwirkung aus der Normallage gebracht wurde, diese selbsttätig wieder einnimmt. Sie erleichtert das Fliegen und gibt größere Sicherheit. Je größer allerdings die Stabilität, desto geringer ist die Wendigkeit.

Entsprechend den drei Bewegungsachsen des Flugzeuges muß von einer dreifachen Stabilität gesprochen werden. Von der Längsstabilität gegen Kippen nach vorn oder hinten, von der Querstabilität gegen seitliches Kippen und von der Kursstabilität gegen Abweichungen aus der Flugrichtung.

Zur Längsstabilität gehört der Begriff des Druckmittelpunktes, den wir uns als Gegenstück des Schwerpunktes vorzustellen haben, also als den gedachten Angriffspunkt aller von der Erde wegstrebbenden Kräfte. Dieser Druckmittelpunkt liegt in der Normallage genau über dem Schwerpunkt der Tragfläche, etwa im ersten Drittel

^{2b)} Diese wie auch einige andere Erklärungen sind nicht unbedingt einwandfrei, dienen aber bei dem beschränkten Raum dieser Abhandlung am besten der Anschaulichkeit.

der Flügeltiefe. Aber er wandert: bei vergrößertem Anstellwinkel nach vorn, bei vermindertem nach hinten.

Ein Tragflügel, den man allein fliegen lassen würde, ginge sehr schnell aus der normalen Gleitfluglage in eine andere Lage über. Denn verschiebt sich der Druckpunkt nur ein wenig nach vorn, so ergibt sich eine Drehneigung, die Flügelnase würde weiter gehoben, die Hinterkante würde durch die Schwerkraft nach unten gezogen, sehr schnell würde die Fläche „überzogen“ sein. Wandert der Druckpunkt nach hinten, so geht der Gleitflug bald in Sturzflug über, dann in die Rückenlage, schließlich würde sich der Flügel beständig überschlagen. Nur solange der Schwerpunkt genau unter dem Druckpunkt liegt, hält sich der Flügel in der normalen Gleitfluglage.

Wie aber erreicht man das? Durch eine Kraft, die der ständigen Verschiebung des Druckpunktes entgegenwirkt, durch das Höhenleitwerk, insbesondere durch dessen feststehenden Teil, die Dämpfungsfläche. Diese, ein zweiter kleinerer Tragflügel am Ende des Rumpfes, wird so ausgerichtet, d. h. erhält einen solchen Einstellwinkel, daß die an ihr auftretenden Kräfte auf die Lage des Tragflügels ausgleichend wirken. Bei Normalflug, wenn der Druckpunkt genau über dem Schwerpunkt liegt, hat die Höhenflosse weder Auf- noch Abtrieb. Vergrößert sich der Anstellwinkel des Flügels, so wandert der Druckpunkt nach vorn. Das Flugzeug würde schwanzlastig werden, wenn nicht gleichzeitig der Anstellwinkel des Höhenleitwerkes positiv würde. Durch den dadurch entstehenden Auftrieb wird das Flugzeug in die Normallage zurückgedreht, wobei der Rumpf als Hebel wirkt.

Im Abwind ist es genau umgekehrt, der Druckpunkt wandert nach hinten, das Flugzeug wird kopflastig, gleichzeitig wird aber der Anstellwinkel des Leitwerkes negativ, es liefert Abtrieb und gleicht dadurch die am Flügel wirkende Kraft wieder aus³⁾.

Dem seitlichen Kippen wirken die Tragflächen schon von sich aus entgegen; denn bei der niedergehenden Flügelhälfte verstärkt sich der Druck auf der Unterseite, was zusammen mit der Anströmung aus der Flugrichtung einer Vergrößerung des Anstellwinkels gleichkommt. Bei der nach oben gehenden Hälfte ist es umgekehrt, so daß sich eine rückdrehende Kraft ergibt. Durch eine V-förmige Flügelanordnung wird diese Kraft noch verstärkt. Gleichzeitig geht aber Auftrieb verloren, vor allem deshalb, weil der induzierte Widerstand wächst.

Die Kursstabilität ist eigentlich nur eine Dämpfung der Bewegungen, die nach rechts oder links von der Flugrichtung abweichen. Sie wird durch die Seitenwände des Rumpfes und durch eine vor dem Seitenruder angebrachte feststehende D ä m p f u n g s f l o s s e erreicht. Flügel in Pfeilform verstärken diese Dämpfung noch.

3) Es gibt auch „Nurflügelflugzeuge“, die aber nur schwierig stabil zu erhalten sind, unter Anwendung sogenannter „druckpunktfester“ Profile oder stark pfeilförmiger Flügel.

Ein in allen Richtungen stabiles Flugzeug wird also genau geradeaus fliegen, d. h. je nach seiner Gleitzahl geradlinig dem Boden zugleiten. Um die Flugrichtung willkürlich ändern zu können, brauchen wir nun noch die Ruder und das Steuerwerk.

Die bewegliche Verlängerung der Seitenflosse, das **Seitenruder**, wird durch einen Fußhebel bedient. Das **Höhenruder** wird durch den sog. Knüppel bewegt. Zieht der Pilot den Knüppel an sich, so steigt die Maschine ^{3a)}, drückt er den Knüppel nach vorn weg, so fällt sie. In der Fliegersprache heißt es: man „zieht“ oder „drückt“ das Flugzeug.

Der Knüppel bewegt aber zugleich auch die Querruder an den Flügelhinterkanten und zwar gegenläufig, so daß immer das eine nach oben ausschlägt, wenn das andere nach unten geht. Das Querruder gibt dem Flugzeug beim Kurvenflug die nötige Schräglage.

Damit wäre das Segelflugzeug fertig und die Aufgabe seiner einzelnen Teile erklärt. Nur die Instrumente fehlen noch, von denen die wichtigsten später erwähnt werden.

In der Geschichte des Segelfluges dauerte es allerdings eine ganze Zeit, bis man die Gesetze der Flugphysik soweit erkannt hatte und sie beim Bau der Flugzeuge auswerten konnte.

Mensch, Maschine, Meteorologie

Diese Dreieheit bezeichnet die Grundlagen, auf denen der Segelflug beruht. Der Flieger mußte sich mit dem Konstrukteur und dem Meteorologen zusammentun, um die heutigen Leistungen zu erreichen.

Natürlich ist eine solche schematische Trennung nur ein Anhaltspunkt; zumindest im Beginn der Segelflugbewegung waren die Flieger auch zumeist ihre eigenen Konstrukteure und oft auch Meteorologen.

Die erste Stunde Segelflug

Nach Lilienthals Tode kam der Segelflug in Deutschland zunächst nicht recht weiter. Einzelne Begeisterte hielten zwar die Idee wach — aber vorerst fehlten neue Antriebe. Die Entwicklung wandte sich mehr in die Richtung, die seit den Erfolgen der Wrights mehr und mehr an Bedeutung gewonnen hatte. Der Motorflug trat in den Vordergrund.

Immerhin wurde 1912 bis 1914 die Wasserkuppe als Segelfluggelände entdeckt, die später der „heilige Berg“ des motorlosen Fluges wurde. Aber der Weltkrieg unterbrach alle Pläne — alle Kräfte waren nur noch auf stärkste Förderung des Motorfluges bedacht. Mittelbar allerdings diente diese Entwicklung auch dem Segelflug, denn eine große Zahl von Piloten wurde mit dem Flug vertraut. Als durch Versailles der Motorflug in Deutschland abgedrosselt wurde, gewann über Nacht der Segelflug neuen Auftrieb. Modell- und Gleitflugvereine lebten wieder auf,

^{3a)} Hierbei ist ein Geschwindigkeitsüberschuß vorausgesetzt! Wird der Knüppel nämlich bei Langsamflug gezogen, dann ändert sich nur der Anstellwinkel, bis bei etwa 20° der „überzogene“ Flugzustand eintritt, die „Strömung abreißt“ und ein steuerloser Sturz- zustand beginnt.

die zusammen mit dem „Rhönvater“ *Ursinus* durch einen begeisterten Aufruf die Anregung zu dem ersten Rhönwettbewerb 1920 gaben.

1921, beim nächsten Wettbewerb, wurden schon Flüge bis zu 21 min Dauer und 7,5 km Strecke erzielt.

Im Wettbewerb 1922 trugen diese Vorarbeiten wertvolle Früchte. Zum erstenmal wurden Flugzeiten von über 1 Stunde erreicht.

Von den verschiedenen Arten aufsteigender Luftströmungen, den Aufwinden, ist in diesen Jahren, bis 1925 nur der Hangwind allgemein bekannt und genutzt worden, der schon Lilienthals Gleiter sekundenlang hob.

Wie das Wort sagt, entsteht der Hangwind dort, wo ein waagerechter Luftstrom durch einen Berg oder Hügelzug nach oben abgelenkt wird. Am stetigsten weht er, wo ein längerer Höhenzug aus ebenem Gelände quer zur herrschenden Windrichtung sich erhebt, wie es etwa

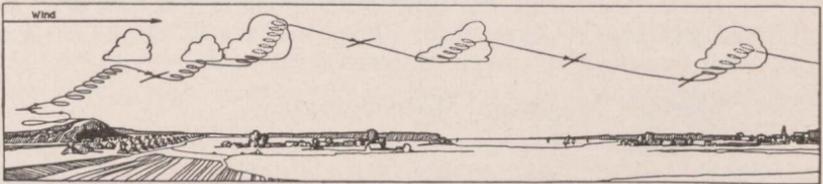


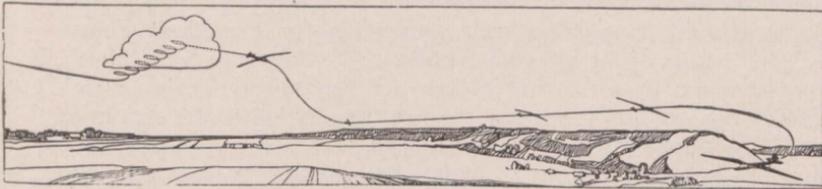
Bild 14 und 15. Beispiel eines Streckenfluges mit Ausnutzung verschiedenster Wolke, Blindflug in der Wolke usw. Zum Schluß

an der Wasserkuppe, an den Dünen bei Rossitten, am Hornberg in der Schwäbischen Alb, bei Grunau im Riesengebirge und vielen ähnlichen Bergen der Fall ist. Diese Gebiete waren zunächst die Fluggelände. Dort entwickelte sich ein lebhafter Übungsbetrieb, dort fanden sich neue Gruppen zusammen, von dort her verbreitete sich die Bewegung über das ganze Land und über seine Grenzen hinaus.

Die Stärke des Hangwindes hängt nicht nur von der waagerechten Windgeschwindigkeit ab, sondern auch von der Höhe des entgegengesetzten Berges, von seiner Form — ob Kegel oder gestreckter Höhenzug, von der Steilheit des Anstieges, und schließlich von der meteorologischen Erscheinung, die als „Inversion“ bezeichnet wird und die bei allen Aufwindarten eine Rolle spielt. An sich nimmt die Lufttemperatur mit der Höhe ab. Es geschieht aber nicht selten, daß sich eine kältere Luftschicht unter eine wärmere schiebt. Da in solcher „Inversionsschicht“ am Hang meist Windstille herrscht, setzt die Luftbewegung erst darüber ein und erzeugt nur einen schwachen Aufwind, da die darunter liegende Luftschicht wie eine feste Fläche wirkt, um deren Höhe der Hang „niedriger“ wird.

In diesen je nach der Wirkung der genannten Einflüsse verschieden starken Hangwind wird nun das Flugzeug hineingeschleudert, nachdem es zunächst den notwendigen Auftrieb durch eine bestimmte Anfangsgeschwindigkeit erhält, die je nach der Bauart und der Windstärke verschieden groß ist. Lilienthal gewann diese Anfangsgeschwindigkeit, indem er gegen den Wind lief und sich dann von erhöhter Stelle abstieß. Diese Startart wurde von seinen Schülern noch lange gepflegt und auch in den ersten Jahren der Rhön noch ausgeübt.

In den Anfangsjahren versuchte man auch, das bemannte Flugzeug gegen den Wind zu tragen. Das war bei den leichten Gewichten zunächst möglich, aber nur kurze Zeit. Dann wurde der Katapultstart mit Fallgewicht, Seilzug und Startbahn der Gebrüder Wright auch in Deutschland angewendet, konnte sich aber wegen seiner Schwierigkeit und Kostspieligkeit nicht durchsetzen. Auch der Start mit einem Hanfseil nach Drachenart hat Anhänger gefunden.



Aufwindarten. Start am Hang, Thermikflug, Wolkenflug, Gleitflug zur nächsten Streckenflug im Hangwind entlang einem Bergzug

Seit 1920 aber wird die nötige Anfangsgeschwindigkeit durch den Gummiseilstart erreicht. Das Flugzeug wird am Schwanz durch eine Haltemannschaft festgehalten, in einen Haken unter der Rumpfnase ist ein Gummikabel eingehängt, dessen beide Enden von der Startmannschaft kräftig ausgezogen werden. Während die Ziehenden hangabwärts laufen, gibt die Haltemannschaft am Schwanz auf das Kommando „Los“ das Flugzeug frei, das nun durch den Zug des gespannten Seiles in die Luft geschleudert wird. Dabei fällt dieses selbsttätig aus seinem Haken, wenn das Flugzeug über die Startmannschaft wegfliegt. Der Flieger, der durch den Start den Aufwind erreicht hat, segelt nun am Hang entlang. Am Ende des Aufwindfeldes wendet er vom Hang weg und fliegt wieder zurück. Mit solchen regelmäßigen Achterschleifen kann er sich bei ausreichendem Wind stunden-, ja tagelang in der Luft halten.

Die ersten Flüge über eine Stunde von *Martens*, *Hackmack* und *Hentzen* hatten viele Hoffnungen erweckt. Die Segelflugbewegung breitete sich aus, auch im Ausland taten sich Gruppen auf. Der Sportgeist feuerte zu neuen Bestleistungen an. Bis 1925 wurden Strecken

von 24 km (*Nehring*), Höhen bis zu 720 m und Dauerflüge von 12 Stunden (*Ferd. Schulz*) erzielt. Die übersteigerten Erwartungen, die man an diese Erfolge knüpfte, konnten freilich nicht erfüllt werden. Enttäuschung gefährdete den Fortschritt. Noch hielten viele auch in Deutschland den Segelflug für einen Ersatz des Motorfluges und kehrten ihm den Rücken, als der Motorflugsport wieder freigegeben wurde.

Konstruktive Fortschritte

Inzwischen hatten aber Konstrukteure und Meteorologen Erfahrungen gesammelt, die den neuen Aufstieg einleiteten. Flugzeuge wie der „Vampyr“, den Professor *Madelung* 1921 zusammen mit der Akademischen Fliegergruppe der Technischen Hochschule Hannover entwickelte, zeigten den Weg, der zu neuen Erfolgen führte. Nach den bisher üblichen Doppeldeckern, verspannten Flugzeugen und allerlei anderen mehr oder weniger zweckmäßigen Konstruktionen fand man jetzt den Weg zum freitragenden einholmigen Eindecker mit drehsteifer, sperrholzbeplankter Flügelnase; diese Bauart erlaubte, leichte Flügel von großer Spannweite mit ausreichender Festigkeit auszuführen. Noch heute ist sie allgemein üblich. Es würde zu weit führen, die Verbesserungen in der Konstruktion der Segelflugzeuge im einzelnen zu verfolgen, zu schildern, wie man immer mehr lernte, den Luftwiderstand zu verringern, die Gleitzahl zu verbessern und die Sinkgeschwindigkeit herabzusetzen. Heute entscheidet man nach den verschiedenen Zwecken einige Grundformen, innerhalb deren es wieder eine größere Zahl von Mustern gibt. Jedes dieser Muster hat seine besonderen Vorzüge und wird je nach der zu erfüllenden Aufgabe eingesetzt.

Für den Anfänger gibt es eine Anzahl von Schulflugzeugen, einfache Gleiter, die kräftig gebaut sind, sich leicht auf- und abbauen lassen und eine besonders große Flugstabilität bei verhältnismäßig hoher Steuerempfindlichkeit aufweisen. Die einzelnen Teile sollen ohne Schwierigkeit auswechselbar sein. Auf besonders gute Flugleistungen kommt es im übrigen nicht so sehr an, denn der Flugschüler soll zunächst nur in kleinen „Sprüngen“ sich an das Gefühl des Fliegens gewöhnen und mit der Wirkung der Ruder vertraut werden. Damit der Anfänger nicht in gefährliche Lagen gerät, ist eine niedrige Gleitzahl erwünscht, je nach dem Gelände 1:10 bis 1:14. Die bekanntesten Schulgleiter sind heute der „Zögling“, der in zahlreichen Spielarten in aller Welt vertreten ist und die „Grunau 9“, Bild 16.

Wer die A-, B- und C-Prüfung hinter sich hat, der braucht ein anderes Flugzeug, um sich mit dem eigentlichen Segelflug vertraut zu machen und auf den Leistungsflug, das silberne und goldene Leistungsabzeichen vorzubereiten. Als Übungsflugzeug verwendet man eine Maschine mit kleiner Spannweite, die sich leicht befördern, auf-

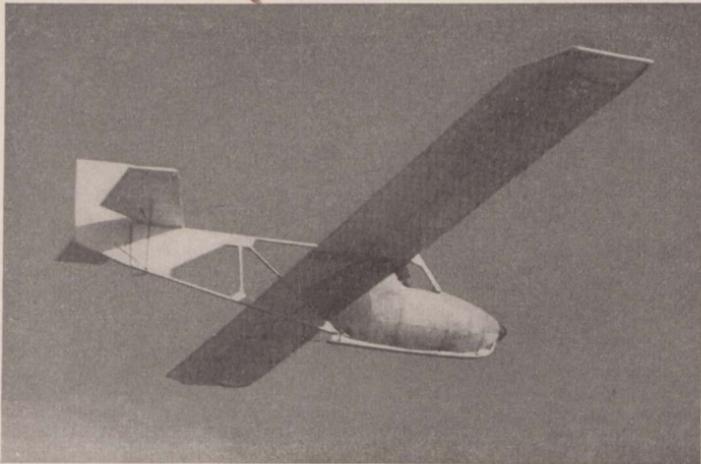


Bild 16. Schulflugzeug „Grunau 9“ mit Führersitzverkleidung,
bekannt als „Ei“

und abbauen und unterbringen läßt. Die Normalfluggeschwindigkeit soll auch hier nicht zu groß sein, besonderer Wert wird auf niedrige Landegeschwindigkeit gelegt. Hohe Steuerempfindlichkeit ist notwendig, gute Eigenstabilität wird ebenfalls verlangt, die aber nicht, wie beim Schulgleiter, bis zur völligen Trudelsicherheit geht. Flugzeuge dieser Art sind das „Grunau Baby“ mit einer Spannweite von 13,5 m und Göppingen 1 „Wolf“ mit 14 m.

Beim Leistungsflugzeug kommt es vor allem auf höchste aerodynamische Güte an. Auch diese Maschinen müssen einfach auf- und abzubauen sein, weil sie oft zerlegt und zum Startplatz zurückbefördert werden müssen.

Die Zahl der Baumuster für den Leistungsflug ist so groß, daß hier nur einige genannt werden können. Der „Vampyr“ wurde bereits erwähnt. Die von Lippisch entwickelte „Wien“ zeichnete sich durch sehr niedrige Sinkgeschwindigkeit aus. Das bisher größte Segelflugzeug, die „Austria“ von Kupper hatte eine Spannweite von 30 m und eine eigenartige Rumpf- und Leitwerkkonstruktion. Baukosten etwa 30 000 RM. Das Flugzeug, auf dem *Groenhoff* seine Rekorde erzielte, ist der „Fafnir“, der 1930 von Lippisch gebaut wurde, ein freitragender Schulterdecker mit einer Spannweite von 19 m. Zum erstenmal wurde hier der Führer vollkommen im Rumpf untergebracht, Bild 17.

Mit dem „Rhönadler“, Bild 18, schuf *Jacobs* (Deutsche Forschungsanstalt für Segelflug, Darmstadt-Griesheim) durch einfachen Aufbau ein besonders billiges Leistungsflugzeug. Eine ganz kleine leichte Maschine

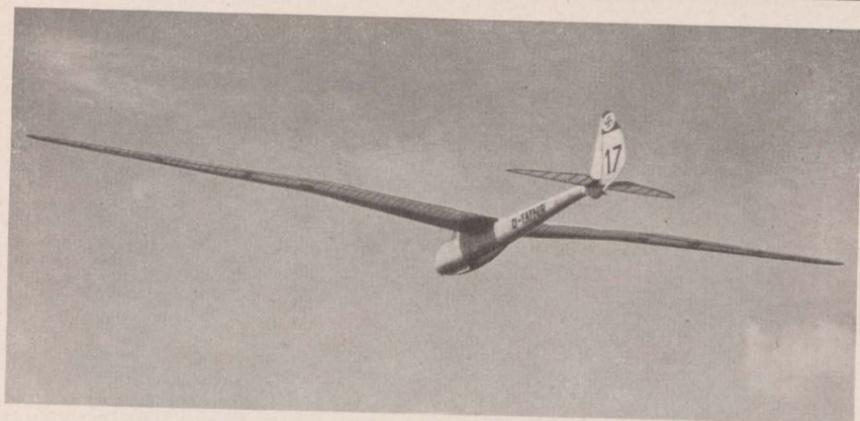


Bild 17. Segelflugzeug „Fafnir“ mit Grönhoff im Fluge

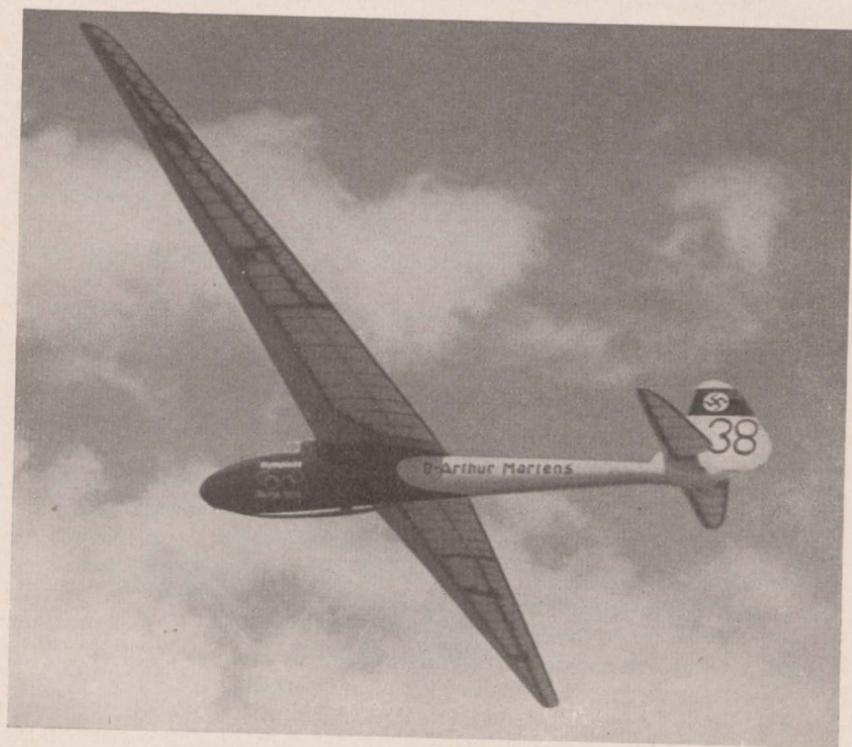


Bild 18. Segelflugzeug „Rhönadler“ im Fluge



Bild 19. Doppelsitziges Segelflugzeug „Kranich“ mit geschlossener Führerhaube

war das „Windspiel“, ein Hochdecker mit einer Spannweite von 12 m und einem Gewicht von 63 kg. Für Forschungszwecke wurde in dem Segelflugboot „Seeadler“ mit Stützwimmern im Flügelknick eine besondere Konstruktion für Flüge über Wasser geschaffen.

Ein doppelsitziger Leistungssegler ist der „Kranich“, Bild 19, der für die Leistungs- und Blindflugschulung und für Prüfungsflüge eingesetzt wird. Das Flugzeug kann auch einsitzig ohne Ballast geflogen werden. Bei dieser Gelegenheit mag erwähnt werden, daß in Amerika bereits viersitzige Segelflugzeuge gebaut und geflogen worden sind.

Nachdem bei Kunstflügen ohne genügende Erfahrung Unfälle sich häuften, mußte der Kunstflug für Segelflugzeuge eine Zeit lang gesperrt werden. Die Deutsche Forschungsanstalt entwickelte dann den „Habicht“, der infolge seiner hohen Festigkeit Sturzfluggeschwindigkeiten von 420 km/st einwandfrei aushält und als voll kunstflugtauglich zugelassen wurde.

Heute werden von den Leistungsflugzeugen eine Anzahl einander widerstrebender Eigenschaften gefordert, die den Konstrukteur vor schwierigste Aufgaben stellen. Einerseits verlangt man gute Flugeigenschaften, eine hohe Gleitzahl bei geringer und bei hoher Flugeschwindigkeit, andererseits braucht man für schwache Aufwinde eine geringe Sink- und Flugeschwindigkeit, ohne aber auf die erstgenannten Eigenschaften zu verzichten. An neuen, immer besseren und vielseitigeren

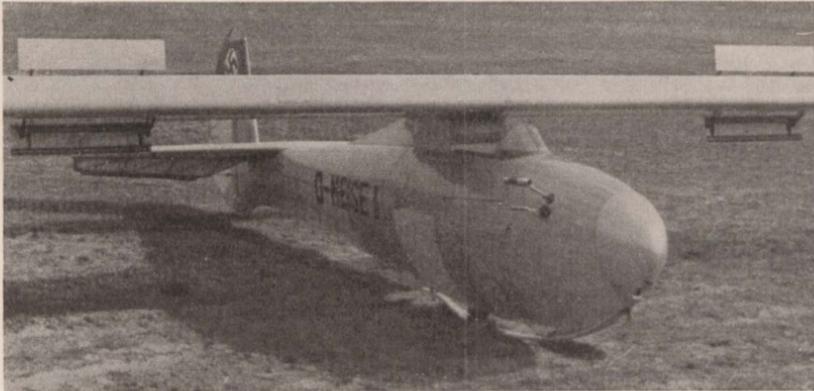


Bild 20. Segelflugzeug „Rhönbussard“ mit ausgefahrenen „Bremsklappen“, die den Auftrieb zum Teil vernichten und dadurch die Sinkgeschwindigkeit erhöhen

Lösungen wird daher ständig gearbeitet. Bild 20 und 21 geben Beispiele weiterer Baumuster. Die „Minimoa“ ist eine der bekanntesten Konstruktionen des Verfassers, mit der die Weltrekordhöhe von 8100 m ü. Meer erreicht wurde.

Auch die Flieger selbst strebten vorwärts. 1926 wurde *Max Kegel* halb unfreiwillig in eine Gewitterbö hineingezogen, die über die Wasserkuppe wegbrauste und ihn 52 km weit über Berge und Täler fortrug.

Die Flugmöglichkeit vor einer Gewitterfront beruht darauf, daß mit dem Gewitter ein Einbruch kalter Luft einhergeht, ein Kaltluft„keil“ bewegt sich gegen die ruhende Warmluft, drückt sie nach oben und erzeugt so vor der Wolkenfront einen starken Aufwind, der um so kräftiger ist, als die warme Luft ohnehin nur noch leicht am Boden haftet (labile Schichtung), und auf einen geringen Anstoß hin aufzusteigen bereit ist.

Welche Leistungen beim Frontenflug möglich sind, zeigte der Rekordflug *Gunther Groenhoffs*, der 1931 vor einer Gewitterfront von München aus 272 km bis Kaaden (Tschecho-Slowakei) segelte, eine Strecke, die drei Jahre unerreicht blieb und bis heute die größte Frontenflugleistung darstellt. Wegen der Seltenheit geeigneter Wetterlagen hat diese Form des Segelfluges heute allerdings nur noch geringe Bedeutung. 1931 war überhaupt ein Erfolgsjahr des Segelfluges, das nach langen Forschungen und Vorbereitungen die Leistungen brachte, die der Segelflugbewegung neuen Schwung gaben. Eine weitere Verbreitung war insbesondere durch Auto-, Winden- und Flugzeugschlepstart möglich geworden, die auch in der Ebene Segelflugschulung ermöglichten.

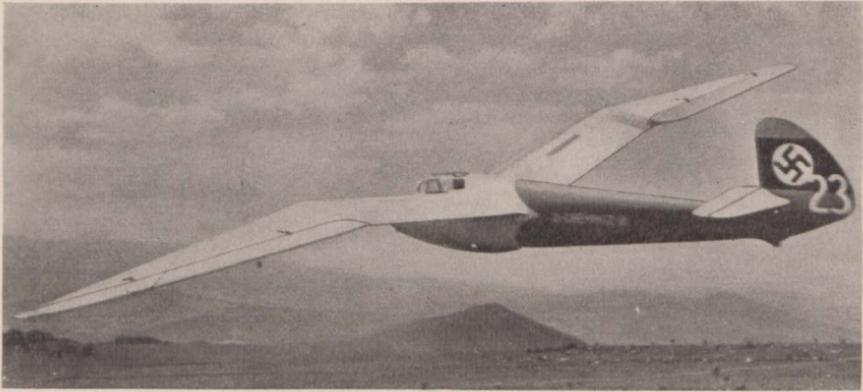


Bild 21. Segelflugzeug „Minimoo“ im Fluge

Die Methode des Flugzeugschlepps wurde in Deutschland zuerst von *Espenlaub* mit *Fieseler* zusammen in Kassel versucht. *Peter Riedel* als Schleppilot und *Groenhoff* im Segelflugzeug erprobten dann 1931 die praktische Tauglichkeit. Im April 1931 erzielte *Groenhoff* die ersten großen Erfolge. Im Herbst bereits wurde der erste Schleppflugkursus in Darmstadt-Griesheim durchgeführt. Heute ist der Flugzeugschlepp für den Kunstflug, für Vorführungs- und Versuchsflüge, zum Einfliegen neuer Modelle und zum thermischen Segeln fast unentbehrlich.

Bei allen drei Startarten wird das Segelflugzeug mittels eines etwa 3,5 bis 5 mm starken Stahlseils von etwa 120 m (Auto-Flugzeugschlepp) bzw. 1000 m Länge (Windenschlepp) gezogen und gewinnt dabei soviel Höhe, daß es nach dem „Ausklinken“ des Seiles einen Gleitflug ausführen kann oder „Anschluß“ an den Aufwind erhält, in dem es dann selbständig weiterfliegt. Besondere Einrichtungen — Sollbruchstellen des Seiles, Kappvorrichtungen an der Winde, Ausklinkvorrichtung am Schwanzsporn des Schleppflugzeuges — erlauben die schnelle Lösung des Segelflugzeuges bei Gefahrzuständen durch zu hohe Geschwindigkeit oder Fehler des Flugschülers.

Meteorologische Erkenntnisse

Nachdem der Segelflug einmal vom Hang gelöst war, gewann die meteorologische Forschung zunehmend an praktischer Bedeutung. Die Einzelerfahrungen der Piloten wurden nun in systematischen Versuchsflügen wissenschaftlich unterbaut. Insbesondere Professor *Georgii* von der Deutschen Forschungsanstalt, der bereits 1923 Möglichkeiten des thermischen Segelfluges erkannte, hat hier wertvolle Forschungsarbeit geleistet.

Die Luftströmungen, die von den Segelfliegern unter dem Namen Thermik zusammengefaßt werden, liefern die Aufwinde, die heute für den Leistungssegelflug die weitaus größte Bedeutung haben.

Voraussetzung für solche Luftbewegungen sind sog. labile Temperaturschichtungen, in denen ein geringer Anstoß genügt, um die Luft zum Hochsteigen, an anderen Stellen zum Absinken zu bringen.

Eine „trockenlabile“ Temperaturschichtung entsteht, wo die Sonne den Boden kräftig erhitzt und damit auch die darüber lagernde Luft, z. B. über einem Getreidefeld. Ist die umgebende Luft kühler, weil etwa ein Wald oder eine Wasserfläche die Sonnenwärme stärker verschluckt, so gewinnt die stark erwärmte Luft über dem Feld wie ein Ballon Auftrieb, löst sich, wenn die Spannung groß genug ist, vom Boden los und steigt aufwärts, während aus der kühleren Umgebung Luft nachströmt. Aufsteigende Luft aber kühlt sich ab, und zwar um rund 1°C je 100 m Höhe. Da die ruhende Luft der Umgebung sich oft wesentlich langsamer in der Höhe abkühlt, kommt die Thermikblase nach einiger Zeit ins Temperaturgleichgewicht und steigt dann nicht mehr weiter. Sie kann auch auf eine „Inversionsschicht“ stoßen, in der die höhere Luft „plötzlich“ wärmer ist als die darunter liegende. Dann hört der Aufwind entweder ganz auf oder er wird doch kräftig abgebremst, so daß er unter Umständen nicht mehr ausreicht, das Flugzeug, das sich in ihm bewegt, zu heben.

Eine „feuchtlabile“ Temperaturschichtung liefert den Wolkenaufwind. In Luftmassen, die viel Wasserdampf enthalten, steckt eine starke Wärmeenergie. Kühlt die Luft sich in der Höhe über dem Sättigungspunkt ab, so muß sie einen Teil der Feuchtigkeit und damit auch der gespeicherten Wärme abgeben. Es bilden sich Wolken, in denen meist ein kräftiger Aufwind infolge der freiwerdenden Wärme zu finden ist. Die „Gewittertürme“, die auf dieser Erscheinung beruhen, sind allgemein bekannt.

Die „Windthermik“, die 1934 und 1935 zu großen Leistungen im Rhönwettbewerb geführt hat, ist nichts weiter als eine Verbindung großer Windgeschwindigkeit mit starker senkrechter Bewegung sehr labiler Luftmassen, die außerdem sehr feucht waren, also im Aufsteigen bald verdichteten. Es entstehen dann ziehende Wolkenstraßen, unter denen man stundenlang geradeaus segeln kann.

Eine Aufwindart, deren Erforschung noch nicht abgeschlossen ist, die „Lange Welle“ oder das „Moazagotl“⁴⁾, sei hier noch kurz erwähnt. Sie entsteht bei stabiler Luftschichtung, d. h. wenn eine starke und verbreitete Inversion senkrechte Luftströmungen unmöglich macht. Eine starke Windströmung, die durch einen quer zu ihrer Richtung liegenden

4) So genannt nach einer für diese Aufwindart eigentümlichen Wolkenbildung im Riesengebirge, die im Volksmund diesen Namen trägt.

Gebirgszug angehoben wird, prallt, im Lee des Gebirges absinkend, auf diese stabile Luftschicht auf und erregt dadurch „stehende“ Wellen von oft beträchtlicher Scheitelhöhe. Die Ausnutzung dieser Wellenbewegung, die allerdings besonderes segelfliegerisches Können voraussetzt, hat zu erstaunlichen Höhenflügen geführt. So gelang *Paul Steinig* 1937 ein Höhenflug von 5760 m und Dr. *Joachim Küttner*, der sich besonders mit der Erforschung der Langen Welle beschäftigt hat, konnte sogar eine Höhe von 6400 m erreichen.

Der Raum verbietet, auf die einzelnen Erkenntnisse der meteorologischen Forschung und ihre Bedeutung für den Segelflug hier näher einzugehen. Welche Erfolge die systematische Zusammenarbeit von Wissenschaft, Konstruktionstechnik und sportlichem Fliegergeist bisher erreichte, mögen zum Abschluß einige Zahlen zeigen.

Vorher aber noch ein Wort über die Instrumente, die sich für den Leistungsflug als nötig erwiesen haben. Segelflug-Können beruht zum Teil auf „Gefühl“, das aber in gewissen Fluglagen versagt. So kann z. B. gleichmäßiges Fallen oder Steigen nicht wahrgenommen werden, weil der Mensch nur Beschleunigungen, nicht aber gleichförmige Bewegungen „fühlt“. Darum braucht man einen Variometer oder Steiggeschwindigkeitsmesser, der wie ein Dosenbarometer die Tatsache der Luftdruckveränderung mit der Höhe ausnutzt.

Höhenmesser (Barometer), Höhenschreiber (Barograph) bzw. Thermobarograph, der auf einem Streifen Höhe und Temperatur zugleich aufzeichnet, brauchen hier nicht näher beschrieben zu werden.

Für den Blindflug (in Wolken) ist unbedingt ein Wendezeiger (Kreiselgerät, durch Luftturbine oder elektrisch getrieben) nötig, der dem Flieger die Abweichung von der geraden Flugrichtung anzeigt.

Der Längsneigungsmesser zeigt die Neigung der Längsachse zur Erdoberfläche an.

Für den Schleppflug ist ein Schlepptelefon, dessen Kabel in das Schleppseil eingeflochten ist, zur Verständigung zwischen Motor- und Segelflieger nützlich. Auch an der Entwicklung eines vielseitig verwendbaren Funkgerätes wird gearbeitet.

Höhenflüge führten — wie bereits bemerkt — über 6000 m hinaus. Beim Rhönwettbewerb im August 1938 erreichte *Drechsel*-Berlin sogar 8100 m (7070 m über Start). Sauerstoffmangel zwang ihn vorzeitig zum Niedergehen; man wird daher künftig mehr als bisher mit Höhenatmungsgerät arbeiten müssen.

Der deutsche Streckenrekord liegt zur Zeit bei 504,2 km. Diese Strecke (Wasserkuppe—Brünn, Tschecho-Slowakei) wurde 1935 gleichzeitig von vier Fliegern erreicht. Aus Rußland ist sogar eine Streckenleistung von 652 km bekannt.

Im Dauerflug haben sich in letzter Zeit besonders *Kurt Schmidt* (1933 — 36,36 st) und 1937 *Franz Jachtmann* mit 40,55 st ununterbrochener Flugzeit hervorgetan. Neben diesen drei Flugarten spielt seit kurzem der Zielflug (Flug mit vorheriger Angabe des Landeortes) eine zunehmend wichtige Rolle. Er zeigt am deutlichsten, bis zu welcher Beherrschung der Flugzeuge und der meteorologischen Möglichkeiten es der motorlose Flug bereits gebracht hat. Unter besonders schwierigen Umständen hat hier der Ungar *Ludwig Rotter* im Olympiaflug 1936 mit der Strecke Berlin—Kiel eine glänzende Leistung von 334 km erzielt, nachdem *Kraft* 1933 schon 333 km geflogen war. Mit Überbietungen ist aber jederzeit zu rechnen.

In den künftigen Rhönwettbewerben wird der Zielflug, der höchste Anforderungen an das segelfliegerische Können stellt, immer mehr an Bedeutung gewinnen.

Auch im Doppelsitzer sind bereits ganz hervorragende Leistungen erzielt worden. Es wurden Strecken von 400 km erreicht, beim Rhönwettbewerb 1938 erflogen *Romeis-Schillinger* 5570 m Höhe (4510 m über Start) und *Mayer* mit Flugschüler gelang ein Flug von 21 st Dauer.

Organisatorisch ist der deutsche Segelflug heute im Nationalsozialistischen Fliegerkorps unter dem Korpsführer Generalleutnant *Christiansen* zusammengefaßt. Deutschland, die Heimat des Segelfliegens, steht an Leistung und Breitenarbeit auch heute noch an erster Stelle. Die Liste der Inhaber des Leistungsabzeichens zeigt aber, daß auch in anderen Ländern eifrig an der Weiterentwicklung des Segelfluges gearbeitet wird.

Wohin soll diese Entwicklung führen? Die heutige Aufgabe ist zunächst, die vorhandenen Kenntnisse und Fähigkeiten zu festigen und zum selbstverständlichen Besitz jedes Segelfliegers zu machen. Der meteorologischen Forschung und dem konstruktiven Können sind noch manche Aufgaben der Zusammenfassung und Durcharbeitung des vorhandenen Wissensgutes gestellt.

Besondere Aufmerksamkeit muß aber der Entwicklung eines neuen Fluggerätes geschenkt werden, des „Motorseglers“ — der vom „Kleinstflugzeug“ wie vom „Motorgleiter“ scharf zu unterscheiden ist. Es sei gleich betont, daß es sich hier um ein vollwertiges Segelflugzeug handelt, dessen aus- und einschwenkbarer Hilfsmotor nur dazu dienen soll, den Start zu erleichtern, von Hilfmannschaften unabhängig zu machen und größere Gebiete ohne Aufwind zu überbrücken.

Die technischen Möglichkeiten für ein solches Flugzeug bestehen durchaus. Schwierigkeiten macht noch der Motor, insbesondere die Notwendigkeit absoluter Betriebssicherheit im Zusammenhang mit sofortiger Startbereitschaft im ausgeschwenkten Zustand. Diese

Hemmungen sind aber zu überwinden. Und dann sind dem Segelflug neue Möglichkeiten gegeben, die heute noch nicht abzusehen sind.

Man darf bei der Beurteilung der künftigen Segelflugmöglichkeiten die Bedeutung des Segelfliegens nicht vergessen. Segelflug ist keineswegs ein Motorflugersatz. Im Gegenteil: Segelflug ist die technisch höhere Flugform. Nicht zu Unrecht hat einer der Pioniere des Segelfluges einmal gesagt, wenn er an sein Zeichenbrett einen 1000-PS-Motor montiere, so könne er auch damit fliegen.

Was den Segelflug im gesamten Raum der Technik besonders auszeichnet, ist eben dies, daß er von seinen Anfängen an das technische Grundgesetz am stärksten beachtet hat: mit einem Mindestmaß an Aufwand ein Höchstmaß an Leistung zu erreichen. Der Segelflug erzieht zu jener technischen Gesinnung, der die Zukunft gehört. Es kommt nicht darauf an, durch ein Übermaß von Kraftballung Leistungen zu erreichen, die die Natur vergewaltigen, und deren Ergebnis im Vergleich zum Verbrauch an Stoff und menschlichen Grundwerten auf weite Sicht gering und sogar fraglich ist. Es kommt vielmehr darauf an, sich dem natürlichen Kreislauf von Kraft und Stoff einzufügen, der Natur ihre Geheimnisse abzulauschen und damit zugleich Beherrscher und Glied des lebendigen Lebens zu sein. In den Autobahnen des Führers, in manchen technischen Leistungen der Gegenwart ist gleicher Geist lebendig.

Wer einmal über sommerlicher Landschaft im Segelflug dahin glitt, wer einmal ohne Motorkraft, vom Aufwind getragen, die Wolkendecke durchstieß und über dem weißen Meer das unbeschreibliche Glück des fliegenden Menschen erlebte, der weiß, daß der Segelflug weiter bestehen und sich weiter verbreiten wird. Nicht umsonst hat die Menschheit von Urbeginn davon geträumt, es den Vögeln gleich zu tun. Immer wieder wird es Menschen geben, denen dieses Erlebnis über alles geht, und die darum bereit sind, alles dafür hinzugeben.

Motorflug ist lebensnötig — Segelflug ist schön!

Aus dem Deutschen Museum

Würdigung der Pionierarbeiten von Daimler und Benz und die darauf aufbauende Entwicklung des Kraftfahrwesens bis 1918*)

Die Darstellung der geschichtlichen Entwicklung des Automobils in der Abteilung Kraftfahrwesen im Deutschen Museum beginnt mit dem Zweirad von Daimler aus dem Jahr 1885 und mit dem Dreirad von Benz 1885. Natürlich hat es vor diesem Zeitpunkt schon durch Dampfmaschinen und Gas- und Benzinmotoren angetriebene Fahrzeuge gegeben und fast sämtliche für das Fahrzeug notwendige Maschinenelemente wie Motor und seine Zündung, Untersetzung, Ausgleichgetriebe und Lenkung waren erfunden und auch allgemein bekannt. Wenn aber Benz und Daimler als die erfolgreichsten und bedeutendsten Pioniere des Kraftfahrwesens angesehen werden, so ist es deshalb, weil sie nicht nur die Teile ihres Motors und Fahrzeugs in hervorragender mechanisch einwandfreier Weise bearbeitet und zusammengebaut haben, sondern weil ihre erfolgreiche Durchführung des Leichtbaues die erfinderische Tat war, aus der das Automobil in seiner modernen Art aufgebaut und herausentwickelt wurde.

Das Dreirad von Benz zeigt in seinem Aufbau diese Richtung ganz deutlich. In das damals als leichtestes Fahrzeug bekannte Stahl-Dreirad mit Rohrrahmen und Drahtspeichenrädern ist ein technisch wunderschön verkleinerter für Benzinbetrieb umgebaute Gasmotor eingebaut. Ebenso ist der Antriebsteil mit Kegelrädern und Riemen und das ins Vorgelege eingebaute Ausgleichgetriebe klein und leicht ausgeführt.

Daß Benz zwei bis drei Jahre später mit einem ein wenig verbesserten vier-rädrigen Wagen, dem „Benz-Velo“, schon Verkaufserfolge von 2300 Stück hatte, zeigt am besten, daß er den richtigen Weg gegangen ist. Wenn bei Benz der Haupterfolg in der Schaffung des leichten Fahrzeuges liegt, so ist die Leistung und das Verdienst von Daimler und Maybach, den leichten Fahrzeugmotor geschaffen zu haben. Zur Erhöhung der Arbeitsstöße in der Zeiteinheit ließ Daimler seinen Motor mit hohen Drehzahlen bis 800 U/min laufen. Er erreichte so bei einem Motor mit kleinem Bauaufwand verhältnismäßig große Leistungen. Diese Drehzahlsteigerung wurde durch die Glührohrzündung ermöglicht, die eine unbegrenzte Zahl von Zündungen in der Zeiteinheit zuläßt, im Gegensatz zu der damaligen elektrischen Zündung, die besonders bei höheren Drehzahlen unregelmäßig arbeitete.

Die Leistungssteigerung des Motors bei Verminderung des Bauaufwandes und des Gewichts durch Drehzahlerhöhung wurde 1889 durch den Bau von

*) Vgl. a. „C. Matschoß: Gottlieb Daimler in der Geschichte des Kraftwagens“ Jn. 6 (1934) H. 1 dieser Schriftenreihe und „W. Kamm: Die Entwicklung des Kraftfahrzeugs“ Jg. 9 (1937) H. 3 dieser Schriftenreihe.

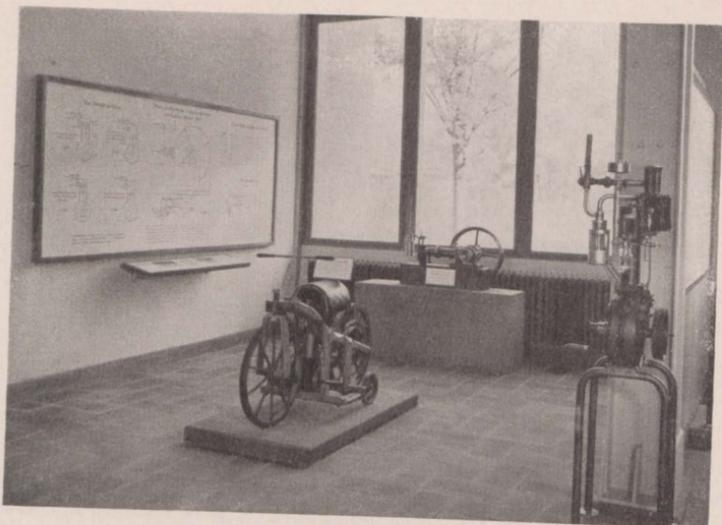


Bild 1. Die ersten Daimler-Motoren und Daimlers „Auto“ von 1885

Zweizylindermotoren und 1890 von Vierzylindermotoren weitergetrieben. Es wurde dabei die Leistung verdoppelt bzw. vervierfacht ohne das Gewicht in diesem Verhältnis zu erhöhen.

Der sogenannte Stahlradwagen aus dem Jahr 1889 von Maybach mit Zweizylinder-V-Motor, Komuskupplung, und Viergang-Kulissenschaltgetriebe zeigt schon alle Bauelemente des neuzeitigen Fahrzeugs und ist eine der interessantesten Fahrzeugkonstruktionen dieser Zeit. Nachdem es Daimler und Benz gelungen war, das selbstfahrende Fahrzeug brauchbar zu entwickeln, wurde der Bau von Fahrzeugen von den verschiedensten Ingenieuren in allen zivilisierten Ländern und besonders in Frankreich aufgenommen und um 1900 bildete sich dann aus einer Vielzahl von Konstruktionen die Standardform des Automobils heraus, mit dem vornliegenden Motor, der über Kupplung, Stirnradgetriebe, Gelenkwelle oder Kette und Ausgleichgetriebe die Hinterräder antreibt. Die schon im Jahr 1895 eingeführten Automobil-Rennen forderten immer stärkere Motoren und Wagen und die Leistung der Motoren geht um 1900 sprunghaft von 5 bis 8 PS auf 30 bis 40 PS und um 1909 auf 200 PS hinauf. Diese Leistungssteigerung, die natürlich dem Gebrauchsfahrzeug auch zugute kam, erforderte eine sorgfältige Durchbildung der Motoren und Wagen.

Die Vergaser, der Verbrennungsraum, die Steuerung, Schmierung und Kühlung wurden verbessert, Kupplung, Getriebe, Lenkung den höheren Beanspruchungen entsprechend verstärkt, so daß Hubraumleistungen der Motoren von 10 bis 12 PS/L und Leistungsgewichte der Wagen von 27 bis 35 kg/PS erreicht wurden.



Bild 2. Vorn Benz-Motorwagen aus dem Jahr 1885,
dahinter Daimler-Wagen 1886

Ein Beispiel dieser hohen Leistungsfähigkeit ist der Benz-Rennwagen von 1909 mit einem 4-Zylindermotor von 200 PS Leistung, mit dem der Weltrekord von 211 km/Std. gefahren wurde.

So ist die Zeit vor dem Krieg ausgefüllt mit der Schaffung und Vervollkommnung des Standardfahrzeugs, wie es heute noch gebaut wird. Die weitgehende Verbesserung der Fahrzeugeigenschaften und der Fahrzeugwartung, die nach 1920 einsetzte, ist hauptsächlich durch die Verwendung hochwertiger Werkstoffe und durch konstruktive Weiterbildung erreicht worden.

Dipl.-Ing. Hugo Fuchs.

Milchwirtschaft und Technik

Von *Willi Fritz VDI*, Weihenstephan*)

I. Rückblick auf die Geschichte der Milchwirtschaft

Die Uranfänge des Wissens um die Milch und ihre Verarbeitung zu Käse und Butter liegen unauffindbar im Dunkel ältester Vorzeit. Höchstwahrscheinlich ist dieses Wissen aber Erfahrungsgut der nordischen Rasse, jenes in der ungeheuren Not der Eiszeit gestählten Geschlechtes, das in dieser überaus harten Schule diejenigen körperlichen und geistig-seelischen Eigenschaften erwarb, die es befähigten, den so außerordentlich bedeutungsvollen Schritt vom Jäger und Fischer zum seßhaften Bauern zu gehen, den Ur heranzuzähmen und sich als Last- und Milchtier nutzbar zu machen. Die mit diesem Schritt geschaffenen sehr viel günstigeren Lebensbedingungen führten zu jenem gewaltigen Geburtenüberschuß, der die Triebfeder wurde zu den unfaßbar weiten Wanderungen indogermanischer Ackerland-Sucher in der Jungsteinzeit, donauabwärts über den Balkan und Kleinasien bis teils nach Ägypten, teils bis weit nach Innerasien hinein. Ihren Weg kennzeichnen die ältesten vorderasiatischen Kulturen.

Sie trugen das Wissen um die Milch mit und entwickelten es dort, wo die klimatischen Bedingungen der Milchwirtschaft günstig waren, zu überraschender Höhe.

Die bisher älteste Kunde von indogermanischer Milchwirtschaft brachten die von *Gordon* und *Wolley* (1922 bis 1929) geleiteten Ausgrabungen in Ur, der heiligen Tempelstadt der Sumerer, die etwa um das Jahr 5000 v. Zeitenwende aus der Gegend des heutigen Turkestan kamen und sich im Stromgebiet des Euphrat und Tigris niederließen. Einen der bedeutungsvollsten Funde aus dem Trümmerhügel altsumerischer Kultur stellt der in Bild 1 wiedergegebene Relieffries dar mit Arbeitsvorgängen aus einer Tempelmeierei um 3100 v. Zeitenwende. Diese zeigen mit aller Deutlichkeit, daß die Sumerer bereits vor nunmehr 5500 Jahren eine Stallhaltung von Milchkühen kannten, die Milchviehzucht zum Zwecke der Milchgewinnung betrieben und — dies ist wohl die wichtigste Erkenntnis — die Butterbereitung verstanden. Denn diese erfordert einen wohlgedachten Arbeitsvorgang und technische Hilfsmittel, während die ermolkene Milch ohne weiteres als Trinkmilch fertig ist, und auch die Bildung von Weichkäse fast

*) Der Verfasser, Diplomingenieur Dr. scient. nat. *Willi Fritz*, ist Direktor des Prüfungsamtes für Milchgeräte.

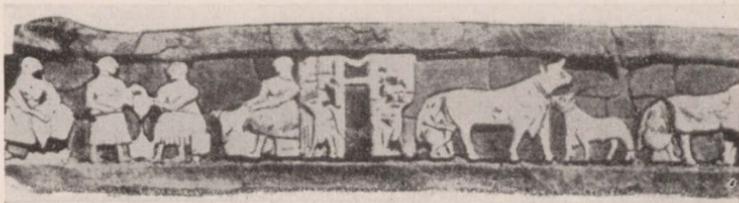


Bild 1. Tempelfries von Al-Ubaid, Melken und Buttererzeugung bei den Sumerern (um 3100 vor unserer Zeitrechnung)

ohne Zutun des Menschen erfolgt, nämlich durch die bei längerem Stehen der Milch von selbst eintretende Gerinnung und Abscheidung des Käsestoffes, so daß dem Menschen nur noch übrig bleibt, die Molke ablaufen und die Käsemasse trocknen zu lassen. Ob man nun die wenig deutliche Darstellung des Butterbereitungsverfahrens in Bild 1 dahin deutet, daß die Milch mittels eines Stößels bis zur Butterbildung gestoßen wurde oder diese durch Schaukeln der Milch in einem der hohen Spitzkrüge hervorgerufen wurde, erscheint weniger wichtig, da ja beide Herstellungsverfahren auf der gleichen Erfahrung beruhen, daß sich durch Schlag-, Stoß- und Wirbelwirkung aus der Milch das Fett in Gestalt der Butter abscheiden läßt.

Nun überrascht uns auch nicht mehr die bereits sehr früh bekannte Tatsache, daß die alten Inder etwa um das Jahr 1500 v. Zeitenwende Milchviehzucht betrieben und Butter herstellten; gehörten doch die ältesten Kulturträger Indiens zur gleichen indogermanischen Völkerfamilie wie die Sumerer und kamen, wenn auch erst um das Jahr 2000 v. Zeitenwende, ebenfalls aus dem heutigen Turkestan. Hier bei den Indern finden wir das erste Quirlbutterfaß, Bild 2.

Als die Sumerer durch die von Arabien her vordringenden semitischen Völker verdrängt wurden, denen ja nicht das Rind, sondern Schaf und Ziege Milchspender waren, verlor sich im kleinasiatischen Kulturkreis das Wissen um die Butterbereitung und führte in Arabien, Nordafrika, vor allem aber bei den Völkern der eurasischen Steppenzone, ein mehr oder weniger bekanntgewordenes Dasein.

Die Griechen und Römer besaßen im Ölbaum eine unerschöpfliche Fettquelle. Butter kannten sie nur als Genußmittel der barbarischen Traker und Skythen und verwandten eingetauschte Mengen dieses ranzigen Fettes bestenfalls zum Schmieren von Lederzeug oder, wie *Hippokrates*, der berühmteste Arzt des Altertums, als Salbe für Haut- und Brandwunden.

Gänzlich anders geartet war ihre Einstellung zu Milch und Käse, die auf allen öffentlichen Märkten in Athen und Rom feilgeboten

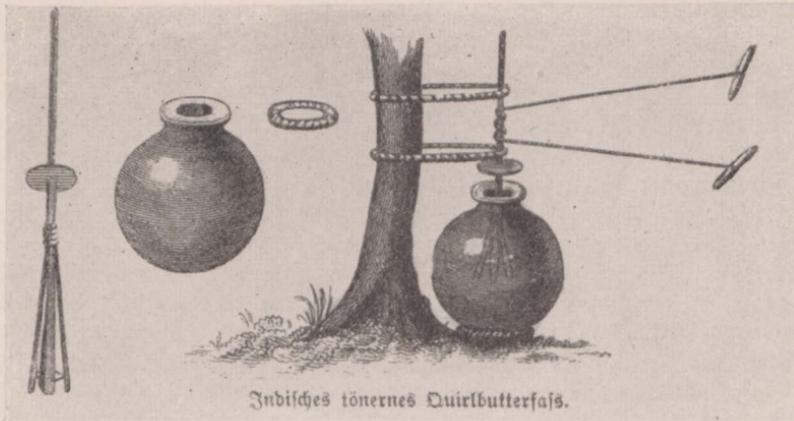


Bild 2

wurden. Namentlich der Käse, dessen Bereitung wohl *Homer* in seiner *Odyssee* zum erstenmal beschreibt, erfreute sich eines Ansehens, das vielen bekannten Schriftstellern des Altertums, z. B. *Aristoteles* (400 v. Ztw.) groß genug erschien, nicht etwa nur seinem Verzehr, sondern auch seiner vorteilhaftesten Herstellung sowie deren Fehlerquellen eine starke Beachtung zu schenken. Von dem Römer *Columella* (60 n. Ztw.) stammt eine recht anschauliche Beschreibung einer römischen Gutsmeierei, aus der wir entnehmen, daß bereits damals die Käseherstellung nicht wesentlich anders war, wie wir sie heute noch in kleinen Gutskäsereien finden. Im Gebiet der Alpen und in Gallien zeichnen sich unter Roms Herrschaft bereits die Anfänge einer gewerblichen Käseerei ab. Und wenn es noch eines Hinweises auf die Güte dieser Käse bedarf, so möge für den Schweizerkäse die Meldung dienen, daß sich Kaiser *Antonius* am caseus helveticus zu Tode gegessen haben soll.

In Mitteleuropa tritt die Milchwirtschaft erst um das Jahr 1000 n. Ztw. stärker in den Vordergrund. Die von Norwegen in die Normandie verpflanzte Technik der Butterbereitung vereinigte sich mit den Erfahrungen Galliens in der Käseherstellung. Holland entwickelte sich zu einem Milchland, das im 12. Jahrhundert den heute noch bekannten kugelförmigen Edamer Käse herstellte und auch die beste Tafelbutter, ebenfalls in Kugelform, erzeugte. Als nun unter dem Großen Kurfürsten Holländer in Brandenburg einwanderten und hier Mustermeiereien errichteten, wählten sie als Wahrzeichen ihres Gewerbes drei goldene Kugeln, die auch heute noch vielerorts auf dem Aushängeschild von Buttergeschäften zu finden sind. Ein anderer Strom holländischer

Flüchtlinge kam nach Ost- und Westpreußen, gründete dort Meiereien, die bald den Namen „Holländereien“ erhielten. Ihnen verdanken wir den bekannten und geschätzten Tilsiter Käse. Ähnliche Fortschritte gingen von der Schweiz als dem südlichen Milchland aus. Die unter diesem Einfluß in Süddeutschland und Österreich entstandenen besseren Milcherzeugungsstätten wurden „Schweizerereien“ genannt, und noch in jüngster Zeit trugen Melker die Berufsbezeichnung „Schweizer“.

Aber von einer eigentlichen Milchwirtschaft im heutigen Sinne konnte trotz all dieser Fortschritte noch keine Rede sein. Von den im bäuerlichen Betrieb erzeugten Mengen an Milch, Butter und Käse kamen nur diejenigen Mengen auf den städtischen Markt, die nicht im Erzeugerbetrieb selbst verbraucht oder auf näher gelegenen Plätzen verkauft werden konnten. So war die Belieferung der Städte mit Milch und Milcherzeugnissen reichlich unsicher. Deshalb hielten sich größere Städte ihre Kühe selbst, und noch nach 1800 war es z. B. in Berlin gar keine ungewohnte Erscheinung, daß „Unter den Linden“ täglich Kuhherden entlang getrieben wurden.

II. Die Milchschleuder als Gründerin der gewerblichen Milchwirtschaft

Als nun mit der Erfindung der Kraftmaschine der Mensch in das technische Zeitalter eintrat, Gewerbe und Handel sich die technischen Errungenschaften sehr bald zunutze machten, blieb die Landwirtschaft zurück. Sie fand nicht den Weg zur Maschine und mußte erleben, wie Müllerei, Brauerei, Ziegelei, ein Zweig nach dem andern, sich von ihrem Stamme loslösten, die Maschine suchten und auch fanden. Nur die Milchwirtschaft blieb noch übrig.

Doch auch deren Stunde kam. In der zweiten Hälfte des vorigen Jahrhunderts führte die rasch aufblühende Industrie zu einem starken Anwachsen der Städte, deren Bevölkerung sich eines steigenden Wohlstandes erfreute, der, wie überall und immer, den Wunsch nach besserer Lebensführung weckte. Dem vermehrten Butter- und Fleischgenuß stand aber kein entsprechendes Angebot gegenüber, da sich die Landwirtschaft vornehmlich mit Getreidebau und Wollschafzucht befaßte. Beides war durch den von der Maschine begünstigten, gewaltig aufstrebenden Weltverkehr, der den scharfen Wettbewerb Amerikas und Australiens brachte, wenig einträglich geworden. Deshalb wuchs in der Landwirtschaft die Neigung zur Umstellung auf vermehrten Futterbau, auf Viehzucht und Milchwirtschaft.

Aber einer wesentlich verstärkten Buttererzeugung stellten sich in dem ebenso primitiven wie zeit- und platzraubenden Herstellungsverfahren ein unüberwindlich scheinendes Hindernis entgegen. Das übliche Verfahren, Bild 3, die Milch solange stehen zu lassen, bis sich das



Bild 3. Milchstube auf einem jütländischen Bauernhof um 1860

spezifisch leichtere Fett an der Oberfläche sammelte, von wo es als Rahm abgeschöpft werden konnte, dauerte bis 36 Stunden und gestattete höchstens eine 90-prozentige Fettausbeute der Milch. Die mit dieser langen Aufrahmzeit verbundene Gefahr des Sauerwerdens der Milch verbot zusätzliche Beförderungszeiten und band somit die Butterherstellung an den Milchgewinnungsort. Die Umständlichkeit dieser Ent-

rahmungsart, besonders aber der große Platzbedarf, beschränkte die Leistung eines Betriebes auf eine höchste Tagesverarbeitung von etwa 500 l Milch.

In diese Zeit nun fällt die Erfindung der Milchscheuder, einer deutschen technischen Großtat, die unlöslich verbunden ist mit den Namen *Prandl*, *Lehfeld* und *von Bechtolsheim*. Unbeirrt durch die anfänglichen Schwierigkeiten und bösen Mißerfolge wurde die ununterbrochen arbeitende Milchscheuder geschaffen, die in einer Stunde ein Vielfaches der bisherigen Tagesleistung bewältigte und dabei ermöglichte, etwa 99 % des Milchfettes zu gewinnen.

Mit dieser gewaltigen Mengenleistung bei höchster Enthrahmungsschärfe und geringstem Platzbedarf sprengte die Milchscheuder die Fesseln, die die Verarbeitung der Milch an den Milchgewinnungsort banden und wurde zur Grundlage der Entwicklung unserer heutigen gewerblichen Milchwirtschaft, die nun in besonderen Betrieben, den Molkereien, ein Eigenleben begann und mit Riesenschritten in etwa 60 Jahren ihrer heutigen überragenden volkswirtschaftlichen Bedeutung zueilte.

III. Die drei technischen Grundpfeiler der gewerblichen Milchwirtschaft

Im Jahre 1886 zählte man in Deutschland etwa 600 Sammelmolkeereien, deren Anlage und Einrichtung von einer uns heute kaum mehr vorstellbaren Primitivität war. An Technik erinnerte nur die Milchscheuder und das Butterfaß, die wohl auch gelegentlich durch ein Göpel, in kleineren Betrieben aber vorwiegend von Hand angetrieben wurden. Um die Anerkennung als vorteilhafteste Antriebskraft in größeren Betrieben kämpften Petroleum- und Benzinmotoren und Dampfmaschinen. Wärme wurde ja noch nicht gebraucht, da man weder die Milch noch den Rahm erhitze. Das zur Frischhaltung der Milcherzeugnisse benötigte Wasser schaffte man mittels Handpumpe heran, wenn es nicht gar in Fässern angefahren wurde, und Eiserten des letzten Winters mußten, so gut und schlecht sie eben ausfielen, den Kältebedarf im Sommer decken.

Soweit man bei den Milcherzeugnissen dieser neuen Sammelmolkeereien überhaupt von „Güte“ zu sprechen berechtigt ist, konnte man zunächst eher ein Absinken als ein Ansteigen bemerken. Der Milcherzeuger glaubte sich jetzt aller Verantwortung für die Güte der abzuliefernden Milch enthoben, da es ja nun Aufgabe der Molkerei wäre, aus der angelieferten Milch hochwertige Milcherzeugnisse zu bereiten. Diese unvorhergesehene und unerwünschte Entwicklung hatte aber auch eine Lichtseite, zwang sie doch die Betriebsleiter der neuen Molkereien zu äußerster Wachsamkeit, schloß sie auf für alle fortschrittlichen

Gedankengänge sachlicher wie organisatorischer Art und schuf damit eine sehr wesentliche Voraussetzung für die kommende Arbeit.

Ein nicht unwichtiger Teil dieser Arbeit bestand zunächst in einem fortgesetzten Drängen der Molkereien nach geeigneten Maschinen und Geräten, ein Umstand, der auf die Leistungen der Maschinenindustrie außerordentlich belebend und fortschrittfördernd wirkte.

So stellte sich z. B. sehr bald nach dem Entstehen der neuen Molkeereien die Notwendigkeit heraus, die Haltbarkeit der Milch um etwa 24 Stunden zu verlängern; denn die Zeit bis zur Ablieferung der Trinkmilch an den Verbraucher und die Zeit bis zur Rückgabe der zu Fütterungszwecken vom Milcherzeuger dringend gebrauchten Magermilch wuchs mit fortschreitender Erweiterung des Milcheinzugsgebietes der Molkerei, und damit wuchs auch die Gefahr des Sauerwerdens der Milch. Nun war etwa um die Mitte des vorigen Jahrhunderts durch die bahnbrechenden Arbeiten des französischen Forschers *L. Pasteur* bekanntgeworden, daß u. a. auch die Ursache des Sauerwerdens der Milch in der Tätigkeit von Bakterien zu suchen sei, und daß man deren Einfluß durch eine Erhitzung der Milch auf 70 bis 80° C stark verzögern könne. Die sehr einfach scheinende technische Aufgabe, einen Milcherhitzer zu bauen, erwies sich wegen der Anbrenngefahr der Milch als außerordentlich schwierig, zumal noch eine Vielzahl von Wünschen nach betrieblich vorteilhaften Eigenschaften berücksichtigt werden sollte, wie geringer Wärmeverbrauch, leichte Reinigung, einfache Bedienung, geringer Platzbedarf u. dgl. mehr. Es gibt wohl kaum ein zweites Molkereigerät, in dessen Entwicklung sich die einzelnen Entwicklungsabschnitte des Molkereiwesens so deutlich abzeichnen wie gerade im Erhitzer, der ursprünglich lediglich zur Haltbarkeitsverlängerung der Milch, dann auch zur Rahmerhitzung zwecks Qualitätserhöhung der Butter, anschließend zur sicheren Entkeimung der zur Verfütterung an das Jungvieh dienenden Magermilch und endlich auch zur Pasteurisierung der für den menschlichen Genuß bestimmten Trinkmilch geeignet sein sollte.

Aber mit einer hinreichenden Entkeimung der Milch war angesichts ihrer längeren Lagerungsdauer erst eine Teilarbeit geleistet. Damit die Milch frisch blieb, mußte sie in dem keimarmen Zustand erhalten bleiben, wozu Einrichtungen nötig wurden, die die Milch schnell und wirksam so tief wie möglich herunterkühlen und andere, die sie auf dieser Temperatur bis zur Abbeförderung kühl hielten. Dazu entwickelte die Technik die Rundrohr-Berieselungskühler, durch deren Rohre das Kühlmittel von unten nach oben fließt, über deren gewellter Oberfläche die Milch von oben nach unten herunterrieselt und damit einer zweiten Forderung nachkam, die Milch durch eine wirksame Belüftung vom Stall- und Tiergeruch zu befreien.

Mit wachsender Erhöhung der täglichen Verarbeitungsmenge reichten aber die natürlichen Kältevorrate in Gestalt von Eis bald nicht mehr aus, so daß Kältemaschinen eingesetzt werden mußten, die die Molkereien etwa von 1900 bis 1930 so nahmen, wie sie die Industrie auch für andere Zwecke entwickelt hatte. Dann aber machte die Milchwirtschaft ihre besonderen Wünsche geltend und nahm auf die Entwicklung dieser Kältemaschinen einen recht merklichen Einfluß. Als nach dem Krieg der langegehegte Wunsch der Milchwirtschaft nach eignen Forschungs-Instituten verwirklicht wurde, begann die maschinentechnische Untersuchung der Molkereien mit systematischen Ermittlungen über den Energieverbrauch, die zu recht aufschlußreichen Erkenntnissen führten. Hatte man in Erwägung des gleichzeitigen Wärme- und Kraftbedarfs in der Zeit von 1890 bis 1930 die Dampfmaschine als zweckmäßigste Kraftanlage angesehen und alle Molkereien demzufolge mit Dampfkessel und Dampfmaschine ausgerüstet, so zeigten die Untersuchungen, daß die Vorteile dieser Kraftquelle sehr zweifelhaft geworden waren. Im Laufe der Zeit war nämlich der Wärmebedarf durch die Anwendung von wärmesparenden Einrichtungen beträchtlich zurückgegangen, während durch die Einstellung vieler neuer Maschinen der Kraftbedarf ganz erheblich gewachsen war. Dazu kommt, daß in der warmen Jahreszeit der Wärmebedarf einer Molkerei stark absinkt, während durch den gleichzeitig eintretenden starken Kältebedarf der Kraftbedarf etwa auf das Doppelte ansteigt, so daß im Sommer vielfach von einer auch nur annähernd guten Abdampfverwertung keine Rede sein konnte. Hierdurch wurde die Wirtschaftlichkeit der gekoppelten Kraft- und Wärmeerzeugung so stark herabgedrückt, daß man sich entschloß, Kraft- und Wärmeerzeugung zu trennen. Es entstanden die ersten elektrifizierten Molkereien, die neben den Vorteilen verbilligter Energiekosten noch eine Reihe recht wesentlicher Vorzüge aufweisen, von denen hier nur beispielsweise die nunmehr transmissions- und riemenlosen Betriebsräume mit ihrer großen Übersichtlichkeit, Sauberkeit und ihren verbesserten hygienischen Verhältnissen genannt werden sollen, Bild 4 u. 5. Aber die Voraussetzung zu dieser Umstellung waren u. a. äußerste Senkung des Wärmebedarfs sowie des Kraftbedarfs und Senkung der in Anspruch genommenen Leistungsspitze, von der ja der Stromkostensatz abhing. Diese Voraussetzungen stellten die Technik vor eine Vielzahl neuer und teils recht schwieriger Aufgaben, die in der kurzen Zeit von etwa sechs Jahren sämtlich gelöst wurden. Zu diesen Aufgaben gehörte auch die Senkung des Kraftbedarfs der als Kraftfresser gefürchteten Kältemaschine sowie deren so gearteter Einsatz, daß die in Anspruch genommene Leistungsspitze wesentlich verkleinert wurde. Letzteres war aber nur möglich, wenn man die Kältemaschine außerhalb der vormittäglichen Haupt-

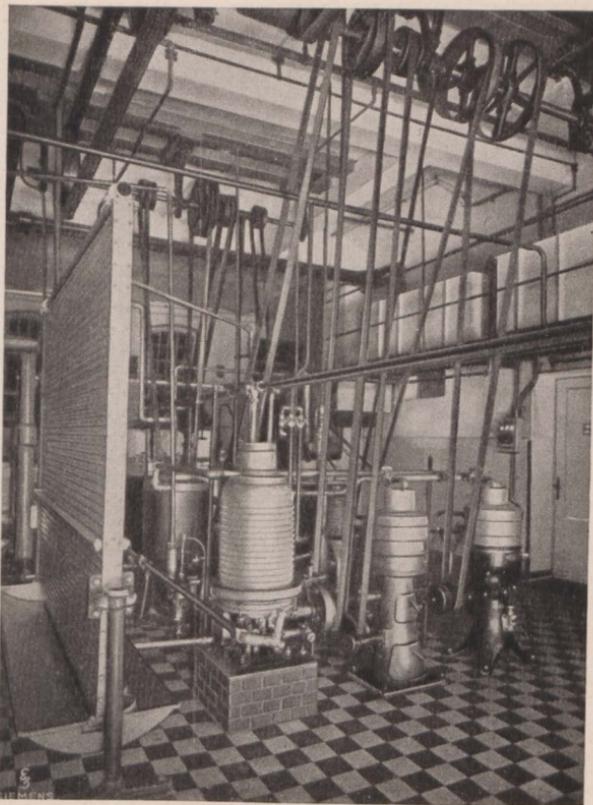


Bild 4. Molkereibetriebsraum mit Transmissionsantrieb

betriebszeit, also auch nachts arbeiten ließ. Dies erforderte aber aufsichtslos, also automatisch arbeitende Maschinen mit Kältespeicher. Gleichzeitig gelang es den Entwicklungsarbeiten, die spezifische Kälteleistung um mehr als 50 % zu steigern. Der Wunsch nach verringertem Anschaffungspreis brachte für die Kältemaschinen hoher Stundenleistung (100 000 k/cal) die hochtourige Mehrzylindermaschine mit direkt gekuppeltem Motor. Wenn heute bereits mehr als ein Zehntel aller unserer Molkereien elektrifiziert wurden, so beweist dies, wie gut es der Technik gelungen ist, die vielgestaltigen Forderungen und Wünsche der Molkereien zu erfüllen.

War nun die bisherige Einflußnahme der Milchwirtschaft auf die Entwicklung der Kältemaschinen und auf die Elektrifizierung der Molkereien ausgerichtet, so wurde doch nicht übersehen, daß diese Form

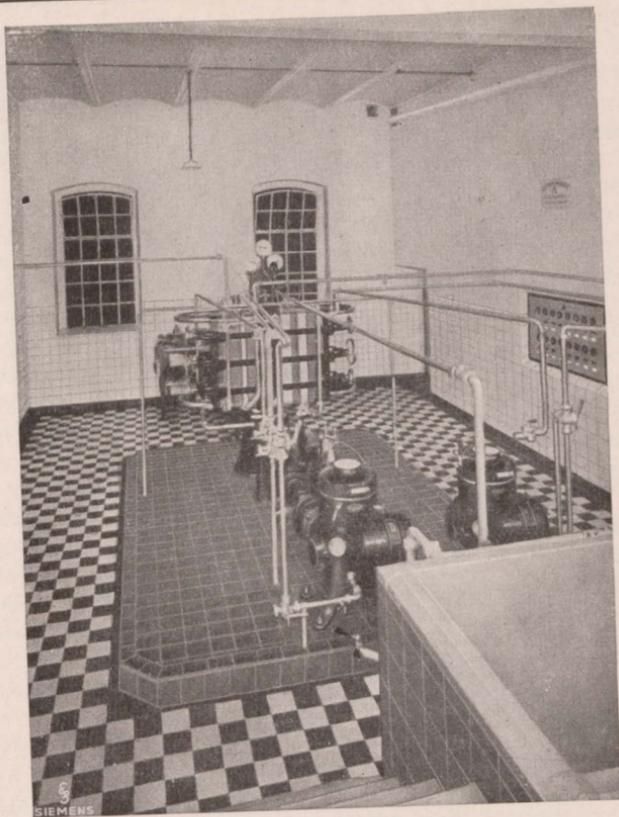


Bild 5. Molkereibetriebsraum nach Umstellung auf elektrischen Einzelantrieb

der Kraftversorgung nicht für alle Betriebe und alle Verhältnisse gleich günstig sein muß und daß die Unwirtschaftlichkeit des Dampfmaschinenantriebes auch anders behoben werden kann als durch ein Aufgeben dieser außerordentlich betriebssicheren Kraftquelle. War die Ursache der häufig unbefriedigenden Wirtschaftlichkeit des Dampfmaschinenantriebes das Mißverhältnis zwischen Kraft- und Wärmebedarf, so mußte eben geprüft werden, ob sich dies nicht ändern ließe, und die auf die Beantwortung dieser Frage abgestellten Untersuchungen ergaben, daß dies grundsätzlich durchaus möglich sei. An Stelle der kraftverzehrenden Kompressions-Kältemaschine kann die wärmeverzehrende Absorptions-Kältemaschine das vorhandene Mißverhältnis zwischen Kraft und Wärme vielfach völlig ausgleichen. Die nächsten

Jahre werden zeigen, ob diesem Weg ein praktischer Erfolg beschieden sein wird.

Mit einer leistungsfähigen Entrahmungsschleuder, Erhitzungseinrichtung und Kälteanlage waren die drei Grundpfeiler unserer Molkereiwirtschaft geschaffen.

IV. Technik und Milcherzeugung

Obschon die heute noch meist angewandte Art der Milchentziehung das Handmelken ist, so tritt doch das maschinelle Melken immer stärker in den Vordergrund, namentlich in jenen Ländern, in denen das Handmelkpersonal knapp und teuer ist. Seit etwa 1860 beschäftigt sich die Technik mit der Frage, eine brauchbare Melkmaschine zu gestalten, eine Aufgabe, deren außerordentliche Schwierigkeit deutlich wird, wenn man berücksichtigt, daß es sich ja hier um die Arbeit an einem lebenden Körper handelt und im besonderen an einem hochgezüchteten und damit ungewöhnlich empfindlichen Organ, dem Euter, und weiter, daß hinsichtlich der in physiologischer und gesundheitlicher Beziehung notwendigen Erfordernisse keinerlei wissenschaftliche Unterlagen vorhanden waren. Eine lange, von Sorgen und Mißerfolgen überreich durchsetzte Entwicklungszeit brachte endlich doch eine befriedigende Lösung, und heute arbeiten Melkmaschinen, Bild 6, auch in vielen Hunderten deutscher Klein- und Mittelbetriebe seit etwa zehn Jahren zur vollen Zufriedenheit ihrer Besitzer. Die Melkmaschine setzt die sehr hohe körperliche Anstrengung des Handmelkens auf etwa ein Zehntel herab und erhöht die Zahl der von einer Person je Melkzeit melkbaren Kühe auf das Doppelte. Berücksichtigt man, daß die in Deutschland gezählten rund 90 000 Berufsmelker nur

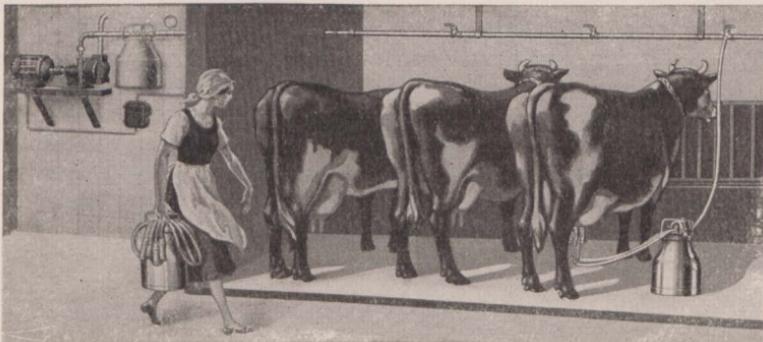


Bild 6. Maschinenmelken im Stall

höchstens ein Fünftel unseres Kuhbestandes betreuen können und die mit dem sehr anstrengenden Handmelken belastete Landfrau im Sommer 12 bis 16 Stunden täglich arbeiten muß, so wird die hohe Bedeutung der Melkmaschine deutlich. Sie dürfte berufen sein, die Arbeitslast der Landfrau recht merklich herabzusetzen und dem Mangel an Melkkräften wirksam zu begegnen.

Wandte sich hiermit die Technik der Aufgabe zu, die menschliche Arbeitsleistung bei gleichzeitiger Verringerung der körperlichen Anstrengung zu vervielfachen, so verfolgt sie bei der Ausbildung der Melkeimer das Ziel, eine Bauart zu gestalten, die bei voller Wahrung der notwendigen Handlichkeit eine Verschmutzung der Milch zwangsläufig verhindert. Die unvermeidlichen Zufallsverunreinigungen entfernt ein Watte- oder Sehtuchfilter.

Nun werden aber die Kühe täglich zweimal gemolken, während die Milch zumeist nur einmal täglich zur Molkerei gebracht wird; ein Teil der Milch muß also bis zu 16 Stunden im Betrieb des Milch-erzeugers aufbewahrt werden. Wollte man die körperwarmer Milch im Sommer einfach stehen lassen, so würde sie ziemlich sicher bei der Ablieferung sauer sein. Zur Verhinderung der vorzeitigen Säuerung wird deshalb die Milch unmittelbar nach dem Melken gekühlt und bis zum Abbefördern kühl aufbewahrt.

V. Milchbeförderung zur Molkerei

Die Beförderung der Milch zur Molkerei erfolgt gemeinhin in 20-, 30- oder 40-l-Kannen mittels Pferdefuhrwerk. Die mehrstündige Abstellung eines Gespannes bedeutet aber für den Landwirtschaftsbetrieb namentlich zur Zeit der Bestellung und Ernte eine starke Belastung, so daß die Einführung des gummibereiften Milchwagens mit seinem nur halb so großen Zugkraftbedarf eine wesentliche Entlastung darstellt.

In bergigen Landschaften führten die Beförderungsschwierigkeiten nicht selten zu einer völligen Abschnürung der Milcherzeugungsbetriebe von den Molkereien. Hier half die Technik durch Rahmsammelautos, die fahrplanmäßig die Gehöfte aufsuchen und deren Milch entrahmen; den Rahm nehmen sie zur Verarbeitung auf Butter mit zur Molkerei, während die Magermilch dem Erzeugerbetrieb zur Verfütterung an das Jungvieh zurückgegeben wird. Auf diese Weise wurden manche verkehrsgünstig gelegenen Bezirke milchwirtschaftlich neu erschlossen.

VI. Milchannahme in der Molkerei

Im Laufe des frühen Vormittags trifft nun die Milch von vielen hunderten, manchmal sogar von einigen tausend Milchlieferern in der

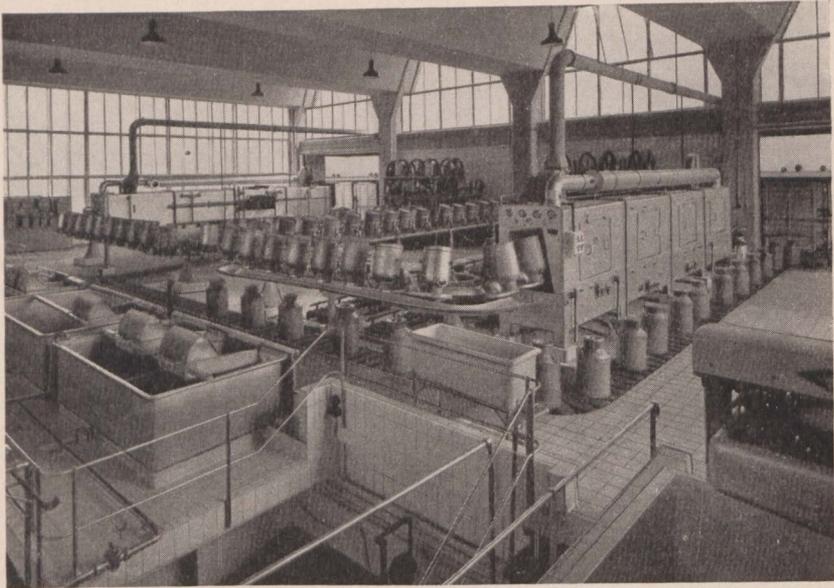


Bild 7. Milchannahmeraum der Bayerischen Milchversorgung G.m.b.H. in Nürnberg
(links hinten und rechts vorn je ein Längskannenwascher)

Molkerei ein. Die gerechte Bezahlung dieser Milch erfordert eine genaue Prüfung auf Menge und Güte. Die Abwicklung der Arbeit muß sehr schnell gehen; denn der Landwirtschaftsbetrieb braucht sein Gespann und der Molkereibetrieb will seinen Kessel nicht länger unter Dampf halten als unbedingt notwendig ist. Die sich hieraus ergebende Forderung nach technischen Hilfsmitteln, die genau und schnell arbeiten, hat die Technik in den letzten zehn Jahren nahezu vollständig gelöst.

Aber die Fuhrwerke müssen noch die Reinigung und Desinfektion der Kannen abwarten. Hier erwächst aus dem Drängen nach größter Schnelligkeit eine Gefahrenquelle von starker Bedeutung. Nicht immer kommen die Milchkannen aus unverseuchten Ställen, und eine nachlässige Reinigungs- und Desinfektionsarbeit kann leicht dazu führen, daß mit den Spülichresten in den Kannen Krankheitsstoffe von Bestand zu Bestand übertragen werden. Diese Gefahr ist bei einer Reinigung der Kannen von Hand besonders groß. Deshalb brachte die Technik Kannenwaschmaschinen, Bild 7, die nicht nur die Reinigungszeit wesentlich abkürzen, sondern auch die gewünschte Sicherheit einer ausreichenden Entkeimung gewähren.

VII. Trinkmilchbereitung

Nach der Milchannahme teilt sich der Milchstrom und läuft teils zur Trinkmilchbereitung, teils zur Buttereier und zur Käseerei.

Das wichtigste Gerät bei der Trinkmilchbereitung ist der Milcherhitzer, Bild 8, der schon über 50 Jahre die Technik zu immer neuer Arbeit anregt und einen der wichtigsten Arbeitsabschnitte der Ingenieurarbeit auf dem Gebiete der Milchwirtschaft darstellt. Wie schon erwähnt, stammt nicht alle Milch aus unverseuchten Beständen, und trotz aller Bemühungen unserer Tiergesundheitsämter wird sich auch in absehbarer Zeit bei der Vielzahl der Krankheiten hieran nichts ändern. Zum Teil sind diese Krankheiten auf den Menschen übertragbar; deshalb wird die Milch von diesen krankheitserregenden Keimen durch hohe Erhitzung befreit. Dabei muß aber beachtet werden, daß wertvolle Eigenschaften der Milch keinen Schaden erleiden, da höhere Temperaturen z. B. die Aufnahmefähigkeit und Verdaulichkeit der Milch beeinträchtigen. Die besondere technische Schwierigkeit liegt darin, daß der Temperaturbereich, in dem die krankheitserregenden Keime gerade noch abgetötet werden und die wertvollen Milcheigenschaften gerade noch keinen Schaden erleiden, nur wenige Grade umfaßt.

Bei der Lösung dieser Frage ist es mit einer Erhitzung in dünner Schicht und mit der Aufrechterhaltung einer gleichmäßigen, möglichst nur wenige Grade über der Milch-Höchsttemperatur liegenden Temperatur des Heizmittels allein nicht getan; denn an den Heizflächen setzt sich ein kesselsteinartiger Ansatz fest, der wärmeisolierend wirkt und damit die Temperaturführung erheblich erschwert. Hier nutzen auch keine Temperaturregler, wenn sie Schwankungen zulassen, die über den schmalen zulässigen Temperaturbereich hinausgehen. Dabei sind die gesundheitlichen Aufgaben keineswegs die einzigen Forderungen; verlangt doch der Betrieb daneben noch hohe Mengenleistung, geringen Platzbedarf, einfache und sichere Reinigungsmöglichkeit und wirtschaftliche Arbeitsweise. Dennoch gelang es, Schritt für Schritt die Annäherung an die vollkommene Lösung zu erzwingen.

Damit nun die entkeimte Milch auch in keimarmem Zustand bleibt, wird sie auf 3 bis 5° C gekühlt. Hierzu dienen vornehmlich Berieselungskühler, in deren oberem Teil als Kühlmittel Wasser, im unteren Teil Sole verwendet wird. Diese Berieselungskühler sind entsprechend ihrer hohen Mengenleistung wesentlich großflächiger als die vorher erwähnten Berieselungskühler im Milcherzeugungsbetrieb.

Die gekühlte Milch wird mittels einer Schleuderpumpe zum Sammelbehälter gefördert, wo sie bis zur Abfüllung auf Flaschen verbleibt. Noch vor gar nicht allzu langer Zeit wollte man im Molkereibetrieb von Milchpumpen nichts wissen, da sie die Fettverteilung in der Milch

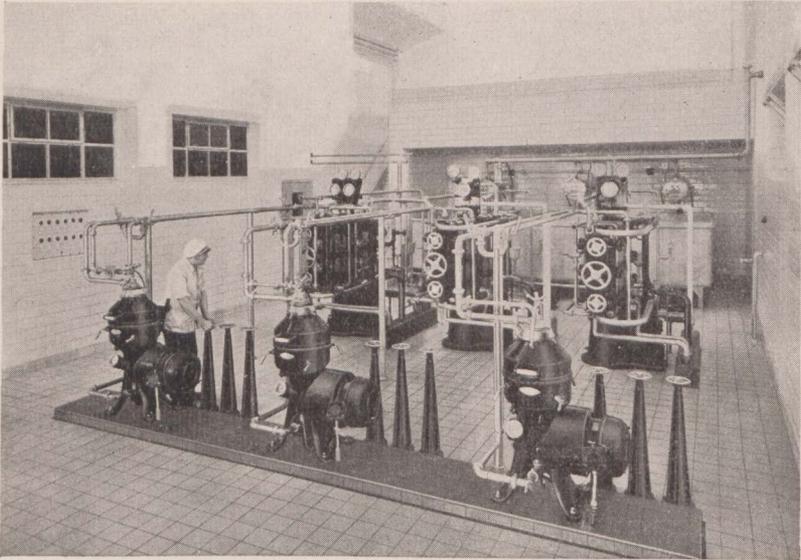


Bild 8. Milchverarbeitungsraum der Milchzentrale in Karlsruhe (vorn die Milchscheidern, hinten die Erhitzer)

veränderten. Man baute deshalb sogar terrassenförmig abgestufte Räume, aus denen die Milch, die in Kannen mit einem Aufzug zum obersten Raum gebracht wurde, von selbst den einzelnen Behandlungsstellen zulief. Konnte man aber Milchpumpen gar nicht entbehren, so sollte die Drehzahl so klein wie irgend möglich sein. Wenn man nun heute feststellt, daß die Schleuderpumpe in kurzer Zeit bis auf eine Drehzahl von 2800 U/min heraufging, so erscheint dies recht verwunderlich. Den Anstoß zu dieser Entwicklung gaben die Plattenerhitzer, bei denen der Durchlaufwiderstand so groß ist, daß auf Pumpen, und zwar auf stoßfrei wirkende Pumpen, nicht verzichtet werden konnte. Unter diesem äußeren Zwang ging man der Ursache der die Milch schädigenden Wirkung der Pumpen nach und fand sie in den auftretenden Wirbeln, die nicht nur viel Kraft verzehrten, sondern auch je nach der Milchtemperatur fettklumpend oder fettzersplitternd wirkten. Mit den heutigen Bauarten vermag man nun sogar ohne Schaden den hochempfindlichen Rahm zu pumpen, wodurch eine weitere fühlbare Betriebserleichterung geschaffen ist.

Die Molkerei liefert die Milch an den Kunden in offenen Gefäßen oder in Flaschen. Die Abteilung Flaschenmilch, Bild 9, ist nahezu menschenleer. Der fast selbsttätige Betrieb ist aus gesundheitlichen

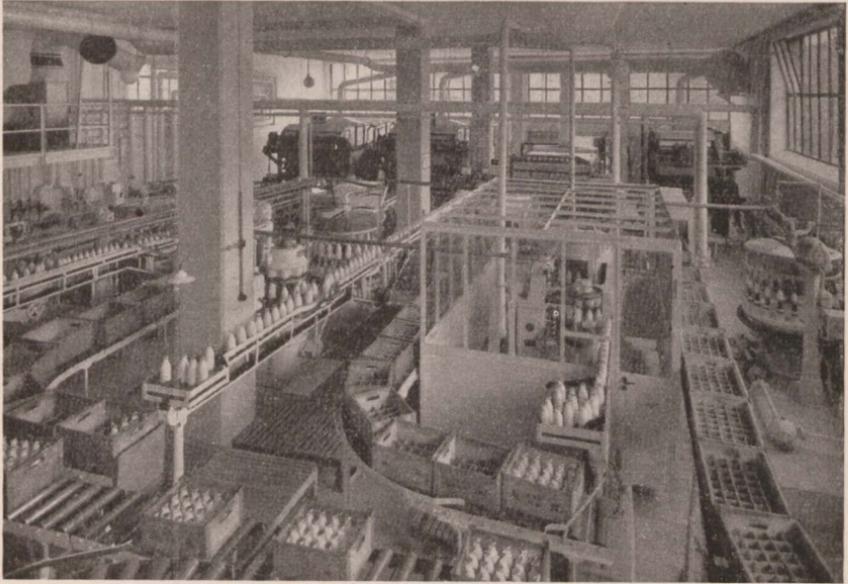


Bild 9. Flaschenmilch-Raum der Bayerischen Milchversorgung G.m.b.H. in Nürnberg (im Hintergrund die Flaschenreinigungsanlage, in der Mitte die Flaschen-Füll- und Verschließmaschinen)

Forderungen heraus zwangsläufig entstanden; in der Schaffung einer betriebs sichereren, selbsttätigen Anlage lag auch die eigentliche technische Aufgabe, deren ausgezeichnete Lösung der Kellereimaschinen-Industrie zu danken ist. Die schmutzigen Flaschen wandern auf einem Förderband der Flaschenreinigungsmaschine zu. Hier werden sie vom Band abgenommen und mit Spritzstrahlen, also bürstenlos, gereinigt und sterilisiert. Um ein Anfassen der sauberen Flaschen vor dem Füllen und Verschließen zu vermeiden, werden sie selbsttätig auf ein Förderband gesetzt, das sie zunächst zur Füllmaschine und dann zur Verschließmaschine leitet. Anschließend werden sie von Hand in Kästen verpackt und im Kühlraum bis zum Versand gelagert.

VIII. Butterherstellung

Der Butterherstellung dient die wichtigste Maschine der Milch-wirtschaft, die Entrahmungsschleuder, Bild 8. Sie steht heute wohl am Ende ihrer Entwicklung; denn nach der vor einigen Jahren erfolgten Vermeidung des Hineinarbeitens von Luft in die Milch und der damit

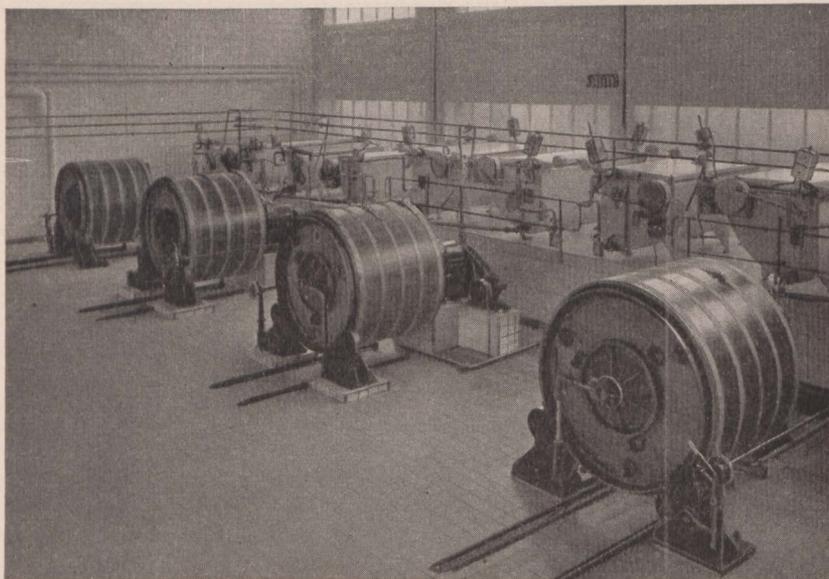


Bild 10. Buttereier-Raum der Bayerischen Milchversorgung G.m.b.H. in Nürnberg
(vorn die Butterfertiger, hinten die Rahmreifer)

verbundenen Schaumvermehrung sind die wichtigsten Wünsche des Molkereibetriebes erfüllt. Die Schleuder trennt die Milch in Magermilch und Rahm. Der Rahm muß in einem Behälter, dem Rahmreifer, Bild 10, eine Säuerung oder Reifung durchmachen, ehe er verbuttert wird. Hierdurch erhält die Butter das gewünschte Aroma und außerdem wird der Fettverlust in der Buttermilch gegenüber einer Verbutterung süßen Rahms herabgesetzt. Der Rahm ist hoch fetthaltig und stellt eine äußerst empfindliche Flüssigkeit dar, deren Verhalten gegenüber den Werkstoffen dem Ingenieur schon viel Sorge bereitet hat und noch bereitet. Er verträgt beispielsweise keine Berührung mit ungeschützten Eisen- oder Kupferflächen; die hierdurch eingeleiteten Veränderungen können die aus ihm hergestellten Milcherzeugnisse, wie Butter und Käse, bis zur Un genießbarkeit verderben. Dabei greift er seinerseits, besonders in stark saurem Zustand, viele Werkstoffe an. Die Kenntnis von dieser wechselseitigen Beeinflussung zwischen Werkstoff und Milch bzw. Rahm ist noch nicht alt, gehört aber heute im Zeichen der Umstellung auf heimische Werkstoffe zum unentbehrlichen Rüstzeug des Ingenieurs, der sich mit milchwirtschaftlichen Maschinen befaßt.



Bild 11. Butter-Form- und Einwickelmaschinen in der Bayerischen Milchversorgung G.m.b.H. in Nürnberg

Der fertig gesäuerte Rahm wird nun verbuttert. Hierzu dient auch heute noch das Rollbutterfaß, in welchem durch Schlag, Stoß und Wirbelwirkung die Abscheidung der Butter vor sich geht. Allerdings ist das heutige Rollbutterfaß dem ersten aus dem Jahre 1600 wenig ähnlich. Es gestattet nicht nur die gleichzeitige Verbutterung von mehreren tausend Litern Rahm, sondern ermöglicht auch, die gesamte Bearbeitung der Butter, also das Waschen, Salzen und Kneten, im gleichen Geräte vorzunehmen und hat deshalb den Namen Butterfertiger, Bild 10, erhalten.

Die dem Butterfertiger entnommene Butter wird nun entweder zur Einlagerung in Tonnen verpackt oder mittels besonderer Butter-Form- und Einwickelmaschinen, Bild 11, zu Stückenbutter verarbeitet. Diese formen die Butter ohne Nachhilfe durch die menschliche Hand mit einer Gewichtsgenauigkeit von $\frac{1}{4}$ bis $\frac{1}{2}$ %, schlagen sie in Pergament ein und legen sie auf ein Förderband, das sie zu Kühlräumen führt oder zur Verpackung in Kisten.

IX. Käseerei

Während in der Trinkmilchbereitung und in der Buttereier die Handarbeit fast restlos durch die Arbeit von Maschinen ersetzt werden

konnte, gelang es der Technik bis heute nur, die Gebiete der Sauer-
milchkäserei und des Schmelzkäses zu erobern. Dies bedeutet natürlich
nicht, daß die übrigen Gebiete der Käserei gänzlich von den Fort-
schritten der Technik unberührt blieben. An die Stelle der oft dunklen
und verräucherten Hütten, in denen der Käsekessel über einem offenen
Feuer an einem Galgen hing, sind helle, luftige Räume mit Temperatur-
und Feuchtigkeitsreglern getreten, und warmwasser- oder dampf-
beheizte Käsekessel mit Rührwerken haben die älteren Bauarten ver-
drängt. Aber die ganz außerordentliche Vielzahl der Käsesorten, von
denen jede auf einem besonderen Herstellungsverfahren beruht, er-
schwert das Eindringen von Maschinen erheblich. Hinzu kommt die
fast allgemeine Ansicht, daß die Geschicklichkeit und Erfahrung, also
die Kunst des Käasers, niemals durch eine Maschine, und sei sie noch
so zweckmäßig, ersetzt werden könne. Diese hemmende Ansicht kann
nur durch eine erfolgreiche technische Tat wirksam bekämpft werden,
und es ist durchaus möglich, daß der von dem Schweden *Wilhelm*
Nilson vorgeschlagene Käsefertiger eine solche umstürzende Neuerung
darstellt und die technische Grundlage dafür abgeben kann, besonders
die Laibkäserei im Großbetrieb zu ermöglichen.

X. Kondens- und Trockenmilch

Der Wunsch, die Milch für den Schiffsbedarf und für die Ausfuhr
nach überseeischen Ländern haltbar zu machen und zur Gewichts-
ersparnis ihren Wassergehalt zu vermindern, führte zur Herstellung
von Kondensmilch, einer auf die Hälfte ihres ursprünglichen Raum-
inhaltes eingedickten Milch, deren Abfüllung auf Dosen, Verschließung,
Sterilisierung und auch Verpackung nahezu selbsttätig erfolgt.

Der naheliegende Gedanke, die Wasserentziehung bis zur Trocken-
heit zu treiben, also ein Milchpulver zu erstellen, begegnete erheblichen
Schwierigkeiten, und es dauerte geraume Zeit, bis es der Technik
gelang, den Trockenprozeß so zu führen, daß diese Trockenmilch die
notwendige leichte Löslichkeit im Wasser besaß und die erforderliche
monatelange Haltbarkeit aufwies, ohne dabei die wertvollen Rohmilch-
eigenschaften, wie Geschmack, Geruch und Verdaulichkeit, merklich
zu beeinträchtigen.

XI. Kasein und Milchzucker

Das rasche Ansteigen der Butter- und Käseerzeugung brachte
zwangsläufig einen entsprechend vermehrten Anfall von Magermilch
und Molke, der bald durch die bekannten Verwertungsmöglichkeiten
(Magermilchkäse und Futtermittel) nicht mehr voll aufgefangen wer-
den konnte, namentlich nicht im Frühjahr, zur Zeit der Milch-
schwemme. Von den beiden Hauptbestandteilen der Magermilch, Käse-

stoff und Milchzucker, bot nun der Käsestoff gute Aussichten hinsichtlich der Auffindung neuer Verwendungsarten. Man fällte ihn mittels Säuren aus der Magermilch aus, entfernte das Wasser, trocknete ihn und gewann so das Kasein, einen phosphorhaltigen Eiweißkörper von geradezu unabsehbarer Verwendungsmöglichkeit. Um nur einige Verwendungsbeispiele herauszugreifen, sei hingewiesen auf die Verwendung des Kaseins in der Farbenindustrie, Papier- und Seifenfabrikation, zu Leimen und Kitten, zu Nährpräparaten, Speisewürzen, Kunsthorn und Kaseinwolle. Die immer noch im Steigen begriffene Anwendung von Kasein führte in den letzten Jahren zum Bau vieler großer Kaseinwerke in Deutschland, die uns von dem bisherigen Import weitgehendst freimachen sollen.

Die Molke enthält neben 1% Eiweiß etwa 4,5% Milchzucker. Durch Eindicken der Molke zu Molkensirup erhält man nach Mischung dieses Molkensirups mit verschiedenen Futtermitteln und Trocknung ein hochwertiges und haltbares Molkenfutter. Daneben stellt man reinen Milchzucker her, der besonders in der homöopathischen und biochemischen Heilmethode eine ausgedehnte Verwendung findet, und zwar als Grundstoff für die Verreibung einer großen Anzahl von Medikamenten. Auch zur Gewinnung des Milchzuckers schuf die Technik Einrichtungen, die seine fabrikatorische Herstellung in der gewünschten Güte erlauben.

XII. Die volkswirtschaftliche Bedeutung der Milchwirtschaft

Neben der bildlichen Veranschaulichung der Verwendungsgebiete für Milch sei abschließend noch eine kurze Übersicht über die volkswirtschaftliche Bedeutung der Milch gegeben:

Gesamtmilcherzeugung und -verwertung 1935
(Angaben in 1000 t Milch)

Milcherzeugung	24 205
davon zur Aufzucht	2 520
Mithin für menschliche Ernährung	21 685
und zwar	
zu Trinkmilch und Sahne	4 420
zur Verkäsung	779
zu Dauermilcherzeugnissen	206
zu Butter	11 980
Eigenbedarf der Landwirtschaft	4 300
	21 685

Sie stellt einen Wert von etwa 2,5 Milliarden RM dar, während vergleichsweise im Jahr 1935 der Wert für die gesamte in Deutschland gewonnene Kohle 1,9 und für die deutsche Erzgewinnung sogar nur 0,074 Milliarden RM betrug.

Vergleicht man den Erlös des Erzeugers für Milch, die den Hof verläßt, um in irgendeiner Form auf den Markt zu gelangen, mit den Verkaufserlösen aus anderen landwirtschaftlichen Erzeugnissen, so ergibt sich für das Jahr 1935 folgendes Bild:

	Milliarden RM
Verkaufserlös für alle landwirtschaftlichen Erzeugnisse insgesamt	8,8
Hiervon entfallen auf Milch	1,7 Milliarden RM
auf Roggen, Weizen, Hafer, Gerste	1,6 " "
auf Eier und Geflügel	0,37 " "
auf Schlachtvieh	3,3 " "

Zur Ergänzung dieses Bildes mögen noch einige Zahlen über die von der Milchwirtschaft beschäftigten Personen dienen.

Neben den in den derzeit 7769 milchwirtschaftlichen Betrieben (Molkereien, Buttereien, Käseereien und Dauermilchwerke) beschäftigten 71 284 Erwerbspersonen haben wir etwa 2,1 Millionen selbständige Bauern und Landwirte, die Vieh halten und ihre Milch irgendwie außerhalb des Hofes verwerten. Dazu kommen noch schätzungsweise 1,5 Millionen Familienangehörige, die sich in landwirtschaftlichen Betrieben unmittelbar mit der Viehpflege und der Milchgewinnung befassen. Außerdem wurden 93 640 Berufsmelker gezählt.

Mit der Verteilung von Milch und Milcherzeugnissen befassen sich in den etwa 5000 Butter- und Käsegroßverteilern rund 10 000 Personen.

Der Einzelhandel beschäftigt 74 500 Personen mit der Verteilung von Milch in 33 400 Geschäften. Im Kleinhandel mit Butter und Käse finden in etwa 14 800 Läden rund 26 000 Personen Beschäftigung.

Insgesamt sind also auf dem Wege der Milch und Milcherzeugnisse vom Erzeuger bis zum Verbraucher ohne Einbeziehung der Nebenzweige der Milchwirtschaft rund 3,9 Millionen Personen beschäftigt.

Aus dem Deutschen Museum

Die Entwicklung des Kraftfahrzeugwesens nach 1918 auf Grund der Darstellung in der Abteilung Kraftfahrzeugwesen im Deutschen Museum

Der Krieg von 1914 bis 1918 setzte der Entwicklung des Automobils in Europa große Schwierigkeiten entgegen. Als nach dem Krieg die europäischen Wagen auf dem Markt wieder erschienen, mußten sie mit den amerikanischen Wagen konkurrieren, die während der Zeit des Krieges zu einer weitgehenden Betriebsreife und zu überaus guten Fahreigenschaften entwickelt worden waren. Aus diesem Grund nahm die Verbreitung des Kraftwagens in Amerika ein Maß an, wie es in den europäischen Ländern bis dahin noch nicht bekannt war.

Diese starke Zunahme der Kraftfahrzeuge in Amerika brachte die große Ausbreitung des Tankstellenwesens. Als nach dem Krieg auch in Deutschland der Wunsch nach breiter Motorisierung aufkam, war der Ausbau des Tankstellennetzes eine wesentliche Voraussetzung hierfür.

So wurde der schwere amerikanische Wagen mit seinem Motor mit großem Hubraum das Vorbild für die europäischen Wagenkonstruktionen. Da die schweren Wagen aber nur für eine verhältnismäßig kleine Käuferschicht besonders in Deutschland in Betracht kamen, so entstanden um 1922 Bauformen, die in der Herstellung verhältnismäßig billig und im Betriebsstoffverbrauch zufriedenstellend waren. Diese Wagen hatten nicht den Gütegrad der amerikanischen, bildeten aber die Grundlage für den Neuaufbau und die Entwicklung der Kraftfahrzeuge in Europa und besonders in Deutschland. Dazu gehört der im Jahr 1923 von G r a d e gebaute Reibradwagen mit einem Zweitaktmotor, und besonders der im Jahr 1924 gebaute kleine Opelwagen, der in großen Mengen als überaus geeigneter Kleinwagen verkauft und gefahren wurde.

Ebenso beliebt waren auch die Fahrräder mit kleinen Zweitaktmotoren und die leichten Motorräder. Der als Kleinmotor noch sehr wenig durchgebildete Zweitakter wurde damals zur Betriebsreife entwickelt.

Da die amerikanischen Wagen für die guten in Amerika vorhandenen Straßen gebaut waren, so arbeiteten fortschrittliche Ingenieure daran, die Fahreigenschaften für die schlechteren europäischen Straßen durch neuartige Maßnahmen zu verbessern. Das italienische Automobilwerk Lancia baute im Jahr 1923 einen Wagen, der nicht mehr eine starre Achse besaß, sondern bei dem die vorderen Räder durch Spiralfedern einzeln an einem Rahmen aufgehängt und abgedefert waren. Die einzeln abgedeferten Räder ermöglichten eine stärkere Haftung der Räder an der Fahrbahn und verbesserten die Straßenlage des Fahrzeugs. Der S. H. W.-Wagen aus dem Jahr 1924 hatte schon allseitig unabhängig gefederte Räder. Um ein sicheres Fahren in der Kurve zu ermöglichen, trieb der vorne liegende Motor über die gelenkten Vorderräder das Fahrzeug an.

Die Raumverhältnisse im Sitzteil des Wagens wurden günstiger, da die beim üblichen Hinterradantrieb erforderliche Antriebsgelenkwelle wegfiel. Das Fahrzeug besaß keinen Rahmen, sondern der Aufbau war in selbsttragender Schalenbauweise ausgeführt und deshalb überaus leicht. Das Leistungsgewicht des Fahrzeugs betrug nur 19 kg/PS.

Bei den im Jahre 1925 gebauten Tatra-Wagen bedeutete der als Rohr ausgebildete Rahmen wegen seiner großen Verdrehsteifigkeit einen wesentlichen Fortschritt. Auch der zweisitzige Hanomag-Wagen von 1924 darf nicht vergessen werden. Durch den hinten liegenden Motor, der die hinteren Räder antrieb, wurde eine günstige Anordnung der beiden Sitze in der Mitte des Wagens zwischen den unabhängig gefederten Rädern erreicht. Auch konnte der Sitzraum geräumiger gestaltet werden. Diese Wagen zeigen, wie sich die Konstruktionen Europas von dem amerikanischen Vorbild frei machten und den Weg gingen, der ihnen auf Grund der europäischen Verhältnisse vorgezeigt wurde.

Bei der Entwicklung des Fahrgestells wurde die Entwicklung des Motors und des Antriebs nicht vergessen. In Deutschland kam man durch die vorhandene Steuerformel zu verhältnismäßig kleinvolumigen, aber leistungsfähigen und schnellläufigen Motoren. Man war also gezwungen, die Litterleistung zu steigern und erreichte dabei wesentliche Erkenntnisse über Bauformen für hochverdichtete und kloppfeste Motoren, die für die Entwicklung überaus fruchtbringend waren.

Eine Sonderstellung nimmt der in Deutschland entwickelte Fahrzeug-Dieselmotor ein. Er wurde bei der Maschinenfabrik Augsburg-Nürnberg und bei der Firma Benz & Co., Gaggenau, entwickelt und 1933 erfolgreich in Fahrzeuge eingebaut. Wegen seines günstigen Brennstoffverbrauchs und der Billigkeit des Brennstoffes setzte sich der Dieselmotor im Lastkraftwagenbau sehr schnell durch, und die von Deutschland erreichten Ergebnisse wurden bis jetzt von keinem Lande eingeholt.

Auch die Konstruktion der Antriebsteile machte wichtige Fortschritte. Die einfach und kurz zu bauende Einscheibenkupplung wird beim Kraftwagen allgemein verwendet. Das Getriebe wird geräuschloser wegen der eingebauten schrägverzahnten und geschliffenen Räder. Das Schalten wird erleichtert durch kleine eingebaute Kupplungen und durch Klauen. Die Abfederung der Räder und die Dämpfung der Federn führte zu ganz neuartigen Konstruktionselementen. Zu diesen gehört die Stabfeder, die 1934 sogar mit Erfolg im Rennwagen verwendet wurde, und der einfach oder doppeltwirkende Flüssigkeitsstoßdämpfer, der sich ebenfalls bewährte.

Einen wesentlichen Anteil an der Weiterentwicklung des Fahrzeugs hat die Kraftfahrtforschung. Die gründliche Prüfung der Motoren auf dafür geeigneten Prüfständen setzte sich zum Ziel, die Leistungen und die Dauerhaltbarkeit wesentlich zu erhöhen. Die Kraftwagenprüfstände und Windkanäle ermöglichen die Bestimmung der im Kraftfahrzeug auftretenden Einzelwiderstände und durch die dabei erhaltenen Erkenntnisse die Verringerung der für sie aufgewendeten Leistungen.

Das Kriegsfahrzeug als Lastfahrzeug und als Kampffahrzeug hat sich selbstverständlich sämtliche Erfolge auf dem Gebiet des Kraftfahrzeugs zu eigen ge-

macht und bringt weiterhin wesentliche Probleme wie Geländefähigkeit, mit den Erfordernissen steifer Rahmenkonstruktion und geeigneter Federung, sowie Dauerbelastbarkeit der Motoren für große und langwierige Beanspruchung.

Der moderne Rennwagen zeigt am besten, was bis heute erreicht wurde. Seine Höchstgeschwindigkeit von über 400 km in der Stunde und seine hohen Beschleunigungsfähigkeiten bilden Spitzenleistungen, wie sie noch vor kurzem kaum vorstellbar waren. Diese werden erreicht durch die leistungsfähigen Motoren mit Leistungen von 80 bis 90 PS/l bei hoher Schnellläufigkeit und vielzylindriger Anordnung sowie durch das überaus günstige Leistungsgewicht von ungefähr 1,5 kg/PS des gesamten Wagens, durch seine Schwingachsen und den tiefen Schwerpunkt. Das gute Leistungsgewicht, die hohen Drehzahlen und die vielzylindrigen Motoren weisen auf Karl Benz und Gottlieb Daimler hin, die diese Forderungen schon zu Beginn der Automobilentwicklung stellten, und der moderne Rennwagenbau zeigt, wie richtig Daimler und Benz die wesentlichen Probleme erfaßten.

Dipl.-Ing. H. Fuchs, Stuttgart.

Neue Wege der Flugtechnik*)

Von *Henrich Focke*, Bremen**)

In der Technik werden oft lange Zeit bestimmte Wege eingehalten, deren Betreten im Anfang mehr oder weniger zufällige Ursachen hatte. Das Beharren auf diesen einmal betretenen Wegen ist menschlich verständlich, aber für den wahren Fortschritt durchaus nicht immer förderlich.

Auch die Flugtechnik, so jung sie ist, macht hier keine Ausnahme. Im Gegenteil, die großen Schwierigkeiten der stets an den Grenzen des technisch Möglichen stehenden Probleme veranlaßten in den vergangenen Jahrzehnten sogar mehr und mehr, den einmal beschrittenen Weg, der die erste Lösung des menschlichen Fluges gebracht hatte, beizubehalten. Bekannt ist, daß sich die heutige Flugtechnik, der schon eine ebenso große flugtechnische Wissenschaft zur Seite steht, fast allein auf das physikalische Prinzip des Drachenflugzeuges stützt und hier wieder fast allein auf die Bauform mit vorn liegenden Flügeln und hinten liegendem Leitwerk, eine Grundanordnung, die zweifellos im letzten Grunde vom Vorbild des Vogels stammt.

Von einer höheren Warte gesehen ist es aber notwendig, sich von dieser Einschränkung zu befreien und alle Möglichkeiten auszuschöpfen. Das ist bisher nicht in allen erfolgversprechenden Punkten geschehen. Für die in dieser Beziehung vorliegenden z. T. ungelösten, z. T. in der Lösung begriffenen Probleme, die vielfach ganz grundsätzlicher Natur sind und weite Ausblicke in Neuland der Entwicklung bieten, möchte ich ihre Aufmerksamkeit heute in Anspruch nehmen.

Einer der stärksten Gründe, überhaupt zu fliegen, ist bekanntlich die hohe erreichbare Geschwindigkeit. Man erstrebt heute, durch Herabsetzen der Luftwiderstände die Geschwindigkeit zu steigern, ein Verfahren, das im Zuge der normalen Entwicklung des Drachenflugzeuges liegt und in den letzten zehn Jahren erstaunliche, kaum für möglich gehaltene Fortschritte gebracht hat. Ideale Stromlinienform, hohe Oberflächenglätte und sorgsamste Behandlung aller Formübergänge sind die bekanntesten Mittel hierzu.

*) Vortrag auf der Jahresversammlung des Deutschen Museums am 6. Mai 1938 in München.

**) Professor Dr.-Ing. E. h. *Henrich Focke* ist technischer Leiter des Flugzeugwerkes Focke, Achgelis & Co. G. m. b. H. in Delmenhorst b. Bremen und Gründer der Focke-Wulf-Flugzeugbau G. m. b. H. Er ist als Flugzeugbauer seit 1908 hervorgetreten und hat in in- und ausländischen Fachzeitschriften aus seinem Arbeitsgebiet berichtet. 1932 bis 1937 hat er den ersten praktisch brauchbaren Hubschrauber auf Grund eingehender wissenschaftlicher Arbeiten geschaffen.

Ein radikalerer Schritt, der schon seit längerer Zeit versucht und jetzt zu einem gewissen grundsätzlichen Erfolg gekommen ist, ist das Weglassen eines bisher zur Stabilisierung und Steuerung für unentbehrlich gehaltenen Flugzeugteils, des Leitwerks oder besser des ganzen Schwanzes.

Wir sprechen dann vom „Schwanzlosen“ oder „Nurflügelflugzeug“, für das die unter Leitung von Professor *Georgii* stehende Forschungsanstalt für Segelflug in Darmstadt mit ihrem Konstrukteur, Ing. *Lippisch*, erfolgreiche Pionierarbeit geleistet hat.

Grundsätzlich rückt beim Schwanzlosen das Höhenruder an die Flügelhinterkante, und zwar an die mittleren Flügelteile, da die äußeren durch die Querruder nach wie vor besetzt sind. Das Seitenruder dagegen in Gestalt von Endscheiben rückt an die Flügelenden. Die Beseitigung des Schwanzes und eines beträchtlichen Teiles des Rumpfes bringt wesentliche Gewichts- und Widerstandsersparnisse und damit Verbesserung von Nutzlast und Geschwindigkeit.

Als diese Entwicklungsarbeiten anfangs in der Rhön, dann in Darmstadt, begannen, war eine systematische Vorarbeit auf diesem Gebiete nicht vorhanden, und es hatte sich in Fachkreisen die Ansicht gebildet, daß diese Flugzeuggattung der konstruktiven Verwirklichung beinahe unüberwindliche Schwierigkeiten entgegenstelle. Ehe man daher an grundlegende Forschungsarbeiten herangehen konnte, hielt *Lippisch* es für richtig, zu beweisen, daß der schwanzlose Flugzeugtyp einwandfrei flugfähig gestaltet werden kann und dem Normalflugzeug gegenüber keine Mängel aufweist.

Es gelang ihm auf dem Wege über das große freifliegende Modell und das motorlose Flugzeug, erstmalig 1929, ein schwanzloses Leichtmotorflugzeug (RRG-Storch V), zu schaffen, Bild 1, dessen Flugvorführung die Zweifel der Fachwelt an der praktischen Verwendbarkeit solcher Baumuster zerstreute.

Es folgte im Jahre 1931 die Vorführung eines Nurflügel-Leichtflugzeuges (Delta I), Bild 2, wodurch weitere Anhänger für die Entwicklung des Nurflügelflugzeuges gewonnen wurden. Im gleichen Jahre wurde durch Gewinnung des B.Z.-Preises die Leistungsfähigkeit der schwanzlosen Flugzeuge unter Beweis gestellt. (Flug *Groenhoffs* auf Storch VII Wasserkuppe-Berlin, 330 km, 1 h 55 min, Motorleistung 24 PS, Bristol-Cherub.) Der Verlust des Versuchsfliegers *Groenhoff* brachte dann leider die Weiterarbeit zum Stocken. Auch konnten übersteigerte Forderungen nicht sofort erfüllt werden, da hierzu die Erfahrungen zu gering waren. Damit begann die systematische Durcharbeit der theoretischen Unterlagen.

Es war seit langem bekannt, daß nur ein pfeilförmiger und nach außen abnehmend verwundener Flügel für sich allein, also ohne



Bild 1. Schwanzloses Leichtmotorflugzeug (RRG-Storch V) 1929

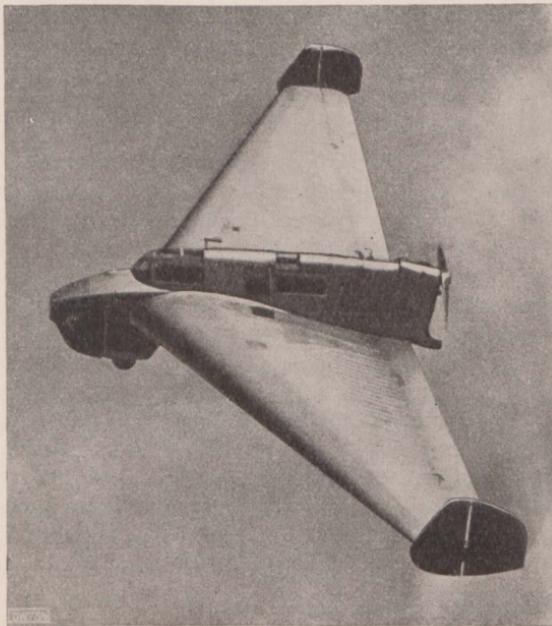


Bild 2. Nurflügel-Leichtflugzeug (Delta I) 1931

Schwanz, längsstabil gemacht werden kann. Es erfolgte der Aufbau eines Verfahrens zur Berechnung der Auftriebsverteilung des Pfeilflügels und Ableitung der Stabilitätsberechnung hieraus, ferner eine praktische Untersuchung der Flugeigenschaften verschiedener Muster, insbesondere Hochdecker im Vergleich zum Tiefdecker, Entwicklung der Flugzeuge hierfür. Mehrere schwere Brüche hemmten die Entwicklung. Die Ursache dieser Unfälle war auf Flugeigenschaftsmängel zurückzuführen, so daß es zweifelhaft erschien, ob die Behebung dieser Schwierigkeiten überhaupt möglich sein würde. Weitere Versuche zur Klärung der Flugeigenschaftsfragen führten zur Änderung des inzwischen wieder aufgebauten Typs und brachten 1937 folgende Erkenntnisse:

Die Erreichung einer brauchbaren dynamischen Stabilität um die Querachse ist entgegen anfänglichen theoretischen Betrachtungen ohne prinzipielle Schwierigkeiten möglich. Der Trugschluß der Theorie beruhte darauf, daß die dynamische Stabilität des Pfeilflügels stets nur von der aerodynamischen Seite gesehen wurde, die natürlich eine stark verminderte Längsdämpfung feststellte gegenüber dem Schwanzflugzeug. Da jedoch auch die Trägheitsmomente um die Querachse in gleicher Weise wie die Dämpfung vermindert werden, so tritt keine Verminderung der dynamischen Stabilität um die Querachse ein. Demgegenüber macht sich vorteilhaft bemerkbar, daß jede Beeinflussung des Höhenleitwerks durch den Luftschraubenstrahl vermieden wird, und daß Vollgasflug und Drosselflug keine Veränderung der dynamischen Stabilität hervorrufen.

Die früher größten Schwierigkeiten waren aber durch mangelhafte Stabilität um die Hochachse bedingt. Ein Flugzeug mit geringer Seitenstabilität liefert nicht nur um die Hochachse unangenehme Flugeigenschaften, sondern es tritt insbesondere ein fast völlige Unwirksamkeit der Querruder auf, die durch folgende Ursachen bedingt ist: Die Änderung der Auftriebsverteilung infolge Querruderausschlag liefert außer einem Rollmoment um die Längsachse ein richtungsinstabiles Giermoment um die Hochachse des Flugzeuges. Dadurch tritt ein Vorseilen des kurveninneren Flügels ein, und die hiermit hervorgerufene höhere Relativgeschwindigkeit des kurveninneren Flügels vernichtet die Querruderdwirkung. Bei der höheren Richtungsstabilität des normalen Flugzeugs werden diese physikalisch bedingten Erscheinungen des induzierten Giermomentes nur selten unangenehm bemerkbar. Bei geringer Stabilität um die Hochachse müssen Vorkehrungen getroffen werden, um die Giermomente von vornherein auszugleichen.

Bisher waren die Seitenleitwerke an den Flügelenden der schwanzlosen Typen der DFS verwendet worden. Aber eingehende Untersuchungen am fliegenden Flugzeug zur Beseitigung der genannten



Bild 3. Nurflügel-Leichtflugzeug der DFS mit nach unten-außen hängenden gekielten Endscheiben als Seitenleitwerk

Erscheinung haben die Seitenruderanordnung mit schräg nach unten-außen hängenden und gekielten Endscheiben als am günstigsten ergeben, Bild 3. Die Ursache für diese günstigste Wirkung ist darin zu suchen, daß hierbei die gegenseitige Induktion zwischen Seitenleitwerk und Außenflügel im Sinne der Richtungsstabilität erfolgt.

Eine weitere große Schwierigkeit betraf den Start der schwanzlosen Flugzeuge, besonders die Gestaltung des Fahrwerks, da der Staudruck des Schraubenstrahls nicht auf Seiten- und Höhenleitwerk wirkt. Das Fahrwerk ist deshalb so zu gestalten, daß einerseits bei Bodenunebenheiten stabile Kippschwingungen um die Querachse auftreten und daß andererseits ein Geradeausrollen bei Beginn des Starts durch richtige Anordnung des Fahrwerks und der Lage der Motorachse zum Schwerpunkt gewährleistet wird. Auch hier wurde in Darmstadt schließlich eine befriedigende Lösung gefunden.

Zur Überprüfung und Vervollständigung der aerodynamischen Berechnung des Pfeilflügels wurden schließlich von der DFS systematische Meßreihen an Pfeilflügeln im Windkanal als 3- und 6-Kompo-

nenen-Messungen ausgeführt. Es sind dort weiterhin systematische Profiluntersuchungen in Arbeit, die eine Erweiterung der Erkenntnisse über die Profileigenschaften bei hohen Reynolds-Zahlen an druckpunktfesten und stabilen Flügelschnitten möglich machen.

Die Arbeiten *Lippischs*, die gerade im letzten Jahr besonders erfolgreich waren, bilden eine wichtige Etappe auf dem Wege zum Nurfügelflugzeug, das wahrscheinlich ganz besonders bei sehr großen Flugzeugen, bei denen alle Lasten und das Triebwerk im Flügel Platz finden, in Zukunft eine große Rolle spielen wird.

II. Ein grundsätzlicher Mangel des Drachenflugzeuges, der um so schwerer wiegt, als er nicht die Leistungen, sondern die Sicherheit betrifft, ist der enge Bereich der Flugzustände, in den bei ihm die Auftriebserzeugung und damit die Steuerbarkeit eingeschlossen ist.

Jede dynamische Auftriebserzeugung ist bekanntlich gleichbedeutend mit der Erteilung eines Abwärts-Impulses an große Luftmassen. Beim Drachenflugzeug ist die Voraussetzung dafür eine bestimmte geregelte Umströmung des Flügels, die ohne weitere Hilfsmittel bereits bei einem Anstellwinkel der Flügel zur Strömung von etwa 15° aufhört. Man kann diese Grenze zwar durch den sogenannten Spaltflügel hinausschieben, aber bei einem bestimmten Winkel löst sich immer die Strömung von der Flügeloberseite ab. Stark fallender Auftrieb und völliger Verlust der Quersteuerbarkeit und Querstabilität sind die Folge.

Es wäre daher von größtem Wert, wenn man die Überschreitung eines bestimmten Anstellwinkels überhaupt verhindern könnte, ohne die gewollte Steuerbarkeit zu beeinträchtigen. Aus dem letztgenannten Grunde kann man nicht etwa einfach die Höhensteuerwirkung beschränken. Aber die gewünschte Möglichkeit bietet ein ganz veränderter Flugzeugtyp, die sogenannte „Ente“, bei der uns gleichzeitig noch ein weiterer Vorteil von selbst zufällt:

Beim heutigen Normalflugzeug liegen die Räder nur wenig vor dem Schwerpunkt. Daraus folgt ohne weiteres die bekannte und unangenehme Gefahrmöglichkeit des Überschlagens am Boden beim Auftreffen der Räder auf selbst verhältnismäßig kleine Bodenebenenheiten. Wenn es möglich wäre, am Boden für das Flugzeug einen weiteren, in größerer Entfernung vor dem Schwerpunkt liegenden Unterstützungspunkt zu schaffen, ohne dadurch die Möglichkeit der zum Start notwendigen Längsneigungsänderung zu unterbinden, so würde damit die ständige Gefahr des Überschlagens nahezu ausgeschlossen.

Diese Möglichkeit bietet die Entenbauart. Dadurch, daß bei der Entenbauart, Bild 4, die Haupttragfläche weit hinten liegt, das Leitwerk dagegen vorn, und dadurch, daß dieses Leitwerk stark an der Auftriebserzeugung beteiligt ist, ergibt sich eine Schwerpunktslage etwas vor der Haupttragfläche, aber immerhin in rund $\frac{2}{3}$ der Gesamt-



Bild 4. Flugzeug in Entenbauart (Focke-Wulf 1930)

länge des Flugzeuges von vorn gerechnet. Das Flugzeug kann also vorn einen weiteren Unterstützungspunkt, also ein weiteres Rad erhalten, das viele Meter vor dem Schwerpunkt liegt und so einen Überschlag vollkommen ausschließt. Das ist einer der Punkte, der dafür spricht, die heutige Flugzeugbauart in manchen Fällen zu verlassen und die Entwicklung des Entenflugzeuges zu versuchen.

Mit der Verbesserung einer Eigenschaft am Boden allein würde sich aber eine so weitgehende Änderung der Bauart kaum rechtfertigen lassen.

Viel schwerwiegender sind die Fragen der Sicherheit in der Luft, die Vermeidung des obengenannten Vorganges, des Überziehens. Durch Steuerfehler, durch atmosphärische Einflüsse oder ein Zusammenwirken von beiden kommen bis in die jüngste Zeit derartige Unfälle vor. Schon 1928 konnte Herr v. Köppen von der Deutschen Versuchsanstalt für Luftfahrt zeigen, daß es meinem Werk gelungen war, wenigstens die Folgen des Überziehens durch die Formgebung des Focke-Wulf-Flügels zu vermeiden, nämlich den Absturz im Trudeln. Noch besser ist es natürlich, das Überziehen dadurch überhaupt auszuschließen, daß man die Wirksamkeit der Höhensteuerung kurz vor dem Punkte zum Verschwinden bringt, an dem die Haupttragfläche ihren kritischen Anstellwinkel erreicht. Auch hier bietet die Entenbauart durch ihre aerodynamische Gestaltung selbst dieses Mittel ganz natürlich dar. Man muß zur Erhaltung der Längsstabilität bei der Entenbauart dem Leitwerk, das wir hier wegen seiner tragenden Eigenschaften als Vorderflügel bezeichnen, einen größeren Anstellwinkel und

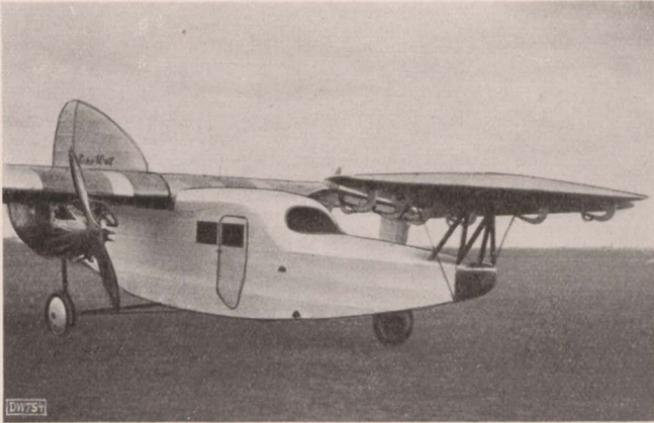


Bild 5. Anordnung des Vorderflügels bei der Entenbauart

damit einen höheren spezifischen Auftrieb geben als dem hinten liegenden Hauptflügel. Der Hauptflügel ist aber auch bei der Entenbauart Träger der Querstabilität und der Quersteuerung, während hierfür der kleinere Vorderflügel mit der geringen Spannweite nicht in Betracht kommt. Wird also ein Entenflugzeug bis an die Grenze des Auftriebs des Vorderflügels gezogen, so reißt allein der steiler eingestellte Vorderflügel ab, infolgedessen kann die Längsneigung nicht weiter zunehmen, der Hauptflügel bleibt in seiner Strömung ungestört und damit auch die Querstabilität. Dabei ist im normalen Flugbereich die Wirkung der Höhensteuerung bei der Ente so übertrieben stark, daß wir alle möglichen Kniffe anwenden mußten, um sie herabzusetzen. Beim heutigen Schwanzflugzeug ist man froh, wenn man eine genügende Höhenrudervirkung im Normalflugbereich hat, es gelingt dann aber nicht, sie an der Gefahrgrenze plötzlich zu null werden zu lassen. Auch hier zeigt sich also eine grundsätzliche Überlegenheit der Entenbauart. Unüberschlagbarkeit am Boden und Unüberziehbarkeit in der Luft sind die beiden wichtigsten und grundsätzlichen Vorteile, die uns die Entenbauart für die Zukunft verspricht.

Eine ganze Anzahl kleinerer Vorteile lassen sich aber noch der Entenbauart abgewinnen. Aus der Unmöglichkeit des Überschlagens folgt sofort, daß man ein Entenflugzeug mit derselben Stärke wie etwa einen Kraftwagen am Boden bremsen darf, ohne eine Gefahr befürchten zu müssen. Ferner sind beim Entenflugzeug, Bild 5, die Sichtverhältnisse für Führer und Fluggäste deshalb so außerordentlich viel günstiger, weil der Schwerpunkt und damit der Aufenthaltsraum der

Insassen aus dem Bereich großer Tragflächen fort und vor den hinten liegenden Hauptflügel rückt. Daß der Vorderflügel im Gesichtsfeld des Führers liegt, kann bei einigermaßen geschickter Anordnung kaum als ein Nachteil empfunden werden, im Gegenteil erleichtert bekanntlich insbesondere dem Anfänger ein weit vor ihm liegender Flugzeugteil sehr wesentlich die Erhaltung der richtigen Längslage des Flugzeuges in der Luft.

Ein weiterer Vorzug ergibt sich in bezug auf den Propellerwirkungsgrad. Bei der Entenbauart ist es möglich, die Propeller so anzuordnen, daß sie völlig frei ausblasen, nämlich hinter dem Hauptflügel. Auch Leitwerk und Rumpfteile werden dann nicht mehr vom Propellerstrahl bestrichen. Wenn dieser Vorteil bei der Focke-Wulf-Ente noch nicht in vollem Maße ausgenutzt ist, indem Motor und Propeller vor dem Hauptflügel liegen, so ist dies nur in der Erwägung geschehen, daß die Anordnung von Übertragungswellen eine weitere Erschwerung bedeutet hätte, die bei einem im übrigen so neuen Flugzeugmuster damals ungünstig erschien. Angesichts der größtenteils schon damals grundsätzlich bekannten Vorteile mußte der Versuch einer Entwicklung der Entenbauart sich lohnen, als wir sie 1926 wieder aufnahmen. Eine längere Vorgeschichte ging nämlich schon voraus.

Merkwürdigerweise ist schon der erste in Europa beurkundete Flug von *Santos-Dumont* 1907 auf einem Flugzeug ausgeführt worden, das gerade umgekehrt wie unser heutiger Normaltyp gebaut war: Die Haupttragflächen, der Führerstand und der Motor befanden sich ganz hinten, und an einem weit nach vorn ragenden Körper saßen die Leit- und Steuerflächen.

Auch die Anfänge der von meinem Werk 1926/27 konstruierten und gebauten Ente gehen bis in diese Zeiten zurück. Versuche an freifliegenden Modellen von meinem Bruder und mir im Jahre 1907 führten zu gewissen Erfolgen bei vorn liegender kleiner und hinten liegender größerer Tragfläche. Auch eine erste primitive Theorie der Stabilität dieser Anordnung wurde gefunden und die Arbeiten fanden ihren Niederschlag in einem 1908 erteilten Patent, das so das Grundpatent der Entenbauart wurde.

Die Versuche führten dann im Jahre 1908 zum Bau eines Flugzeuges mit einem französischen 40 PS E. N. V.-Motor — deutsche ausreichend leichte Motoren gab es ja damals noch nicht. Dieses Flugzeug führte im September 1909 auf dem Bornstedter Felde bei Potsdam die ersten Versuche aus und machte damals unter Dr. *Alberti* und meinem Bruder Sprünge von etwa 40 m Länge und einigen Metern Höhe.

Die Fortführung der Versuche scheiterte an finanziellen Verhältnissen. Von späteren Entenbauarten sind am bekanntesten diejenigen von *Voisin* in Frankreich etwa 1910, der der Ente auch ihren Namen

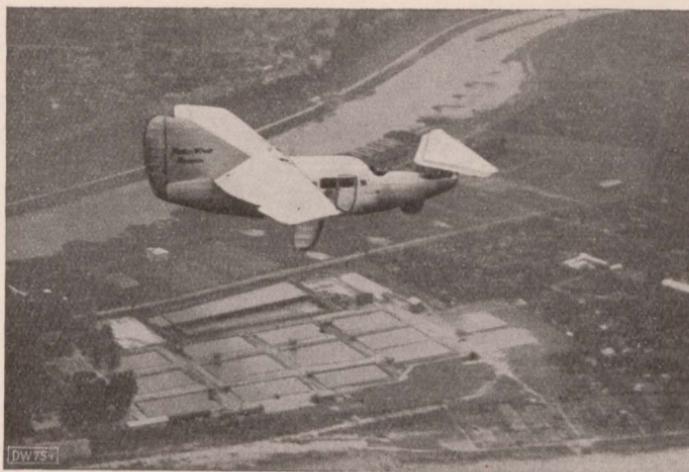


Bild 6. Focke-Wulf Ente 1930 über Bremen

gab (Canard) wegen ihres Flugbildes, ferner hat die Ente von Professor *Reissner* 1911 Flüge ausgeführt, die für ihre Zeit als ganz hervorragend bezeichnet werden müssen. — Soweit man es verfolgen kann, sind leider die Entenbauarten meistens aus Gründen, die mit dem Entenprinzip selbst gar nichts zu tun haben, der Vergessenheit anheimgefallen.

Nach dem Kriege wurden als Segelflugzeuge zwei Entenbauarten von *Klemperer* und *Lippisch* versucht, aber trotz der gewaltigen Fortschritte in der theoretischen und praktischen Aerodynamik ist kaum wieder irgendwo ein ernsthafter Versuch einer Ente als Motorflugzeug aufgetaucht bis zum Jahre 1925, wo die Focke-Wulf Flugzeugbau A. G. der Deutschen Versuchsanstalt für Luftfahrt den Bau eines Entenflugzeuges vorschlug, das 1926 bestellt und nach eingehenden Vorstudien im Göttinger aerodynamischen Institut gebaut wurde, Bild 6.

Freilich waren die Schwierigkeiten nicht gering zu veranschlagen. Sie gipfelten in drei Hauptfragen:

1. Erzielung der Stabilität um alle drei Achsen im Raum.
2. Erreichung mindestens normaler Flugleistungen.
3. Konstruktion des Flugzeuges unter den veränderten Kräfteverhältnissen mit normalem Gewichtsaufwand.

Wiederum weitaus die wichtigste und schwierigste war die erste, die Stabilitätsfrage.

Von den Stabilitätsfragen konnte die der Querstabilität, also die um die Längsachse, ausscheiden, da sie allein von den be-

kannten Eigenschaften des Hauptflügels abhängt, der wie gesagt hochgradig querstabil ist. Es ist auch ohne Nachrechnung offensichtlich, daß der kleine Vorderflügel mit seiner geringen Spannweite keinen wesentlichen Beitrag zu Quermomenten liefert. Was die Längsstabilität der Entenbauart angeht, so war 1926 wenig mehr als der allgemeine vorher geschilderte Gedankengang der Rechnung, anknüpfend an die Stabilitätsrechnung des Schwanzflugzeuges, bekannt.

Mit diesen lange bekannten Grunderkenntnissen ließe sich bei Kenntnis der aerodynamischen Beiwerte von Auftrieb, Widerstand und Moment der verwendeten Flügel die Stabilitätsrechnung einer Ente durchführen. Wir mußten sie auch anwenden, um überhaupt einen ersten Anhalt für die Modelle zu bekommen, die in Göttingen untersucht werden sollten. Aus zweierlei Gründen entspricht aber diese Rechnung auch nicht annähernd der Wirklichkeit:

Der erste Grund ist das Vorhandensein des Rumpfes, der labilisierend wirkt, wie ja die unmittelbare Anschauung schon lehrt.

Der zweite Grund liegt in der Wirkung des Abwindes des Vorderflügels auf den Hauptflügel. Der Abwind hinter einem Flügel rührt ja bekanntlich her von dem Abwärtsimpuls, den der Flügel der Luft erteilt hat und dessen Gegenwert eben der Auftrieb darstellt.

Bei der Ente liegt der Hauptflügel nur teilweise im Abwind des kleineren Vorderflügels, die Randwirbel des Vorderflügels gehen in manchen Fluglagen mit ihrem Kern gerade durch den Hauptflügel hindurch, wodurch äußerst verwickelte Anströmungsverhältnisse geschaffen werden.

Aus den beiden Gründen mußten wir uns im Windkanal erst ziemlich mühsam an die richtigen Verhältnisse herantasten. Viele Irrwege mußten gegangen werden und unzählige Abänderungen waren notwendig, bis die Eigenschaften des Modells in allen Punkten befriedigten; lagen doch fast gar keine Erfahrungen über die aerodynamischen Eigenschaften von Entenbauarten vor und waren doch vorher fast keine Entenbauarten nach modernen Gesichtspunkten im Windkanal untersucht worden.

Der Erfolg der sorgfältigen Vorbereitung blieb auch nicht aus: Das Einfliegen dieses so völlig neuartigen Flugzeuges im Herbst 1927 durch meinen Mitarbeiter *Wulf* war ein Zehnminutenflug, der z. T. über Bremen führte. Irgendwelche Änderungen waren nicht notwendig und das Flugzeug wurde nach einer Anzahl weiterer Flüge an die Deutsche Versuchsanstalt für Luftfahrt abgeliefert.

Ogleich *Wulf* bei einem späteren Fluge durch eine unglückliche Verkettung verschiedener Umstände tödlich verunglückte, kamen sowohl die Deutsche Versuchsanstalt für Luftfahrt, als auch nach weiteren Versuchen die Göttinger Anstalt zu dem Ergebnis, daß die Entenbauart als solche keinen Zusammenhang mit diesem Unfalle habe. So

wurde der Wiederaufbau beschlossen. Die nahezu fertiggestellte Maschine wurde durch den Brand meines Werkes im Herbst 1929 wiederum vernichtet.

So konnte erst am 15. Mai 1930 mein Mitarbeiter *Edzard* die neue, in manchen Punkten verbesserte Ente einfliegen. Bereits der 15. Flug bestand in der Flugeigenschaftsprüfung durch die Deutsche Versuchsanstalt für Luftfahrt. Die übrige normale Musterprüfung wurde genau wie für jedes andere Flugzeug im darauffolgenden Monat erledigt.

Ich darf zur Abrundung des Bildes erwähnen, daß auf meinen eigenen Wunsch das Flugzeug außer zu wissenschaftlichen Flügen auch zu einer Erprobung in harter Praxis herangezogen wurde. Im Herbst 1931 wurden bei z. T. sehr schlechter Wetterlage Flüge nach den europäischen Hauptstädten, wie Kopenhagen, Zürich, Brüssel, Antwerpen, Amsterdam, London ausgeführt, u. a. der Kanal bei Sturm von 70 km/Std überflogen, wobei sich das Flugzeug einwandfrei verhielt.

Die DVL hat eine Reihe höchst interessanter Berichte über ihre Versuchsflüge mit der Focke-Wulf-Ente veröffentlicht und kommt zu dem Ergebnis, daß alle gewollten Eigenschaften erreicht seien und anderseits vermutete Gefahren nicht vorhanden sind. Das einzige überhaupt vorhandene Exemplar der Ente fliegt noch heute in Adlershof ohne Anstände.

Alles bisher Gesagte betrifft aber nicht den grundsätzlichen Mangel, den man dem Drachenflugzeug vorwerfen kann, nämlich daß es zu sehr langsamem Fluge oder gar Stillstand in der Luft nicht befähigt ist. In der Idee seit Jahrhunderten, seit *Leonardo da Vinci*, in der Ausführung seit Jahrzehnten ist die Lösung dieser Aufgabe der Gegenstand heißer Bemühungen gewesen, bis vor kurzem fast ohne Erfolg.

III. Alle Sondervorkehrungen, auch die Entenbauart, können wohl verhindern, daß das Flugzeug in überzogenen Zustand, also zu geringe Geschwindigkeiten, gerät, sie können aber nicht die geringe oder gar Nullgeschwindigkeit benutzbar, geschweige denn ungefährlich machen.

Das erste dynamische Luftfahrzeug, das wenigstens grundsätzlich senkrecht landen und starten, sowie in der Luft stillstehen konnte, der Hubschrauber von *Cornu* in Frankreich, ist zur gleichen Zeit 2 min in 1 m Höhe geflogen, als *Farman* seine ersten Flüge im Drachenflugzeug ausführte, um die Jahreswende 1907/08. Bekanntlich waren *Farmans* Flüge der endgültige Aufbruch zu der riesigen Entwicklung der Luftfahrt, in der wir noch heute stehen.

Es ist nicht uninteressant, sich vorzustellen, wie unser Flugwesen aussähe, wenn in dem damaligen Wettlauf nicht die finanzkräftige Fabrik der Brüder *Voisin*, sondern der fast mittellose Mechaniker

Cornu gesiegt hätte. Es wird ausdrücklich bestätigt, daß der Erfinder angesichts der Fortschritte des Drachenflugzeuges seine Versuche aufgab.

Sicher ist, daß unsere Flugplätze kaum vorhanden sein würden oder doch etwa 100 mal kleiner wären, da man überall landen könnte, wo nur Raum wäre einige Male größer als das Flugzeug selbst.

Die hohe Geschwindigkeit, das große Geschenk, das uns das Drachenflugzeug gemacht hat, ist zugleich sein Fluch, von dem wir bis heute nicht erlöst waren. Die Unmöglichkeit, in der Luft stillzustehen, sich senkrecht zu erheben und senkrecht wieder zu landen, bewirkt viele Gefahren bei Start und Landung, den großen Platzbedarf unserer Flugplätze, die Gefahren unsichtigen Wetters, des Fliegens über zur Landung ungeeignetem Gelände, im Hochgebirge, über ausgedehnten Waldungen oder Sümpfen.

Der einmal erzielte Erfolg des Drachenflugzeuges bewirkte jedoch auch hier wieder, wie eingangs erwähnt, daß andere Bauarten kaum noch gefördert wurden. Vor noch nicht langer Zeit galt jeder Versuch, von der orthodoxen Flugzeugform abzuweichen, von vornherein als verfehlt. Erst als Entenbauarten, Schwanzlose und *Ciervas* Autogiro diesen Bann gebrochen hatten, und andererseits das Bedürfnis der Unabhängigkeit von großen Landeplätzen immer stärker wurde, hörte man wieder von Hubschraubern. In den meisten Fällen wurden aber alle die vielen notwendigen Vorarbeiten nicht ernsthaft genug angefaßt. Der Hubschrauber war noch das Gebiet der „Erfinder“, weniger des systematisch arbeitenden Ingenieurs.

Theoretische Grundlagen der statischen und dynamischen Stabilität waren kaum vorhanden. Eine genaue Bearbeitung des maschinenbaulichen Teiles nach neuzeitigen Verfahren wurde selten durchgeführt. So steckte der Hubschrauber, als ich meine Arbeiten 1932 begann, noch ganz im Laboratoriumsstadium.

Offiziell oder wenigstens offiziös bestätigt waren damals etwa folgende Leistungen von *d'Ascanio*, *Oehmichen* und *Pescara*:

Strecke	rd. 1 km,
Dauer	rd. 10 min,
Höhe	rd. 18 m.

Es schien mir unumgänglich notwendig, für die Lösung des schwierigen Problems an allen Stellen die gesamten zur Verfügung stehenden technisch-wissenschaftlichen Mittel einzusetzen.

Als praktische Forderungen, die hierdurch erreicht werden mußten, wenn ein wirklicher Dauererfolg erzielt werden sollte, nahm ich mir die folgenden, in der Reihenfolge ihrer Wichtigkeit, vor:

1. Notlandemöglichkeit bei Ausfall des Triebwerks

Diese Forderung, die das Drachenflugzeug von Anfang an erfüllt hat, ist die Voraussetzung jeder ernsthaften Hubschrauber-Flugpraxis, war aber bisher noch von keinem Hubschrauber erfüllt worden. Die Autorotation der Drehflügel, deren Anwendbarkeit das Autogiro, der Tragschrauber, ja augenfällig gemacht hatte, schien hierfür das naheliegende Mittel zu sein.

2. Steuerbarkeit und Stabilität

wenigstens soweit, daß jeder gute Pilot den Hubschrauber auch in böigem Wetter völlig sicher beherrscht. Hier lagen ebenfalls bisher sehr große Schwierigkeiten vor.

3. Allgemeine Betriebssicherheit

Das gesamte Triebwerk sollte zum mindesten die Betriebssicherheit eines Flugmotors haben. Bei einem Versagen muß, wie unter 1. angeführt, immer noch eine Notlandung möglich sein.

4. Einfachheit der Bedienung

Komplizierte Einrichtungen über die Steuerungen und Motorbedienungshebel eines Normalflugzeuges hinaus sollten möglichst wenig vorhanden sein.

5. Leistungen

Wenn auch nicht gleich die Leistungen der Drachenflugzeuge mit ihrer 30jährigen Entwicklung, so mußten doch wenigstens vergleichbare Leistungen gezeigt werden. Ein Hubschrauber, der fast nur auf der Stelle in der Luft schweben kann, hat wenig praktische Bedeutung.

6. Wartung

Die Wartung der Maschine durch das Bodenpersonal darf nicht allzu schwierig sein.

Für die Lösung aller dieser Aufgaben schwebte mir vor, wie ich es oft gemacht habe, unter einheitlicher Leitung von den wissenschaftlichen Grundlagen über umfangreiche Windkanal- und dann Großversuche zur Konstruktion und schließlich zu Bau und Flugerprobung mit vollständiger Musterprüfung fortzuschreiten.

Nach eingehendem Studium der vorhergehenden Hubschrauberarbeiten wurden zunächst durch Rechnung die Unterlagen für die Hubschrauben selbst, unter ständiger Berücksichtigung der Autorotation als Notlandesicherheit geschaffen.

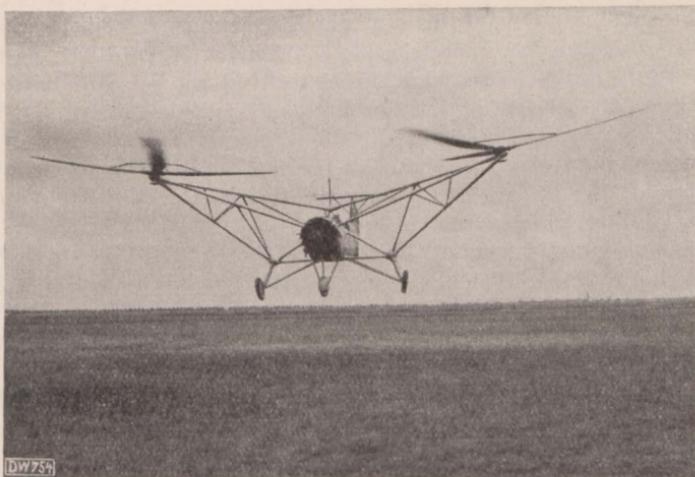


Bild 7. Focke-Hubschrauber Fw 61, 1936

I. Untersuchungen der Schrauben

Die sich rechnerisch ergebende dreiflügelige Schraube mit nach *Renard* doppelgelenkig an die Nabe angeschlossenen trapezförmigen Blättern wurde nun eingehenden Windkanalmessungen unterworfen. Kräfte, Momente und Leistungsaufnahme wurden im Hubschrauber wie auch im Tragschrauberzustande gemessen. Fast drei Jahre dauerte es, bis die Schrauben nach ständigen Abänderungen und immer erneuten Versuchen allen Anforderungen entsprachen. Viele tausende von Einzelmessungen waren dazu erforderlich. Selbstverständlich wurden gleichzeitig die Fragen der

II. Stabilität und Steuerung

rechnerisch und im Windkanal behandelt. Keinerlei Steuerung ist denkbar, ohne daß vorher vollständiger Momentenausgleich herrscht. Es ist bekannt, wie mannigfaltige Methoden zum Ausgleich der großen Antriebsmomente bei den früheren Hubschrauberversuchen angewendet worden sind. Meistens wurden zwei Schrauben übereinander angeordnet, was aber vielfach starke gegenseitige Schwingungsanregungen der Blätter ergab, den Impulsquerschnitt verkleinert und auch die Notlandefähigkeit herabsetzt. Auch trifft der Schraubenstrahl einen großen Teil von Rumpf, Leitwerk und Fahrwerk, was ungünstig auf den Auftrieb einwirkt.

So war die Wahl zugunsten der Nebeneinanderanordnung trotz der notwendigen Ausleger für die Rotoren leicht zu treffen und wurde auch so ausgeführt, wie Bild 7 zeigt.

Nicht so einfach war dies für die Steuerungsart selbst. Mehr als ein Jahr versuchte ich, ausreichende Steuerwirkungen durch Leitwerke im Luftstrahl des Gebläses, das zur Motorkühlung bei Stillstand in der Luft ohnehin notwendig ist, zu erzielen, jedoch mit wenig Erfolg. Schließlich wurde beschlossen, alle Steuerbewegungen durch Verstellen der Einstellwinkel der Blätter während des Umlaufs zu bewirken. Dabei ist die Bewegung des Knüppels und der Fußhebel genau die gleiche, wie bei einem Drachenflugzeug.

Ganz besondere Sorgfalt haben wir den Stabilitäts- und Steuervorgängen im Augenblick des Umschaltens von Hubschrauber- in den Tragschrauberzustand gewidmet, um dem Piloten die größtmögliche Sicherheit zu bieten und ihm anzugeben, welche Steuerbewegungen und Trimmungen er voraussichtlich würde ausführen müssen.

Am 10. Mai 1937 wurde das Wagnis unternommen, den Piloten *Rohlf's* mit der Maschine auf 400 m zu schicken, eine Höhe, die bisher noch kein Hubschrauber erreicht hatte. Er brauchte nur wenige Minuten dazu. Dann schaltete er die Kupplung aus. Schon zwei Sekunden später befand er sich im stetigen Gleitflug bei etwa 140 km/Std und machte eine vollendete Dreipunktlandung mit etwa 17 m Auslauf. Die Rotoren hatten in der Drehzahl sogar noch leicht aufgeholt. Man kann wohl sagen, daß seit diesem Tage das Schreckgespenst des Triebwerkversagens beim Hubschrauber gebannt ist. Seitdem hat *Rohlf's* diesen Versuch noch öfter wiederholt, einmal mit einem Auslauf von nur 2 m fast ohne Wind.

Was eine gute Vorbereitung zu leisten imstande ist, zeigt der Verlauf der Erprobung: der erste Flug dauerte 28 sek, der vierte bereits 16 min, und wenn auch dem Können des Flugzeugführers *Rohlf's* zweifellos der Hauptanteil zuzuschreiben ist, so ist ein solcher Verlauf der Erprobung ohne eine gründliche technische Vorbereitung niemals denkbar.

Wir kommen nun zurück auf unsere 5. Forderung:

III. Leistungen

Es ist bekannt, daß der Hubschrauber mit konstruktiv möglichen Abmessungen eine höhere Leistung braucht, um senkrecht zu starten, als das Drachenflugzeug für seinen schrägen Start. Wenn aber der Hubschrauber im Vorwärtsflug ausreichend schnell sein soll, muß er, ebenso wie das Drachenflugzeug, eine solche Motorleistung erhalten, daß der senkrechte Start ohne weiteres möglich ist. Die Zugeständnisse, die wir heute noch beim Hubschrauber machen müssen, liegen im Gewicht. Die Getriebe müssen bei ihm die volle Höchstleistung der Motoren mit ausreichender Sicherheit zu den Hubschrauben übertragen, was bei kleinen Flugzeugen den Hubschrauber gegenüber dem Drachenflugzeug stark benachteiligt. *Breguét* hat dagegen ein Hubschrauberboot

mit 16 t Fluggewicht durchgerechnet und will noch eine Ersparnis gegen das entsprechende Drachenflugzeug bei höherer Geschwindigkeit finden. Wenn das auch vielleicht optimistisch erscheint, so schält sich in rohen Umrissen doch das Bild heraus, daß mit wachsender Größe der Gewichtsanteil des Getriebes stark zurücktritt gegenüber den sehr geringen Gewichten des druckkräftefreien Tragwerks, das ja allein durch die Zentrifugalkräfte ausgespannt wird.

Was nun die Höchstgeschwindigkeit angeht, so erhebt sich gleich anfangs die Frage: Ist es vorteilhaft, ein gegebenes Drehflügelflugzeug als Tragschrauber nach *Cierva* oder als Hubschrauber, also ohne Vortriebsschraube, fliegen zu lassen? Denn auch im Sinne unserer Ausgangsforderungen wäre es ja denkbar, einen Hubschrauber, der also für die Geschwindigkeit 0 eingerichtet ist und für seine Aufgaben so benötigt wird, trotzdem im Schnellflug als Tragschrauber oder in einem Zwischenzustand zu fliegen. Wir haben diese wichtige Frage mittels eingehender, durch die Versuchsgrundlagen jeweils gestützter Rechnung untersucht, mit dem interessanten Resultat, daß das gleiche Flugzeug als reiner Hubschrauber beträchtlich schneller ist, obwohl wir ihm noch 10% für die Motorkühlung abziehen müssen.

	Bodensteig- geschwindigkeit m/s	Fluggewicht kg
Fw 44 Stieglitz Drachenflugzeug	3,5	870
Cierva C 30 Tragschrauber	1,5	815
Fw 61 Hubschrauber als Tragschrauber	1,3	950
Fw 61 Hubschrauber als Hubschrauber	3,6	950

Praktisch ebenfalls sehr augenfällig geworden ist bei meinem Hubschrauber die hohe Steigleistung. In obiger Zahlentafel sind nebeneinander angegeben die gemessenen Bodensteiggeschwindigkeiten und Gewichte eines normalen Sportflugzeuges, des Focke-Wulf „Stieglitz“, des Autogiro *Cierva C 30*, des Hubschraubers, geflogen als Tragschrauber und geflogen als Hubschrauber, die alle mit dem gleichen Motor *Sh 14 a* von 160 PS ausgerüstet sind. Ich bemerke besonders, daß hier naturgemäß keine Gewichtsgleichheit vorliegt. Der Hubschrauber ist am schwersten. Trotzdem hat er die größte Steigleistung. Die Tragschrauber fallen ganz zurück.

Ich möchte an dieser Stelle übrigens betonen, daß der Hubschrauber seine Berechtigung m. E. nicht aus dem Nachweis gleicher oder über-

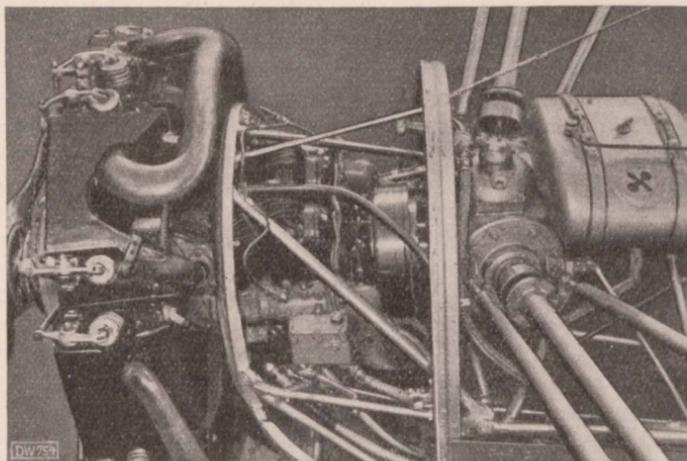


Bild 8. Kegelradgetriebe mit der Reibungskupplung und den Sicherheitsvorrichtungen des Hubschraubers Fw 61

legener Steig- und Geschwindigkeitsleistungen gegenüber dem Drachenzug zu ziehen brauchte. Seine besonderen Eigenschaften weisen ihm seine besonderen Aufgaben zu. Um so wertvoller ist es, daß er zum mindesten größenordnungsmäßig nicht unterlegen ist.

Von den Start- und Landeleistungen braucht man beim Hubschrauber kaum zu sprechen. Sie sind das verwirklichte Ideal. Von jedem Punkte aus kann man sich in jeder beliebigen Richtung des Raumes mit einer — in den Grenzen der Motorleistung — beliebig wählbaren Geschwindigkeit bis zu null herab bewegen, beliebig in der Luft stillstehen, auch rückwärts fliegen und sich um sich selbst drehen; alles nur mit den üblichen Steuern und dem Gashebel.

IV. Verwirklichung

Nach den theoretischen Vorbereitungen war der nächste Schritt ein freifliegendes Modell. Angetrieben wurde es durch einen 0,7 PS Zweitaktzweizylinder-Motor und hatte mit 50 g Benzin ein Fluggewicht von 4,9 kg. Es ist wohl verständlich, daß es öfter entzwei als heil war; trotzdem hat es uns viele wertvolle Erfahrungen vermittelt. Im November 1934 erreichte es 18 m Höhe, d. h. gerade den damaligen Weltrekord für große bemannte Hubschrauber. Es befindet sich jetzt im Deutschen Museum in München.

Weiter hatten wir uns zum Grundsatz gemacht, die Getriebe nebst Kupplung und Blattsteuerung einer Erprobung wie etwa bei einem neuen Motor zu unterwerfen. Die Brandenburgischen Motorenwerke,

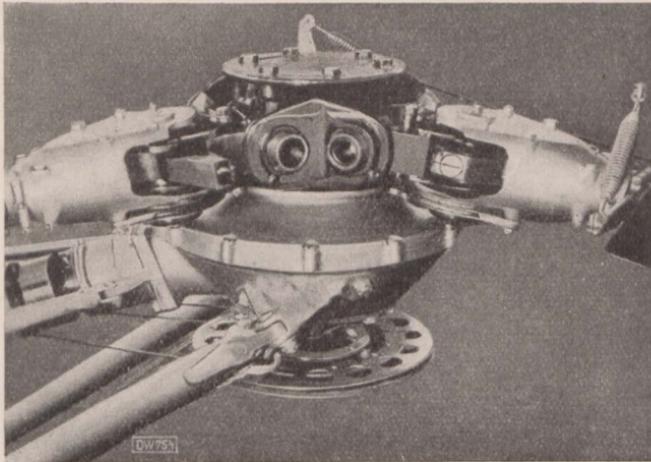


Bild 9. Schraubennabe mit den Steuerteilen für die Blattbewegung

die sich unter der persönlichen Leitung von Direktor *Wolff* der schwierigen Aufgabe des Baues dieser Getriebe und der Abänderung des Sh 14 a-Motors mit vorbildlicher Sorgfalt und ausgezeichnetem Erfolge unterzogen, bauten zu diesem Zweck zunächst eine Seite derselben. Sie wurde mit einer Hubschraube und ihrem Traggerüst an einen Attrappenrumpf angesetzt. Der Antrieb erfolgte elektrisch mittels Leonhard-Aggregat, so daß gleichzeitig die Leistungsaufnahme der Schraube im großen nachgemessen werden konnte. Der Schub wurde durch Anhängen von Ballast und Drehbarmachen des Rumpfes um seine Längsachse unter Berücksichtigung des Bodeneinflusses gemessen, eine wertvolle Ergänzung der Windkanalversuche bei vollem Kennwert. Ein Fünfzigstundenlauf und nach Auseinandernehmen der Getriebe ein zehnstündiger Nachlauf wurde durchgeführt und währenddessen auch dauernd die Steuerung erprobt.

Der gesamte Fernantrieb wurde von der DVL, Professor *Lürenbaum* und seinen Mitarbeitern, auf Schwingungen untersucht und die Rechnung später am gefesselt fliegenden Flugzeug durch torsiographische Aufnahmen bestätigt gefunden.

Bild 8 gibt das Kegelradgetriebe mit der Reibungskupplung und den Sicherheitsvorrichtungen, die bei einem Motor- oder Getriebeschaden oder Unterschreitung einer Mindestdrehzahl selbsttätig den Tragschraubenzustand herbeiführen.

Bild 9 zeigt eine der Schraubennaben mit den Steuerteilen für die Blattbewegung.



Bild 10. Am 25. Juni 1936, erster Freiflug eines Hubschraubers Fw 61

Für die Kühlung des Motors im Fluge auf der Stelle wurde ein Gebläse-Propeller entwickelt und durch Zylindertemperaturmessungen in Zusammenarbeit mit den Brandenburgischen Motorenwerken erprobt.

Das fertiggestellte Musterflugzeug wurde zuerst oftmals gefesselt geflogen. Diese Fesselflüge sind ein ausgezeichnetes Erprobungsmittel, da alles vollständig unter Flugbedingungen vor sich geht, während man sich nur $\frac{1}{2}$ oder 1 m über dem Boden befindet. Keine Stufe der weiteren Erprobung wurde beschritten, bevor die Vorbedingungen nicht durch Rechnung oder Versuch geklärt waren. Am 26. Juni 1936 machte der Flugzeugführer Ing. *Rohlf*s dann den ersten Freiflug, Bild 10. Am 25. und 26. Juni 1937 konnte er sämtliche Hubschrauber-Weltrekorde an Deutschland bringen.

Im Oktober 1937 flog Frl. *Hanna Reitsch* die Maschine von Bremen nach Berlin, wobei sie zwischen Stendal und Tempelhof einen neuen Weltrekord mit 108,974 km (vgl. S. 13) aufstellte. Dieser wurde durch Dipl.-Ing. *Bode* am 20. Juni 1938 weiter auf 230 km erhöht.

Auch nachdem die Maschine öffentlich vorgeführt und unzählige Male kinematographisch aufgenommen war, wollten manche Leute noch behaupten, sie könne nicht wirklich in windstiller Luft bewegungslos schweben und sei eigentlich nur ein verbessertes Autogiro, kein Hubschrauber. Im Februar 1938 ist daher die Maschine von Dipl.-Ing. *Bode* und Frl. *Hanna Reitsch* häufig in Berlin in der „Deutschlandhalle“

gefliegen worden, in der jede Hilfe des Windes ausgeschlossen war. Die freie Bodenfläche der Halle war $33 \times 89 \text{ m}^2$.

Von Interesse sind vielleicht noch einige Worte über das Fliegen mit dem Hubschrauber bei schlechtem Wetter. Auf dem engen Werkflugplatz der Focke, Achgelis & Co. ist der Hubschrauber auch in den verwirbelten Gebieten hinter Hindernissen bei böigen, zwischen 8 und 16 m/s schwankenden Winden geflogen worden und blieb leicht beherrschbar.

Durch gleichzeitiges Fliegen eines Drachenflugzeuges mit meinem Hubschrauber wurde gelegentlich festgestellt, daß das Drachenflugzeug harte Böen empfand, während der Führer des Hubschraubers sogar jegliche Böigkeit abstritt. In anderen Fällen wurde aber Böigkeit bei schlechtem Wetter und größeren Windstärken (etwa 40 km/Std.) wahrgenommen. Es scheint also die Böenstruktur von Einfluß zu sein.

Niemand, auch ich selbst nicht, hätte solche Leistungen und Eigenschaften von einem ersten Versuchsflugzeug mit geringem Leistungsüberschuß erwartet. Gerade das aber beleuchtet schlagartig die großen Möglichkeiten, die der Hubschrauber in der Zukunft bietet!

Wir können uns ja nicht verhehlen, daß eine vielseitige Verwendung des heutigen Drachenflugzeuges im täglichen Leben in erster Linie durch die Bedingung der Mindestgeschwindigkeit, der notwendigen Anlauf- und Auslaufstrecke, vor allem aber durch den kleinen Steigungswinkel nach dem Start vereitelt wird. Wir hatten bisher mit dem Flugzeug die Welt, aber nicht den Marktplatz, geschweige denn unseren Hausgarten erobert.

Man muß sich einmal lebhaft vorstellen, daß die lange erträumte, aber für utopisch gehaltene Landung auf dem Dach oder dem Rasenplatz im Garten seit einem Jahr greifbare Wirklichkeit ist. Wenn Hubschrauber-Serienflugzeuge zur Verfügung stehen, was wir in etwa einem Jahr zu erreichen hoffen, werden ganz neue Anwendungsbereiche dem Flugwesen erschlossen werden.

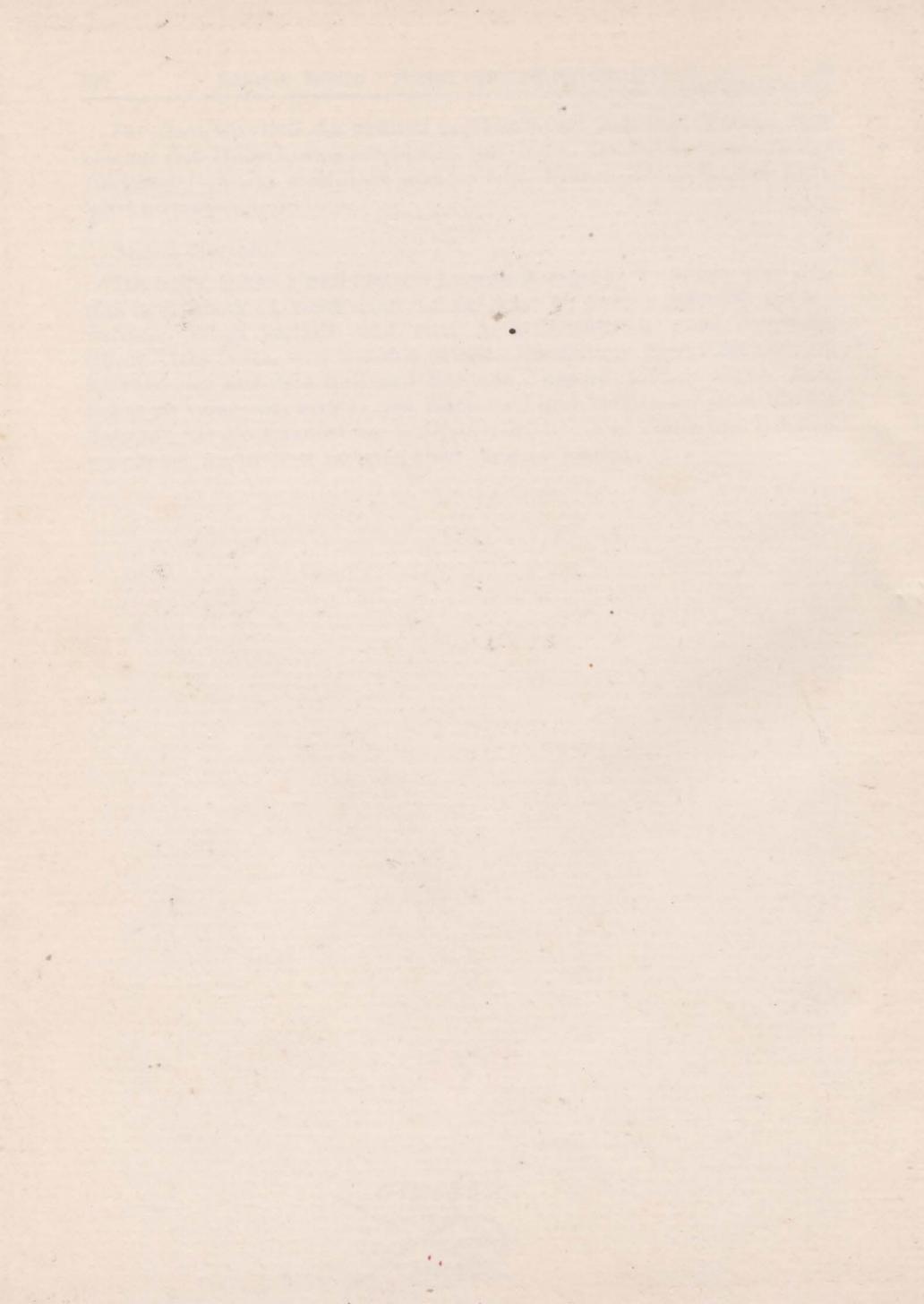
Ein sehr wesentliches Anwendungsgebiet des Hubschraubers wird der Blindflug sein. Ein erschreckend hoher Prozentsatz aller Flugunfälle ereignet sich heute bei unsichtigem Wetter durch Anprall an Hindernisse. Bei den heutigen Geschwindigkeiten kommen dabei fast ausnahmslos sämtliche Insassen ums Leben. Beim Hubschrauber kann man im Gefahr-falle nicht nur überall auf kleinstem Platz mit kleinster Sinkgeschwindigkeit landen, sondern auch beliebig langsam, den Sichtverhältnissen angepaßt, weiterfliegen. Und selbst, wenn das Triebwerk ausfällt und wegen mangelnder Sicht ein normaler Gleitflug mit Vorwärtsgeschwindigkeit nicht gewagt werden kann, darf man den Hubschrauber schlimmstenfalls senkrecht bis zum Boden durchsacken lassen.

So sehen wir, daß die endlich geglückte und nun zum Ausbau reife Lösung des Hubschrauberproblems auf vielen Gebieten menschlicher Tätigkeit Neuland erschließt und so zum Nutzen der gesamten Luftfahrt beitragen kann.

Meine Herren!

Ich hoffe, Ihnen einen kleinen Überblick gegeben zu haben über das, was herauskommt, wenn man einmal auch in der Flugtechnik die gewohnten Wege verläßt und sich in grundsätzlich neue Aufgaben stürzt. Das beste, was wir aus solcher Einstellung gewinnen können, ist wohl der aus dem Gelingen folgende Ansporn, immer wieder Ähnliches zu versuchen und so den Blick weit und klar zu erhalten für die Zukunft, für die Zukunft der Luftfahrt, der heute so Vieles und Schwerwiegendes anvertraut ist im Leben unserer Nation.





BIBLIOTEKA • • • •



UNIWERSYTECKA

010166 / 1938

• • • • W TORUNIU •