

# GEIST UND GESTALT

BIOGRAPHISCHE BEITRÄGE ZUR GESCHICHTE  
DER BAYERISCHEN AKADEMIE DER WISSENSCHAFTEN  
VORNEHMLICH IM ZWEITEN JAHRHUNDERT  
IHRES BESTEHENS

ZWEITER BAND  
NATURWISSENSCHAFTEN

C. H. BECK'SCHE VERLAGSBUCHHANDLUNG  
MÜNCHEN 1959



© C. H. Beck'sche Verlagsbuchhandlung (Oscar Beck) 1959

Druck der C. H. Beck'schen Buchdruckerei Nördlingen

Printed in Germany



## INHALT

Mathematik <i>von Georg Faber</i> . . . . .	1
Astronomie <i>von Georg Faber und Alexander Wilkens</i> . . . . .	46
Geodäsie <i>von Max Kneißl</i> . . . . .	53
Topographie <i>von Richard Finsterwalder</i> . . . . .	62
Hermann von Schlagintweit . . . . .	62
Sebastian Finsterwalder . . . . .	65
Physik <i>von Walther Gerlach mit Beiträgen von Fritz Bopp, Walther Meißner, Georg Joos und Eduard Rüchardt</i> . . . . .	70
Johann Wilhelm Ritter . . . . .	72
Samuel Thomas von Soemmerring und die Entwicklung der Nachrichtentechnik . . . . .	77
Josef Fraunhofer . . . . .	80
Julius Robert Mayer und Georg Simon Ohm . . . . .	82
Ludwig Boltzmann und die Atomistik . . . . .	88
Wilhelm Conrad Röntgen . . . . .	91
Atombau und Spektrallinien . . . . .	97
Arnold Sommerfeld <i>von Fritz Bopp</i> . . . . .	100
Carl von Linde <i>von Walther Meißner</i> . . . . .	109
Oscar Knoblauch und Wilhelm Nusselt <i>von Walther Meißner</i> . . . . .	112
Johann Ossanna <i>von Walther Meißner</i> . . . . .	113
Robert Emden <i>von Georg Joos</i> . . . . .	113
Wilhelm Wien <i>von Eduard Rüchardt</i> . . . . .	114
Die Mechanik in den Veröffentlichungen der Akademie <i>von Ludwig Föppl</i>	
1. Arbeiten über Grundlagen der Mechanik . . . . .	117
2. Arbeiten zur Elastizitätstheorie . . . . .	119
3. Arbeiten zur Strömungslehre . . . . .	122
4. Sonstige Arbeiten über Mechanik . . . . .	125
Meteorologie <i>von Rudolf Geiger</i> . . . . .	127

Chemie von <i>Rudolf Pummerer</i> . . . . .	133
Justus von Liebig . . . . .	133
Jakob Volhard . . . . .	153
Max von Pettenkofer . . . . .	154
Adolf von Baeyer . . . . .	156
Richard Willstätter . . . . .	174
Heinrich Wieland . . . . .	192
Hans Fischer . . . . .	210
Wilhelm Manchot . . . . .	216
Theodor Paul und die Entwicklung der Lebensmittelchemie . . . . .	217
Physiologie von <i>Richard Wagner</i> . . . . .	219
Anatomie von <i>Benno Romeis</i> . . . . .	227
Anthropologie von <i>Benno Romeis</i> . . . . .	232
Pathologische Anatomie: Max Borst von <i>Werner Hueck</i> . . . . .	234
Innere Medizin: Friedrich von Müller von <i>Werner Hueck</i> . . . . .	236
Kinderheilkunde: Meinhard von Pfaundler von <i>Werner Hueck</i> . . . . .	237
Hygiene von <i>August Wilhelm Forst</i> . . . . .	239
Max von Pettenkofer als Hygieniker . . . . .	239
Max von Gruber . . . . .	242
Zoologie von <i>Karl von Frisch</i> . . . . .	248
Botanik von <i>Otto Renner</i> . . . . .	256
I. Die Botanik im Zeichen der Linnaeusfeste: Martius, der Weltreisende, und Radlkofer, der seßhafte Anatom . . . . .	256
II. Die Botanik im Lichte von Physik und Chemie: Nägeli, der Umfassende	260
III. Die Botanik als Lehre vom gesunden und kranken Baum: Hartig, der Forstarzt . . . . .	265
IV. Die Botanik als Lehre von der Pflanzengestalt: Goebel, der Schauende	266
V. Die Botanik als Genetik der Pflanzen: F. v. Wettstein, der früh Voll- endete . . . . .	269
Geologie von <i>Albert Maucher</i> . . . . .	270
Mineralogie von <i>Theodor Ernst</i> . . . . .	276

<i>Geographie von Herbert Louis</i> . . . . .	281
Oskar Peschel . . . . .	282
Friedrich Ratzel . . . . .	283
Eugen Oberhummer . . . . .	284
Siegmund Günther . . . . .	285
Erich von Drygalski . . . . .	286
Karl Sapper . . . . .	288
Fritz Machatschek . . . . .	290
Otto Jessen . . . . .	291
Personenverzeichnis . . . . .	293

Die Beiträge der Mathematisch-Naturwissenschaftlichen Klasse wurden für die Redaktion in folgende Sparten eingeteilt:

1. Mathematik, Astronomie, Geodäsie, Topographie (Redaktion Herr Faber),
2. Physik, Mechanik, Meteorologie (Redaktion Herr Gerlach),
3. Chemie, Physikalische Chemie (Redaktion Herr Pummerer),
4. Physiologie, Anthropologie, Anatomie, Pathologische Anatomie, Innere Medizin, Kinderheilkunde, Hygiene, Zoologie, Botanik (Redaktion Herr Wagner),
5. Geologie und Paläontologie, Mineralogie, Geographie (Redaktion Herr Wurm).

Die Gesamtedaktion dieses Bandes erfolgte durch die Herren Faber, Maucher und Meißner. Die Art der Bearbeitung der einzelnen Beiträge – z. B. ob sie mehr auf die einzelnen Persönlichkeiten oder mehr auf die Entwicklung der Wissenschaft abzustimmen seien – wurde den Verfassern freigestellt. Auf welche Zeit sich die Berichte beziehen, ist aus den überall eingefügten Jahreszahlen zu ersehen. Meist liegt das Schwergewicht der Darstellung auf den letzten hundert Jahren.

Im Text sind die Namen der Akademiemitglieder, wo sie zum erstenmal genannt werden oder wo die ausführliche Behandlung beginnt, durch Kapitälchen hervorgehoben. Ein beigefügter Stern verweist auf den Bildband.



# MATHEMATIK

Von Georg Faber

*Vorbemerkung: Ein Mathematikfremder, ein ἀγεωμέτητος, der diesen Bericht zu lesen unternimmt, wird schon von sich aus überschlagen, was ihm nicht gemäß ist.*

## 1

Unter den fünf Männern, die im Jahre 1758 den Verein gründeten, der sich im folgenden Jahre zur Akademie entwickelte, war neben den Bergräten LINPRUN und LORI, die sich in der Landvermessung betätigten, also in angewandter Mathematik, ein sonst nicht bekannter Mathematikprofessor: STIGLER, Lehrer am Kadettenhaus. In ihrem Gründungsjahr 1759 zählte die Akademie neben sechzehn Ehrenmitgliedern rund sechzig Mitglieder; davon wurden sieben als Mathematiker bezeichnet: in München außer Stigler ein Straßenbaukommissar und ein Benediktiner, ferner zwei Pollinger Chorherren und ein Regensburger katholischer Prediger, endlich JOHANN HEINRICH LAMBERT\* (geb. 26. 8. 1728 zu Mühlhausen im Elsaß, damals zur Schweizer Eidgenossenschaft gehörig, gest. 25. 9. 1777 in Berlin, 1759 in Augsburg wohnhaft).

In vielen Teilgebieten der Mathematik wirkte dieser vielseitige und geistreiche Gelehrte als Vorläufer, z. B. als Vorläufer Lobatscheffskys durch seine weitgeführten Überlegungen, ob man Euklids Parallelenaxiom durch ein anderes ihm widersprechendes Axiom ersetzen könne. Das Euklidische Parallelenaxiom ist (anders formuliert als bei Euklid) folgendes:

In einer Ebene, die durch eine Gerade  $g$  und einen außerhalb ihr gelegenen Punkt  $P$  bestimmt ist, gibt es durch  $P$  nicht mehr als eine  $g$  nicht schneidende Gerade. Daß es eine solche Gerade gibt, konnte Euklid beweisen unter der stillschweigenden Voraussetzung, daß die Gerade keine endliche Länge besitzt. Das erwähnte dem Euklidischen widersprechende Axiom verlangt, daß es unendlich viele solche Geraden gibt.

In seiner „freien Perspektive“ war Lambert ein Vorläufer des großen Geometers Monge, des Begründers der Darstellenden Geometrie, man

† Akademie-Festschrift II

möchte ihn fast sogar einen Vorahner der Photogrammetrie nennen, da er die Frage behandelte, ob und wie man Grund- und Aufriß aus einer perspektivischen Darstellung gewinnen könne.

Mit Logikkalkül und Begriffsschrift, die im 19. und 20. Jahrhundert ausgebildet wurden, hat Lamberts Algebra der Logik den Grundgedanken gemein. Lamberts Verfahren der Bahnbestimmung von Kometen wurde später von WILHELM OLBERS (1758–1840; Akademiemitglied 1808) vereinfacht. Seine „Kosmologischen Briefe“ hatten Berührungspunkte mit Kants ein paar Jahre vorher gedruckter „Allgemeinen Naturgeschichte und Theorie des Himmels“. Daraus entstand ein mehrere Jahre andauernder, sich auch auf erkenntnistheoretische Fragen erstreckender Briefwechsel zwischen Kant und Lambert.

Mehr als nur ein Vorläufer, nämlich ein Begründer war Lambert für die Lehre von den Kartenprojektionen. Nur nebenbei seien seine Arbeiten über Photometrie und Pyrometrie erwähnt, über die Gewalt des Schießpulvers und über die Wirkungen einer Feuerspritze, über die beste Gestaltung eines Dachs, und wie man den Stoffabfall vermindern kann durch geschicktes Zuschneiden von Hemden.

Obwohl Lambert mit lebhafter Anteilnahme die Gründung der Münchener Akademie unterstützt hatte, mochte er doch nicht auf die Dauer in München wohnen, wo, wie er sagte, die Leute erst an protestantische Gelehrte gewöhnt werden mußten. Nach ausgedehnten Reisen wurde er 1764 in Berlin seßhaft und gelangte dort als gut dotiertes Mitglied der Preußischen Akademie und als Oberbaurat zu hohem Ansehen.

Lambert war in Licht und Schatten das rechte Bild eines Gelehrten des 18. Jahrhunderts, der über Gott und die Welt und alles mögliche schreibt, der aber nicht von einem Katheder aus doziert. Unter den rund 2500 Mitgliedern, welche die Akademie in den zweihundert Jahren ihres Bestehens hatte (unter ihnen etwa 5% als Mathematiker im Mitgliederverzeichnis bezeichnete), findet sich kein zweiter seinesgleichen.

Ungefähr 200 Ehrenmitglieder wurden alle in den ersten hundert Jahren des Bestehens der Akademie ernannt, bis auf ein paar später gewählte Mitglieder des königlichen Hauses. Die Ehrenmitglieder waren neben wenigen Angehörigen regierender Häuser in der überragenden Mehrzahl Adelige, dazu kamen einige Vertreter des zweiten Standes (der Geistlichkeit) und eine verschwindende Zahl von Bürgerlichen.

In der Zeit der Aufklärung entstand neben der anerkannten Elite des Adels eine neue Elite der Künstler und Gelehrten. Dadurch daß hohe Adelige in die gelehrten Gesellschaften aufgenommen wurden, und daß Gelehrte (und Künstler) den persönlichen (selten den erblichen) Adel er-

hielten, wurde lange Zeit die Fiktion aufrechterhalten, als gebe es nur die eine Elite des Adels.

Napoleon hatte die Mathematiker Carnot, Lagrange, Monge zu Grafen ernannt, den Mathematiker Laplace zum Marquis, nachdem schon Ludwig XV. den Zoologen Buffon in den Grafenstand erhoben hatte. Unter den elf Akademiepräsidenten des ersten Jahrhunderts der Akademie waren ein Freiherr, sieben Grafen und drei in den Adelsstand erhobene Bürgerliche: Friedrich Heinrich Jacobi, der Jugendfreund Goethes, der Philosoph Schelling und der Philologe Thiersch. In den vierundsiebzig Jahren von 1859 bis 1932 hatte die Akademie zehn Präsidenten, keiner davon gehörte dem Geburtsadel an. Acht waren frühere Bürgerliche, die geadelt wurden (in Bayern geschah dies durch Verleihung des Verdienstordens der Bayerischen Krone), zwei blieben bürgerlich, die Philologen Otto Crusius und Eduard Schwartz. Seit 1932 wurden nur bürgerliche Präsidenten gewählt. So schwand allmählich die genannte Fiktion dahin, der sogenannte Adel des Geistes trennte sich vom Adel der Geburt. Für die gesellschaftliche Gleichberechtigung der neuen Elite war nicht mehr (wie zur Zeit Goethes und Schillers) die Nobilitierung nötig. 1882 hieß es im „Kladderadatsch“, der satirischen Wochenschrift: „Dem preußischen Adel wurde der Physiker Helmholtz verliehen.“ Unter den einundzwanzig Mathematikern des 19. Jahrhunderts, von denen der vorliegende Bericht handelt, haben drei (Seidel, Dyck, Lindemann) den Verdienstorden der Bayerischen Krone erhalten.

## 2

Im Jahre 1808 hat die mathematisch-naturwissenschaftliche Klasse der Akademie die Rekordzahl von mehr als einhundertfünfzig Mitgliedern gewählt, darunter berühmte Mathematiker: Gauß, Carnot, Lagrange, Laplace, Monge. Aber diese hatten mit der Akademie nicht mehr zu tun, als daß ihre Namen das Mitgliederverzeichnis zierten; das nämliche gilt für fast alle Mitglieder außerhalb Bayerns.

Der vorliegende Bericht beschränkt sich auf die in Bayern tätig gewesenen Akademiemitglieder, sie bilden das Kernstück der Akademie, und seit 1939 sind auch die nicht in München wohnenden bayerischen Mitglieder stimmberechtigt bei den Wahlen.

Nach dem Weggang Lamberts (1760) bis zur Mitte des 19. Jahrhunderts hat es unter den Akademiemitgliedern keinen in Bayern lebenden reinen Mathematiker gegeben, der in dem vorliegenden Bericht zu erwähnen wäre. Damit hängt zusammen, daß bedeutende Mathematiker (z. B. Jacobi, 1804 bis



1851) in der Liste der korrespondierenden Mitglieder der Akademie fehlen. In den Jahren zwischen 1850 und 1959 wurden dreißig in Bayern wirkende Mathematiker (die Astronomen, Geodäten und theoretischen Physiker, über die an anderer Stelle berichtet wird, nicht mitgerechnet) in die Akademie gewählt. Es waren durchweg entweder Universitätsprofessoren (in München, Würzburg, Erlangen) oder Professoren der Technischen Hochschule München. Von den dreißig Akademikern leben noch neun; ihrer mag in der anno 2059 fällig werdenden Festschrift gedacht werden. Die Namen der schon verstorbenen einundzwanzig sind in der Reihenfolge ihrer Aufnahme in die Akademie, deren Jahreszahl jeweils in Klammern beige setzt ist, die folgenden:

- LUDWIG SEIDEL\* (1851) geb. 24. 10. 1821 Zweibrücken, gest. 1. 8. 1896 München;  
 KARL v. STAUDT\* (1863) geb. 24. 1. 1798 Rothenburg, gest. 2. 6. 1867 Erlangen;  
 OTTO HESSE\* (1869) geb. 22. 4. 1811 Königsberg, gest. 4. 8. 1874 München;  
 GUSTAV BAUER (1871) geb. 18. 11. 1820 Augsburg, gest. 13. 4. 1906 München;  
 FRIEDRICH PRYM (1872) geb. 28. 9. 1841 Düren, gest. 15. 12. 1915 Bonn auf einer Reise;  
 FELIX KLEIN\* (1879) geb. 25. 4. 1849 Düsseldorf, gest. 22. 6. 1925 Göttingen;  
 ALEXANDER BRILL (1882) geb. 20. 9. 1842 Darmstadt, gest. 18. 6. 1935 Tübingen;  
 JAKOB LÜROTH (1884) geb. 18. 2. 1844 Mannheim, gest. 14. 9. 1910 München auf einer Reise;  
 PAUL GORDAN (1886) geb. 27. 4. 1837 Breslau, gest. 21. 12. 1912 Erlangen;  
 AUREL VOSS\* (1886) geb. 7. 12. 1845 Altona, gest. 19. 4. 1931 München;  
 MAX NOETHER\* (1887) geb. 24. 9. 1844 Mannheim, gest. 13. 12. 1921 Erlangen;  
 WALTHER DYCK\* (1890) geb. 6. 12. 1856 München, gest. 5. 11. 1934 München-Solln;  
 FERDINAND LINDEMANN\* (1894) geb. 12. 4. 1852 Hannover, gest. 6. 3. 1939 München;  
 ALFRED PRINGSHEIM\* (1894) geb. 2. 9. 1850 Ohlau (Schlesien), gest. 25. 6. 1941 Zürich;  
 SEBASTIAN FINSTERWALDER\* (1899) geb. 4. 10. 1862 Rosenheim, gest. 4. 12. 1951 München;  
 LUDWIG BURMESTER (1905) geb. 5. 5. 1840 Othmarschen (Holstein), gest. 20. 4. 1927 München;  
 HEINRICH BURKHARDT (1909) geb. 10. 10. 1861 Schweinfurt, gest. 2. 11. 1914 München;



HEINRICH LIEBMANN (1917) geb. 22. 10. 1874 Straßburg, gest. 12. 6. 1939 München-Solln;

CONSTANTIN CARATHÉODORY\* (1925) geb. 13. 9. 1873 Berlin, gest. 2. 2. 1950 München;

RICHARD BALDUS (1935) geb. 11. 5. 1885 Saloniki, gest. 28. 1. 1945 München;

GEORG ROST (1940) geb. 26. 2. 1870 Würzburg, gest. 3. 9. 1958 Würzburg.

Man kann die einundzwanzig Mathematiker, von denen sechzehn in München tätig waren, auf drei Altersstufen verteilen:

Vor 1822 sind vier geboren, dreizehn im Zeitraum  $1850 \pm 13$  und von vieren (Liebmann, Carathéodory, Baldus, Rost) fiel die Schaffenszeit hauptsächlich ins zwanzigste Jahrhundert. Wenn neben den vier soeben genannten Namen der von Fritz Hartogs fehlt, so erklärt sich das daraus, daß die Beschlüsse von Körperschaften mit nicht sachverständiger Mehrheit gefaßt zu werden pflegen.

Um im folgenden die Stellung zu umreißen, welche die genannten einundzwanzig Akademiker in ihrer Wissenschaft eingenommen haben, ist nötig, daß zuerst versucht wird, in groben Zügen ein Bild von Aufgaben zu entwerfen, die sich in der zweiten Hälfte des 19. Jahrhunderts der mathematischen Forschung sozusagen von selber stellten. Dann soll im Hinblick auf dieses Bild einiges über die wissenschaftlichen Leistungen der erwähnten Akademiker gesagt werden; jeder von ihnen hat solche Leistungen aufzuweisen. Dieser Überblick kann, trotz seiner Beschränkung auf das kleine Land Bayern und trotz vieler Lücken, in einiger Hinsicht als *pars pro toto* und als typisch für die damalige Lage der mathematischen Wissenschaft gelten. Er gibt zugleich Gelegenheit, einiger auswärtiger (korrespondierender) Mitglieder zu gedenken.

## 3

Einer der wichtigsten mathematischen Fortschritte in der zweiten Hälfte des 19. Jahrhunderts war die Begründung des Rechnens mit irrationalen Zahlen. Eine Strecke werde als Längeneinheit gewählt, beispielsweise 1 cm. Die Katheten eines rechtwinkligen Dreiecks seien beide = 1, d. h. 1 cm lang. Nach dem Pythagoräischen Lehrsatz hat dann das Quadrat über der Hypotenuse den Flächeninhalt 2 ( $2 \text{ qcm}$ ). Wenn  $x$  die Maßzahl der Hypotenuse ist, muß also  $x^2 = 2$  sein. Schon im Altertum wurde auf zwei verschiedene Weisen sehr schön bewiesen, daß es keine rationale, d. h. keine ganze Zahl und keine gebrochene Zahl  $p/q$  ( $p, q$  ganze Zahlen) gibt, deren

Quadrat 2 wäre. (Die gebrochenen Zahlen kann man auch durch endliche oder periodische unendliche Dezimalbrüche darstellen; z. B.  $\frac{17}{40} = 0,425$ ,  $\frac{19}{44} = 0,43181818 \dots$ )

Nun ist zweierlei möglich: 1. Man verzichtet darauf, daß die Hypotenuse eines gleichschenkeligen rechtwinkligen Dreiecks mit Katheten = 1 eine Maßzahl der Länge besitzt. Das taten Euklid und alle Mathematiker des Altertums. Oder 2. Man erschafft neue Zahlen neben den ganzen und gebrochenen, etwa indem man sagt: auch jeder nicht periodische unendliche Dezimalbruch ist eine Zahl, eine „irrationale Zahl“. So verfährt man heutzutage. Unsere Hypotenuse erhält dann die irrationale Maßzahl  $\sqrt{2} = 1,414213562 \dots$

Die Gesamtheit der positiven und negativen rationalen und irrationalen Zahlen mit Einschluß der Null nennt man reelle Zahlen. Für alle reellen Zahlen gelten die Rechenregeln

$$(1) \quad \begin{array}{lll} a + b = b + a & a + (b + c) = (a + b) + c & ab = ba \\ a(bc) = (ab)c & a(b + c) = ab + ac. & \end{array}$$

Nach diesen Regeln hat man jahrhundertlang gerechnet, ohne daß es einem Menschen eingefallen wäre, das Addieren, Subtrahieren, Multiplizieren, Dividieren für das durch die irrationalen Zahlen erweiterte Zahlgebiet zu definieren und das Fortbestehen der Gesetze (1) zu beweisen.

CARL WEIERSTRASS (1815–1897; Akademiemitglied 1863) war der erste, der in seinen Vorlesungen dieses merkwürdige und etwas beschämende Versäumnis nachholte. Einer seiner Schüler hat sein Verfahren 1872 veröffentlicht. Im gleichen Jahr begründeten auch (Quadruplizität der Fälle) Cantor, Dedekind und Méray unabhängig voneinander und von Weierstraß die Arithmetik der reellen Zahlen.

## 4

Außer den vier Operationen des Addierens, Subtrahierens, Multiplizierens, Dividierens gibt es im Bereiche der reellen Zahlen eine fünfte: das Bilden von Grenzwerten.

Erstes Beispiel: Man kann, wenn  $n$  die Zahlen 3, 6, 12, 24, 48, ... durchläuft, die Flächenmaßzahlen  $f_n$  der dem Kreise vom Halbmesser 1 eingeschriebenen regelmäßigen  $n$ -ecke berechnen. Es gibt dann eine von Lambert als irrational nachgewiesene Zahl, die man mit  $\pi$  bezeichnet ( $\pi = 3,14159265 \dots$ ) derart, daß die (positive) Differenz  $\pi - f_n$ , wenn  $n$

über alle Grenzen wächst, beliebig klein wird. Man nennt die Zahl  $\pi$  den Grenzwert der Zahlen  $f_n$ . Die Zahl  $\pi$  ist die Maßzahl der Kreisfläche, so daß also ein Quadrat von der Seitenlänge  $\sqrt{\pi}$  flächengleich mit dem Kreise vom Halbmesser 1 ist. Kann man dieses Quadrat, d. h. kann man die Strecke  $\sqrt{\pi}$  oder, was auf dasselbe hinausläuft, kann man die Strecke  $\pi$ , den halben Kreisumfang, mittels Zirkel und Lineal konstruieren, wenn der Kreisradius als Einheitsstrecke gegeben ist? Das ist das Problem der Quadratur des Zirkels. Dieses vielgenannte geometrische Problem wurde wie andere geometrische Probleme der Lösung erst dadurch zugänglich gemacht, daß es „arithmetisiert“ wurde:

Wenn die Strecke von der Länge  $x$  bei gegebener Einheitsstrecke mittels Zirkel und Lineal konstruierbar sein soll, dann ist notwendig (aber keineswegs hinreichend), daß  $x$  einer „algebraischen Gleichung“

$$(2) \quad A_0 + A_1x + A_2x^2 + \dots + A_nx^n = 0$$

mit ganzzahligen Koeffizienten  $A_0, A_1, A_2, \dots, A_n$  genügt.

Die Arithmetisierung der Mathematik ist kennzeichnend für die zweite Hälfte des neunzehnten Jahrhunderts. Die Begriffe Kurve, Kurventangente, Fläche, Tangentialebene und Krümmung der Fläche können durch bloße Raumschauung nicht einwandfrei gefaßt werden. Begonnen hat die Arithmetisierung schon viel früher, nämlich 1637 mit der *Géométrie* des Descartes. Diese bedeutet den gewaltigsten Fortschritt der Geometrie über das aus dem Altertum Überlieferte. Die Gerade wird zu einem beiderseits ins Unendliche sich erstreckenden Maßstab, von dem der Anfangs- oder Nullpunkt und die Einheitsstrecke willkürlich festgelegt werden; jedem Punkte der Geraden entspricht eindeutig umkehrbar eine reelle Zahl, ein dem Euklid fernliegender, aber heute ein auch dem Nichtmathematiker geläufiger Gedanke. Jeder Punkt der Ebene wird zu einem Zahlenpaar  $xy$  und umgekehrt. Die Kartesischen Koordinaten  $x, y$  eines Punktes sind die mit Vorzeichen versehenen Entfernungen des Punktes von zwei Geraden, den Achsen, die Descartes als aufeinander senkrecht stehend annahm.

Selbstverständlich bleibt die Raumschauung ein Göttergeschenk für den Mathematiker, aber als Beweisersatz ist sie verpönt.

Zweites Beispiel für einen Grenzwert:

Durchläuft  $n$  die Zahlen 1, 2, 3, . . . , so nähern sich die Zahlen

$$e_n = \left(1 + \frac{1}{n}\right)^n \quad \left(\text{also } e_1 = 2, e_2 = 2,25 \quad e_3 = \left(\frac{4}{3}\right)^3, \dots\right)$$



einem Grenzwert, den man mit  $\epsilon$  bezeichnet:

$$(3) \quad \epsilon = 2,7182818 \dots, \quad {}^{10}\log \epsilon = 0,4342 \ 9448 \dots$$

Drittes Beispiel für einen Grenzwert:

$$(4) \quad (1-x) + x(1-x) + x^2(1-x) + x^3(1-x) + x^4(1-x) + \dots$$

( $x$  sei eine Zahl zwischen Null und 1, diese Grenzen eingeschlossen).

(4) ist eine unendliche Reihe; durch sie wird folgende Aufgabe gestellt: Es soll die Summe  $s_n(x)$  der ersten  $n$  Reihenglieder

$$(5) \quad s_n(x) = (1-x)(1+x+x^2+\dots+x^{n-1})$$

gebildet und untersucht werden, ob sie für unbegrenzt wachsendes  $n$  einen Grenzwert hat, d. h. ob eine von  $n$  unabhängige (aber von  $x$  abhängige) Zahl  $s(x)$  vorhanden ist der Art, daß  $s(x)$  sich für genügend großes  $n$  von  $s_n(x)$  beliebig wenig unterscheidet. Man nennt dann die Reihe (4) konvergent und  $s(x)$  ihren Grenzwert oder ihre Summe.

Aus (4) folgt sofort

$$(6) \quad s(1) = 0 \quad (= s_n(1) \text{ für jedes } n).$$

Ist jedoch  $x < 1$ , aber  $\geq 0$ , dann folgt aus (5)

$$(7) \quad s_n(x) = (1-x) \frac{1-x^n}{1-x} = 1-x^n.$$

Da  $x^n$  für unbegrenzt wachsendes  $n$  beliebig klein ausfällt, hat  $s_n(x)$  für die genannten  $x$ -Werte ( $< 1$ , aber  $\geq 0$ ) den Grenzwert 1.

Die von  $x$  abhängige Zahl  $s(x)$  oder, wie man zu sagen pflegt, die Funktion  $s(x)$  ändert sich also an der Stelle  $x=1$  sprunghaft, sie wird für  $x=1$  auf einmal  $= 0$ , während sie für alle kleineren  $x$ -Werte  $= 1$  ist. Sie ist an der Stelle  $x=1$  unstetig oder diskontinuierlich, während die einzelnen Reihenglieder  $x^v(1-x)$  stetige Funktionen von  $x$  sind ( $v=0, 1, 2, 3, \dots$ ).

Der Grenzwertbegriff und das Rechnen mit Grenzwerten sind grundlegend für die Theorie der Funktionen einer reellen Veränderlichen und damit auch für die Differential- und Integralrechnung. Einwandfreie Beweise in der Theorie der reellen Funktionen sind erst im 19. Jahrhundert erbracht worden, wie überhaupt die Forderung unbedingter Strenge in der Mathematik und die mit der Arithmetisierung zusammenhängende Erfüllung dieser Forderung Ruhmestitel für die Forschung dieses Jahrhunderts sind. Vorher hatte man häufig die geometrische Anschauung benutzt, als wäre sie ein Beweismittel.

Ein Beispiel (statt unzähliger) für einen Satz, der der Anschauung selbstverständlich erscheint und trotzdem eines arithmetischen Beweises bedarf:

Wenn eine stetige Funktion  $f(x)$  an verschiedenen Stellen  $x = a$  und  $x = b$  Werte  $f(a)$ ,  $f(b)$  verschiedenen Vorzeichens annimmt, dann gibt es (mindestens) eine Stelle  $x = c$  zwischen  $a$  und  $b$ , an der  $f(x)$  den Wert Null annimmt.

Der Mathematiker, dem in erster Linie die Wendung zur unbedingten Strenge zu danken ist, war Louis Augustin Cauchy (1789–1857), den zum Mitglied zu wählen die Münchener Akademie versäumt hat. Von den Späteren hat vor allem Weierstraß seinen Namen neben den Cauchys gesetzt.

## 5

Nach der Einführung der irrationalen Zahlen hat sich eine nochmalige Erweiterung des Zahlengebietes als notwendig erwiesen:

Es gibt keine reelle Zahl  $x$ , die der Gleichung  $x^2 + 1 = 0$  genügen würde. Man erschafft eine neue Zahl  $\sqrt{-1}$ , wofür man  $i$  schreibt:  $i^2 = -1$ . Zugleich erschafft man mittels der reellen Zahlen  $a$ ,  $b$  ( $b \neq 0$ ) die imaginären Zahlen  $a + bi$ . Die Gesamtheit der reellen und imaginären Zahlen nennt man komplexe Zahlen. In dem so erweiterten Zahlenbereich bleiben die Rechenregeln (1) gültig, und es gilt in ihm der sogenannte Fundamentalsatz der Algebra (hier etwas anders formuliert als üblich):

Die ganze rationale Funktion  $n$ ter Ordnung ( $n$  ganze Zahl  $\geq 1$ )

$$(8) \quad g(x) = a_0 + a_1 x + a_2 x^2 + \dots + a_n x^n$$

( $a_0, a_1, a_2, \dots, a_n$  Konstante, d. h. von der Veränderlichen  $x$  unabhängige Zahlen,  $a_n \neq 0$ )

kann in ein Produkt

$$(9) \quad g(x) = (x - b_1)(x - b_2)(x - b_3) \dots (x - b_n) a_n$$

umgeformt werden, und zwar auf eine einzige Weise abgesehen von der Vertauschbarkeit der Faktoren. Die Zahlen  $b_1, b_2, b_3, \dots, b_n$  heißen die Nullstellen der Funktion  $g(x)$ .

Der Quotient zweier ganzer rationaler Funktionen  $g(x)$  ist eine (gebrochene) rationale Funktion.  $y$  heißt eine algebraische Funktion von  $x$  (und zugleich  $x$  eine algebraische Funktion von  $y$ ), wenn zwischen  $x$  und  $y$  eine Gleichung besteht, welche durch Nullsetzen einer ganzen rationalen Funktion  $G(xy)$  von  $x$  und  $y$  erhalten wird:

$$(10) \quad G(xy) = 0.$$

$G(xy)$  ist eine Summe von Produkten der Form

$$(11) \quad C_{\mu\nu} x^\mu y^\nu \quad (C_{\mu\nu} \text{ Konstante, } \mu, \nu \text{ ganze Zahlen } \geq 0).$$

Die höchste vorkommende Summe  $\mu + \nu$  heißt der Grad  $n$  ( $\geq 1$ ) von  $G(xy)$ . Es wird im folgenden angenommen, daß  $G(xy)$  nicht das Produkt ganzer Funktionen niedrigeren Grades ist. Die rationalen Funktionen  $y = R(x)$  sind ein einfacher Sonderfall der algebraischen. Wenn man sich zunächst auf reelle Zahlen beschränkt und die Veränderlichen  $xy$  als Kartesische Koordinaten deutet, dann stellt die Gleichung ersten Grades

$$(12) \quad Ax + By + C = 0 \quad (A^2 + B^2 \neq 0, \text{ d. h. } A \text{ und } B \text{ nicht gleichzeitig } = 0)$$

eine gerade Linie dar. Die Gleichung  $n$ -ten Grades (10) stellt eine algebraische Kurve  $n$ -ter Ordnung dar.

Die Kurven zweiter Ordnung

$$(13) \quad a_{11}x^2 + 2a_{12}xy + a_{22}y^2 + 2a_{13}x + 2a_{23}y + a_{33} = 0$$

sind die Ellipse (im Grenzfall der Kreis), die Parabel und die Hyperbel. Das lernt man heutzutage schon auf dem Gymnasium.

Wenn man in dem Ausdruck (8) für  $g(x)$  die Veränderliche  $x$  durch  $x_1/x_2$  ersetzt und alles mit  $x_2^n$  multipliziert, erhält man die „homogene binäre Form  $n$ -ten Grades“:

$$(14) \quad g(x_1x_2) = a_0x_2^n + a_1x_1x_2^{n-1} + \dots + a_{n-1}x_1^{n-1}x_2 + a_nx_1^n.$$

Sie stellt  $= 0$  gesetzt wie  $g(x) = 0$  ebenfalls  $n$  nicht notwendig reelle und nicht notwendig verschiedene Punkte der  $x$ -Achse dar, die jetzt durch die Verhältnisse  $x_1 : x_2$  ihrer homogenen Koordinaten bestimmt werden:  $x_1/x_2 = b_1, b_2, \dots, b_n$ , nur daß jetzt auch  $a_n = 0$  und der „unendlich ferne Punkt“  $x_2 = 0$  zugelassen wird.

An Stelle der homogenen Koordinaten  $x_1, x_2$ , auf deren Verhältnis  $x_1 : x_2$  es nur ankommt, kann man neue homogene Koordinaten  $y_1, y_2$  einführen:

$$(15) \quad x_1 = \alpha y_1 + \beta y_2, \quad x_2 = \gamma y_1 + \delta y_2$$

und dabei der Einfachheit halber

$$(16) \quad \begin{vmatrix} \alpha & \beta \\ \gamma & \delta \end{vmatrix} = \alpha\delta - \beta\gamma = 1$$

voraussetzen. Setzt man  $y_1/y_2 = X$  und kehrt man auch auf der  $x$ -Achse zu der nicht homogenen Koordinate  $x = x_1/x_2$  zurück, so erhält man an Stelle von (15) die eine Transformationsgleichung

$$(17) \quad x = \frac{\alpha X + \beta}{\gamma X + \delta} \quad (\alpha\delta - \beta\gamma = 1).$$



## 6

Führt man in  $g(x_1x_2)$  (14) vermöge (15) die neuen Veränderlichen  $y_1y_2$  ein, so erhält man eine Form

$$(18) \quad h(y_1y_2) = c_0y_2^n + c_1y_1y_2^{n-1} + \dots + c_{n-1}y_1^{n-1}y_2 + c_ny_1^n,$$

deren Koeffizienten  $c_0, c_1, \dots, c_n$  sich aus  $a_0, a_1, \dots, a_n$  und  $\alpha, \beta, \gamma, \delta$  leicht berechnen lassen. Beispielsweise geht die Form zweiten Grades

$$(19) \quad g(x_1x_2) = a_{11}x_1^2 + 2a_{12}x_1x_2 + a_{22}x_2^2$$

über in

$$(20) \quad h(y_1y_2) = c_{11}y_1^2 + 2c_{12}y_1y_2 + c_{22}y_2^2$$

mit

$$(21) \quad \begin{aligned} c_{11} &= a_{11}\alpha^2 + 2a_{12}\alpha\gamma + a_{22}\gamma^2, & c_{22} &= a_{11}\beta^2 + 2a_{12}\beta\delta + a_{22}\delta^2, \\ c_{12} &= a_{11}\alpha\beta + a_{12}(\alpha\delta + \beta\gamma) + a_{22}\gamma\delta. \end{aligned}$$

Es ist

$$(22) \quad c_{11}c_{22} - c_{12}^2 \equiv a_{11}a_{22} - a_{12}^2,$$

wovon man sich durch Einsetzen der Ausdrücke (21) in die linke Seite von (22) leicht überzeugen kann; die Substitutionskoeffizienten, für die  $\alpha\delta - \beta\gamma = 1$  gilt, fallen heraus.

Solche Ausdrücke wie (22), deren Wert sich bei irgendeiner linearen Koordinatentransformation (15) nicht ändert, heißen Invarianten.

$a_{11}a_{22} - a_{12}^2 = 0$  besagt, daß die beiden Nullstellen von (19) zusammenfallen und damit auch die von (20).

Die binäre Form vierten Grades

$$(23) \quad g_4(x_1x_2) = a_0x_1^4 + 4a_1x_1^3x_2 + 6a_2x_1^2x_2^2 + 4a_3x_1x_2^3 + a_4x_2^4$$

hat die zwei Invarianten

$$(24) \quad g_2 = a_0a_4 - 4a_1a_3 + 3a_2^2$$

und

$$(25) \quad g_3 = a_0a_2a_4 - a_0a_3^2 - a_1^2a_4 + 2a_1a_2a_3 - a_2^3.$$

*Homogene Koordinaten in der Geometrie der Ebene:*

In der Gleichung  $G(xy) = 0$  (10) der algebraischen Kurve  $n$ -ter Ordnung ( $xy$  Kartesische Koordinaten) setzt man  $x = x_1/x_3$ ,  $y = x_2/x_3$  und multipliziert mit  $x_3^n$ . Die entstehende Gleichung  $G(x_1x_2x_3) = 0$  wird homogen vom Grade  $n$ , ihre linke Seite besteht aus einer Summe von Gliedern  $c_{\mu\nu\rho}x_1^\mu x_2^\nu x_3^\rho$  ( $\mu + \nu + \rho = n$ ).

So erhält z. B. die allgemeine Geradengleichung (12) die Form

$$(26) \quad Ax_1 + Bx_2 + Cx_3 = 0.$$

Hier darf im Gegensatz zu (12)  $A = B = 0$  sein, falls  $C \neq 0$  ist. Die Gleichung (26) stellt dann die „unendlich ferne Gerade“  $x_3 = 0$  dar; vgl. Nr. 11.

Koordinatentransformationen:

$$(27) \quad \begin{aligned} x_1 &= \alpha_{11}y_1 + \alpha_{12}y_2 + \alpha_{13}y_3, & x_2 &= \alpha_{21}y_1 + \alpha_{22}y_2 + \alpha_{23}y_3, \\ x_3 &= \alpha_{31}y_1 + \alpha_{32}y_2 + \alpha_{33}y_3. \end{aligned}$$

Die Substitutionsdeterminante möge  $= 1$  angenommen werden:

$$(28) \quad \begin{vmatrix} \alpha_{11} & \alpha_{12} & \alpha_{13} \\ \alpha_{21} & \alpha_{22} & \alpha_{23} \\ \alpha_{31} & \alpha_{32} & \alpha_{33} \end{vmatrix} = \begin{aligned} &\alpha_{11}(\alpha_{22}\alpha_{33} - \alpha_{23}\alpha_{32}) \\ &+ \alpha_{12}(\alpha_{23}\alpha_{31} - \alpha_{21}\alpha_{33}) \\ &+ \alpha_{13}(\alpha_{21}\alpha_{32} - \alpha_{22}\alpha_{31}) \end{aligned} = 1.$$

Die homogenen Koordinaten, auf deren Verhältnis  $x_1 : x_2 : x_3$  es nur ankommt, sind für Fragen, bei denen es auf Maßzahlen ankommt (wie z. B. beim Pythagoräischen Lehrsatz) nicht geeignet, dagegen für Untersuchungen der projektiven Geometrie sehr nützlich. Wenn dem Punkte  $x_1x_2x_3$  einer Ebene  $E_1$ , die auf eine Ebene  $E_2$  aus einem Punkte außerhalb beider Ebenen projiziert wird, in  $E_2$  der Punkt  $y_1y_2y_3$  vermöge (27) entspricht, dann ist das Bild der unendlich fernen Geraden  $x_3 = 0$  von  $E_1$  die beliebige Gerade  $\alpha_{31}y_1 + \alpha_{32}y_2 + \alpha_{33}y_3 = 0$  von  $E_2$ .

Der Begriff der Invariante überträgt sich wörtlich vom Eindimensionalen aufs Zweidimensionale. Zum Beispiel gehört zur linken Seite der Kegelschnittgleichung

$$(29) \quad a_{11}x_1^2 + a_{22}x_2^2 + a_{33}x_3^2 + 2a_{12}x_1x_2 + 2a_{13}x_1x_3 + 2a_{23}x_2x_3 = 0$$

die Invariante

$$(30) \quad \begin{vmatrix} a_{11} & a_{12} & a_{13} \\ a_{12} & a_{22} & a_{23} \\ a_{13} & a_{23} & a_{33} \end{vmatrix} = \begin{aligned} &a_{11}(a_{22}a_{33} - a_{23}^2) + a_{12}(a_{13}a_{23} - a_{12}a_{33}) \\ &+ a_{13}(a_{12}a_{23} - a_{13}a_{22}). \end{aligned}$$

Ist sie Null, so bedeutet das, daß der Kegelschnitt in zwei Gerade zerfällt.

Eng mit dem Begriff der Invariante hängt der Begriff der Gruppe zusammen. Die Gesamtheit der Substitutionen (15) bildet eine Gruppe, d. h.: Zwei dieser Substitutionen nacheinander ausgeführt sind einer dritten äquivalent, zu jeder Substitution  $(\alpha, \beta, \gamma, \delta)$  gibt es die inverse  $(\delta, -\beta, -\gamma, \alpha)$ , beide nacheinander ausgeführt ergeben die Einheitssubstitution  $(\alpha = \delta = 1, \beta = \gamma = 0)$ . Auch die Substitutionen (17) und (27) bilden Gruppen.



Weitere Beispiele für Gruppen:

1. Sämtliche Drehungen eines starren Körpers um einen festen Punkt  $P$ . Eine Untergruppe bilden z. B. die Drehungen, die einen Würfel mit dem Mittelpunkt  $P$  in sich überführen.

2. Hat man zwei (nicht notwendig verschiedene) Anordnungen  $A_1$  und  $A_2$  von  $n$  verschiedenen Zahlen  $b_1, b_2, \dots, b_n$ , so bildet der Übergang von  $A_1$  zu  $A_2$  eine Operation aus einer Gruppe, die aus  $1 \cdot 2 \cdot 3 \dots n$  Operationen besteht. Diejenigen Operationen, die einen Ausdruck  $f(b_1, b_2, \dots, b_n)$  ungeändert lassen, bilden eine Untergruppe. Es sei etwa  $n = 4$ ,  $f(b_1 b_2 b_3 b_4) = b_1 b_2 + b_3 b_4$ . Der Leser finde die acht Operationen,  $S_1, S_2, S_3, S_4, S_5, S_6, S_7, S_8$  der Untergruppe, die  $b_1 b_2 + b_3 b_4$  ungeändert lassen.

Lösung:

$S_1$  läßt alle  $b_i$  an ihren Plätzen,  $S_2$  vertauscht  $b_1$  mit  $b_2$ ,  $S_3$  vertauscht  $b_3$  mit  $b_4$ ,  $S_4$  nimmt die beiden Vertauschungen gleichzeitig vor,  $S_5$  vertauscht  $b_1$  mit  $b_3$  und  $b_2$  mit  $b_4$ ,  $S_6$  vertauscht  $b_1$  mit  $b_4$  und  $b_2$  mit  $b_3$ , entsteht also dadurch, daß man die Operationen  $S_5$  und  $S_4$  nacheinander ausführt, was man so ausdrückt:  $S_6 = S_4 S_5$ . In gleichem Sinne ist  $S_7 = S_2 S_5$  und  $S_8 = S_3 S_5$ .

## 7

Nachdem die Einführung komplexer Zahlen sich bei der Auflösung algebraischer Gleichungen  $g(x) = 0$  bewährt hatte, vgl. (8) und (9), wurden im 18. Jahrhundert der Logarithmus und die trigonometrischen Funktionen sowie die zugehörigen Umkehrfunktionen für komplexe Werte der Veränderlichen untersucht. Eine Theorie der Funktionen einer komplexen Veränderlichen aber gibt es erst seit Cauchy. Der Vollendung zugeführt wurde dieses Lehrgebäude durch Carl Weierstraß und BERNHARD RIEMANN (1826 bis 1866; Akademiemitglied 1859). Von beiden wurde es schließlich auf sehr verschiedene Weisen durch eine Theorie der algebraischen Funktionen und der Integrale

$$(31) \quad \int R(xy) dx$$

(gewöhnlich als Abelsche Integrale bezeichnet) gekrönt;  $R(xy)$  bedeutet eine rationale Funktion; zwischen  $x$  und  $y$  besteht eine algebraische Gleichung  $G(xy) = 0$ , so daß also  $y$  eine algebraische Funktion von  $x$  ist.

Durch diese Untersuchungen wurden Probleme fortgeführt und zu einem gewissen Abschluß gebracht, deren Ursprünge bis zur Entdeckung der Differential- und Integralrechnung zurückreichen.

Im Komplexen ist das geometrische Substrat (der geometrische Träger) der Gleichung  $G(xy) = 0$  nicht mehr eine eindimensionale Kurve, sondern eine zweidimensionale „Riemannsche Fläche“. Jedem Punkte dieser Fläche ist ein der Gleichung  $G(xy) = 0$  genügendes komplexes Wertepaar  $xy$  zugeordnet. Die Veränderliche  $x$  ist nicht mehr eindimensional ( $x$ -Achse), sondern durchläuft alle Punkte der komplexen  $x = \xi + i\eta$ -Ebene ( $\xi$  und  $\eta$  sind reelle Kartesische Koordinaten). In jedem Punkte  $x = \xi + i\eta$  dieser  $\xi\eta$ -Ebene gibt es, wenn  $G(xy)$  vom Grad  $m$  in  $y$  ist,  $m$  Werte  $y$ , die nur für Ausnahmewerte  $x$  (worunter sich die  $x$ -Werte der Verzweigungspunkte befinden) nicht alle voneinander verschieden sind. Man erhält so, wie hier nicht näher ausgeführt werden kann, eine Riemannsche Fläche, bestehend aus  $m$  ebenen Blättern, die in Verzweigungspunkten zusammenhängen und durch Übergangslinien verbunden sind. Diese Riemannsche Fläche kann dann noch mannigfach umgeformt werden. Wichtig ist nur, daß jedem Punkt der Fläche eindeutig umkehrbar ein komplexes der Gleichung  $G(xy) = 0$  genügendes Wertepaar  $xy$  entspricht.

Sehr einfach werden die Integrale (31), wenn  $G(xy)$  vom zweiten Grad ist. Einfachstes, aber typisches Beispiel:

$$(32) \quad y^2 = 1 - x^2$$

(im Reellen Kreisgleichung in Kartesischen Koordinaten).

Setzt man

$$(33) \quad x = \frac{2t}{1+t^2}, \quad y = \frac{1-t^2}{1+t^2}, \quad \text{also} \quad t = \frac{x}{1+y},$$

so wird jedem der Gleichung  $x^2 + y^2 = 1 = 0$  genügenden komplexen Wertepaar  $xy$  eindeutig ein Punkt  $t$  der komplexen  $t = \sigma + i\tau$ -Ebene zugeordnet. Diese Ebene kann als Riemannsche Fläche der algebraischen Funktion  $y = \sqrt{1-x^2}$  angesehen werden. Das Integral (31) geht durch die Substitution (33) in ein Integral  $\int r(t)dt$  über, wo  $r(t)$  eine rationale Funktion ist. Ein solches Integral führt auf rationale Funktionen von  $t$  und Logarithmen solcher Funktionen.

Viel schwieriger wird alles, wenn die Gleichung  $G(xy) = 0$  die immer noch recht einfache Form hat

$$(34) \quad y^2 - g_4(x) = 0,$$

wo  $g_4(x)$  eine ganze rationale Funktion dritten oder vierten Grades mit lauter getrennten Nullstellen ist:

$$(35) \quad g_4(x) = a_0x^4 + 4a_1x^3 + 6a_2x^2 + 4a_3x + a_4 \quad (a_1 \neq 0, \text{ falls } a_0 = 0 \text{ ist}).$$

Die Integrale (31) nennt man im Falle der Gleichung (34) elliptische Integrale. Über sie sind schon im 18. Jahrhundert und dann mit besonderem Erfolg durch Abel und durch Jacobi in der ersten Hälfte des 19. Jahrhunderts wichtige Sätze gefunden worden. Aber die Vollendung der Theorie gelang erst Weierstraß, bei dem die Beschränkung auf das Reelle völlig gefallen war.

Das sogenannte elliptische Integral erster Gattung

$$(36) \quad \int \frac{dx}{y} = \int \frac{dx}{\sqrt{g_4(x)}}$$

hat merkwürdige Eigenschaften: Sind  $x_0, y_0 = \sqrt{g_4(x_0)}$  und  $x_1, y_1 = \sqrt{g_4(x_1)}$  seine untere und obere Grenze, so hängt sein stets endlich bleibender Wert noch vom Integrationsweg ab. Ist  $u$  ein zu einem bestimmten Integrationsweg gehöriger Integralwert, so sind sämtliche Integralwerte, die sich bei festgehaltenen Grenzen durch beliebige Änderungen des Weges ergeben, in dem Ausdruck

$$(37) \quad u + \mu\omega_1 + \nu\omega_2$$

enthalten ( $\mu, \nu$  beliebige ganze Zahlen  $\cong 0$ ;  $\omega_1, \omega_2$  von den Grenzen des Integrals unabhängige Konstante; Quotient  $\omega_2/\omega_1$  imaginär). Macht man die obere Grenze des Integrals veränderlich (sie heiße jetzt  $xy$ ), so werden  $x$  und  $y$  eindeutige, doppelperiodische Funktionen von  $u$  mit den Perioden  $\omega_1$  und  $\omega_2$  (sogenannte elliptische Funktionen):

$$(38) \quad x = \varphi(u), \quad y = \varphi'(u), \quad \varphi(u + \mu\omega_1 + \nu\omega_2) = \varphi(u).$$

Jedem Wertepaar  $xy$ , das der algebraischen Gleichung (34) genügt, entspricht vermöge (38) in der komplexen  $u$ -Ebene ein Punkt des Parallelogramms mit den vier Ecken  $0, \omega_1, \omega_2, \omega_1 + \omega_2$ . (Von diesen vier Eckpunkten ist nur der erste der Parallelogrammfläche zuzurechnen, von den sonstigen Seitenpunkten nur die der Seiten  $0\omega_1$  und  $0\omega_2$ . Dieses Parallelogramm kann als Riemannsche Fläche der Funktion  $y = \sqrt{g_4(x)}$  angesehen werden und in eine Ringfläche umgeformt werden. Zuerst werden zwei gegenüberliegende Seiten zur Deckung gebracht, wodurch ein offener Zylinder entsteht, den man durch Aneinanderfügung der Ränder zu einer Ringfläche umformen kann.



Macht man in  $g_4(x)$  die Substitution

$$(17) \quad x = \frac{\alpha X + \beta}{\gamma X + \delta} \quad (\alpha\delta - \beta\gamma = 1),$$

so geht  $g_4(x)$  über in

$$(39) \quad \frac{1}{(\gamma X + \delta)^4} (c_0 X^4 + 4c_1 X^3 + 6c_2 X^2 + 4c_3 X + c_4) = \frac{h_4(X)}{(\gamma X + \delta)^4}.$$

Das Integral erster Gattung (36) aber geht über in das Integral

$$(40) \quad \int \frac{dX}{\sqrt{h_4(X)}}.$$

Daraus folgt: Die Perioden  $\omega_1, \omega_2$  sind Invarianten der Form vierten Grades  $a_0 x_1^4 + 4a_1 x_1^3 x_2 + 6a_2 x_1^2 x_2^2 + 4a_3 x_1 x_2^3 + a_4 x_2^4$ . Wie die beiden rationalen Invarianten  $g_2$  (24) und  $g_3$  (25) dieser Form sich als Funktionen von  $\omega_1$  und  $\omega_2$  darstellen lassen, hat Weierstraß gezeigt. Hier öffnet sich der Zugang zu einem Arbeitsgebiet (elliptische Modulfunktionen), das auch für die allgemeine Funktionentheorie fruchtbar wurde.

(Zum Vergleich: Hat man es statt mit der Gleichung  $y^2 = g_4(x)$  (34) mit der einfacheren  $y^2 = 1 - x^2$  (32) zu tun, so kann man statt des Integrals (36) das einfachere

$$(41) \quad u = \int_0^x \frac{dz}{\sqrt{1-z^2}}$$

einführen; auch dieses Integral hängt vom Wege ab. Durch dessen Änderung im Komplexen kann es die unendlich vielen Werte

$$(42) \quad u + 2\mu\pi \quad (\mu = 0, \pm 1, \pm 2, \dots)$$

annehmen.  $x$  und  $y$  werden eindeutig periodische Funktionen von  $u$ :

$$(43) \quad x = \sin u, \quad y = \cos u.$$

In der komplexen  $u$ -Ebene entspricht jedem Punkte des Parallelstreifens

$$(44) \quad 0 \leq \text{Re} u < 2\pi$$

umkehrbar eindeutig ein Wertepaar  $x, y = \sqrt{1-x^2}$ .

Wie die Lehre von den elliptischen Integralen und den elliptischen Funktionen vorbildlich und wegweisend wurde für die Riemannsche und für die Weierstraßsche Theorie der algebraischen Funktionen und ihrer Integrale,

kann hier nicht auseinandergesetzt werden. Diese Theorie, die in der zweiten Hälfte des 19. Jahrhunderts viele ausgezeichnete Mathematiker vorzugsweise beschäftigte, kam inzwischen in den Hintergrund. Das lag an ihrer Schwierigkeit, an den von Generation zu Generation sich ändernden wissenschaftlichen Bestrebungen, aber auch daran, daß Riemann früh starb, und daß Weierstraß noch zurückhaltender als Riemann war, seine Forschungsergebnisse durch den Druck zu veröffentlichen.

ALFRED CLEBSCH (geb. 19. 1. 1833 Königsberg, gest. 7. 11. 1872 Göttingen, 1858 Professor in Karlsruhe, 1863 in Gießen, 1868 in Göttingen, 1869 korrespondierendes Mitglied der Bayerischen Akademie), ein Mathematiker von hoher Begabung und ein glänzender Lehrer, war kein unmittelbarer Schüler Riemanns, bemühte sich aber erfolgreich, in dessen Gedankenkreis einzudringen, und schrieb darüber zusammen mit seinem Schüler Gordan ein Buch (Theorie der Abelschen Funktionen). Die Verfasser verzichteten, ohne die Weierstraßsche Strenge anzustreben, auf den Begriff der Riemannschen Fläche, der mehr ist als ein bloßes Hilfsmittel der Theorie. Träger für die Wertepaare  $xy$ , die der Gleichung  $G(xy) = 0$  genügen, auch der imaginären, war für sie die Kurve mit der homogen geschriebenen Gleichung  $G(x_1x_2x_3) = 0$ .

Clebschs namhafteste Schüler, nämlich Klein, Lindemann, Gordan, Noether, Brill, Lüroth, wurden sämtlich bayerische Professoren und Mitglieder der Münchener Akademie. Hesse war in Königsberg Lehrer Clebschs gewesen und hat dessen algebraische Denkweise beeinflußt. Dyck und später auch Burkhardt waren Schüler Kleins, Finsterwalder war Schüler Brills, Baldus Schüler Gordans und Noethers. Das sind zusammen elf von den (S. 4f.) genannten einundzwanzig Mathematikern. Ehe im folgenden von ihrem Wirken berichtet wird, soll einiges über diejenigen in Bayern tätig gewesenen Mathematiker gesagt werden, die vor ihnen in die Akademie gewählt wurden.

Die reine Mathematik als Wissenschaft, nicht als Lehrfach, fand in München erst spät eine Stätte, dann aber gleich zu Anfang durch einen Mathematiker von Rang: LUDWIG SEIDEL\* (s. S. 4). Er wollte, wie so mancher Mathematiker, zuerst Astronom werden und hat schon als junger Student und Schüler JOHANN F. ENCKES (1791–1865; Akademiemitglied 1854) an der Berliner Universität Mondephemeriden berechnet. Dort hörte er auch Mathematik, besonders bei GUSTAV DIRICHLET (1805–1859; Akademiemitglied 1872). In Königsberg setzte er seine Studien fort bei drei berühmten Professoren, dem Mathematiker Jacobi, dem theoretischen Physiker FRANZ NEUMANN (1798–1895; Akademiemitglied 1872) und dem Astronomen FRIEDRICH WILH. BESSEL (1784–1846; Akademiemitglied 1842). Bessel empfahl Seidel als „den allerfleißigsten und allerkenntnisreichsten jungen

» Akademie-Festschrift II

Mann, den ich je gesehen habe“ an KARL STEINHEIL\* (1801–1870), der an der Universität München und in der Akademie (seit 1827) die angewandte Mathematik vertrat. Steinheil ist nicht nur bekannt durch die von ihm gegründete, heute noch bestehende optische Anstalt, sondern auch als einer der ersten Erfinder auf dem damals neuen Gebiete der elektrischen Telegraphie (vgl. den Artikel „Physik“). Es gelang Steinheil im Jahre 1851 nach einem vorhergegangenen vergeblichen Versuch, die Aufnahme Seidels in die Akademie durchzusetzen; ao. Universitätsprofessor wurde Seidel 1847, o. 1855. Schon 1848 hatte er einen Irrtum Cauchys aufgeklärt und sich dadurch einen Platz in der Geschichte der Mathematik gesichert. Cauchy hatte gemeint beweisen zu können, daß eine konvergente unendliche Reihe, deren Glieder stetige Funktionen sind, eine stetige Funktion darstelle (s. das Gegenbeispiel in Nr. 4 S. 8). Seidel zeigte, welche Zusatzvoraussetzung für das Bestehen des Cauchyschen Satzes hinreichend ist. (Später stellte sich heraus, daß der Cambridger Mathematiker und theoretische Physiker STOKES (1819–1903; Akademiemitglied 1888) ein paar Monate vor Seidel das nämliche Ergebnis gefunden hatte, das vorher auch Weierstraß, ohne daß er etwas darüber veröffentlicht hätte, bekannt war, wahrscheinlich auch Cauchy).

In Zusammenarbeit mit Steinheil gab sich Seidel andauernden und mühsamen Untersuchungen über die Helligkeit von Planeten (Venus, Mars, Jupiter, Saturn) und von 208 Fixsternen hin; von Gauß erhielt er dafür einen anerkennenden Brief, aber er verdarb sich die Augen und war gegen Ende seines Lebens fast blind.

Seidels Berechnungen des Durchgangs von Lichtstrahlen durch Linsen (im Hinblick auf Steinheils Instrumentenbau) sind vergleichbar mit den Rechnungen, durch die später der Jenaer Universitätsprofessor der Mathematik ERNST ABBE (1840–1905; Akademiemitglied 1889) dem Mikroskopbauer Karl Zeiss neue Wege wies und dadurch eine der größten deutschen Industrien ermöglichte.

Sowohl bei seinen astronomischen wie bei seinen optischen Arbeiten war Seidel auf Gleichungen mit 70 und mehr Unbekannten gestoßen. Er erfand ein Näherungsverfahren (mit Konvergenzbeweis), nach welchem man mit dem unvermeidlichen Aufwand von Zeit und Mühe die Gleichungen lösen konnte. Auch heutzutage benutzt man Seidels Verfahren; das Ausrechnen aber überläßt man einer Elektronenrechenmaschine.

1865 wurde eine zweite Professur für Mathematik an der Universität München errichtet; auf sie wurde GUSTAV BAUER (s. S. 4) berufen, der in Berlin (gleichzeitig mit Seidel) und in Paris studiert und eine reiche mathematische Bildung erworben hatte. In den Sitzungsberichten der Akademie, deren Mitglied er 1871 wurde, veröffentlichte er zahlreiche Arbeiten über



Kugelfunktionen, Kettenbrüche, Algebra und Geometrie. 1952 stützte OSKAR PERRON (geb. 1886; Akademiemitglied 1924) den Beweis für einen der merkwürdigen von dem Inder Ramanujan behaupteten Sätze auf einen Kettenbruchsatz Bauers. Nicht jedem Mathematiker ist ein solches Nachwirken fast ein halbes Jahrhundert nach seinem Tode beschieden.

Bauer war ein sehr beliebter Lehrer; seine Vorlesungen über Algebra wurden vom Mathematischen Verein München herausgegeben, wobei freilich (in der ersten Auflage) nicht voll beachtet wurde, daß man an Gedrucktes höhere kritische Anforderungen stellt als an bloß Gesprochenes.

Bei Seidel und Bauer hat MAX PLANCK (1858–1947; Akademiemitglied 1911) Mathematik gehört; ihre Vorlesungen waren mitbestimmend für seine Berufswahl.

## 10

Noch bevor Seidel Akademiemitglied und Professor geworden war, hatte der Erlanger Universitätsprofessor KARL v. STAUDT\* (s. S. 4) durch seine „Geometrie der Lage“ (Erlangen 1848) eine der größten Leistungen in der jahrtausendealten Geschichte der Geometrie vollbracht. v. Staudt wurde im Jahre 1863 in die Akademie gewählt. Vorher war er, nachdem er in Göttingen bei Gauß studiert hatte, Gymnasiallehrer in Würzburg (1822–1827) und sodann Professor am Polytechnikum in Nürnberg gewesen. An die Universität Erlangen wurde er 1835 berufen. Als Würzburger Gymnasiallehrer hatte er sich an der Universität habilitieren wollen; diese aber hat sein Gesuch abgelehnt und hätte sich so um den Ruhm gebracht, den größten in Bayern geborenen Geometer zu ihren Dozenten zählen zu dürfen, hätte ihn nicht das Ministerium aus eigener Machtvollkommenheit zum Privatdozenten ernannt. Die Universität Würzburg hat auch andere Habilitationsbewerber abgewiesen, die nachher Akademiemitglieder wurden.

In v. Staudts Geometrie der Lage ist von Streckenlängen und Winkelmaßen nicht die Rede. Beispiel eines Satzes der Geometrie der Lage:

Liegen von den neun Punkten, in denen drei Gerade von drei anderen geschnitten werden, sechs auf einem Kegelschnitt, so liegen die drei anderen auf einer Geraden. Es gelang v. Staudt, in die Geometrie der Lage Zahlen einzuführen (Koordinaten, deren Definition nicht auf Längenmessung beruht), so daß für die Geometrie der Ebene, auf die sich dieser Bericht beschränkt, schließlich herauskommt, was man auch ganz an den Anfang stellen könnte: Ein Punkt ist gleichbedeutend mit einem Tripel  $x_1 x_2 x_3$  zunächst reell zu denkender Zahlen, die nicht alle zugleich Null sind. Ist  $\lambda \neq 0$ , so ist  $\lambda x_1 \lambda x_2 \lambda x_3$  der nämliche Punkt wie  $x_1 x_2 x_3$ .

Die Punkte, die einer Gleichung

$$(45) \quad u_1 x_1 + u_2 x_2 + u_3 x_3 = 0$$

genügen, bilden eine Gerade ( $u_1, u_2, u_3$  beliebige reelle Zahlen, nur nicht alle gleich Null; es kommt nur auf die Verhältnisse dieser Zahlen an). Zwei Punkte bestimmen immer eine Gerade, zwei Gerade schneiden einander immer in einem Punkt. Die Geometrie der Lage kann auch als projektive Geometrie bezeichnet werden; vgl. Nr. 6 S. 12. Später gelang es v. Staudt, auch imaginäre Punkte und Gerade in die Geometrie der Lage einzuführen. Die Geometrie der Lage erscheint zuerst als rein abstraktes, keiner praktischen Anwendung fähiges Gedankengebäude. Und doch hat Karl Culmann (geb. 10. 7. 1821 Bergzabern, gest. 9. 12. 1881 Zürich) seine graphische Statik, eine der genialsten Erfindungen der Technischen Mechanik, auf der Geometrie der Lage aufgebaut. Und kein Geringerer als Maxwell (1831–1879), das größte Genie angewandter Mathematik im 19. Jahrhundert, hat sich mit den lagegeometrischen Beziehungen der graphischen Statik beschäftigt.

Als großer Geometer ist v. Staudt den Fachgelehrten allgemein bekannt; aber viele mögen ihn für einen einseitigen Geometer halten und nicht wissen, daß er verborgene zahlentheoretische Eigenschaften der Bernoullischen Zahlen entdeckt hat.

Noch weniger dürfte bekannt sein, daß Gauß in den Göttinger Gelehrten Anzeigen vom 5. 6. 1820 Herrn v. Staudt als Berechner zitiert, „Herrn v. Staudt, welcher sich gegenwärtig bei uns mit ausgezeichnetem Eifer und Erfolg dem Studium der mathematischen und astronomischen Wissenschaften widmet“. Und am 3. 9. 1820 schrieb Gauß an JOHANN E. BODE (Akademienmitglied 1808): „Die beiliegende Ephemeride der Pallas ist diesmal von Herrn v. Staudt berechnet, einem jungen Mann von ausgezeichneten Talenten“.

Der (nicht unmittelbare) Nachfolger v. Staudts auf dem Erlanger Lehrstuhl wurde 1872 FELIX KLEIN\* (s. S. 4). Er ist die glänzendste Erscheinung unter den deutschen Mathematikern seiner Zeit, dank seiner raschen Auffassungskraft und der vollendeten Beherrschung, mit der er die verschiedensten Gebiete der Mathematik untereinander zu verbinden verstand. Wenn ein Vortrag von sonst keinem Zuhörer verstanden wurde, vielleicht nicht einmal vom Vortragenden selbst, dann entwirrte Klein nachher die am Boden schleifenden Zügel des Vortrags und setzte auseinander, was der



Vortragende eigentlich hätte sagen sollen. Durch Kleins „Erlanger Programm“ (Vergleichende Betrachtungen über neuere geometrische Forschungen, 1872) ist diese fränkische Universitätsstadt in die Geschichte der Mathematik eingegangen. Nach Kleins Worten handelt es sich um folgendes: „Es ist eine Mannigfaltigkeit und in derselben eine Transformationsgruppe gegeben; man soll die der Mannigfaltigkeit angehörigen Gebilde hinsichtlich solcher Eigenschaften untersuchen, die durch die Transformationen der Gruppe nicht geändert werden . . . Man entwickle die auf die Gruppe bezügliche Invariantentheorie.“

Beispiel (von Klein herrührend, aber hier unter Beschränkung auf die Geometrie der Ebene anders als von Klein dargestellt). Der willkürliche Faktor der drei homogenen Koordinaten  $x_1 x_2 x_3$  eines Punktes der Ebene (vgl. die drei letzten Zeilen von S. 19) wird so festgelegt, daß

$$(46) \quad x_1^2 + x_2^2 + x_3^2 = 1$$

wird. Dann sind nur noch zwei verschiedene Zahlentripel einem Punkte äquivalent; ist  $x_1 x_2 x_3$  das eine, so ist  $-x_1 -x_2 -x_3$  das andere. Von der Gruppe der Transformationen (27) wird nur die Untergruppe  $G$  beibehalten, bei der  $x_1^2 + x_2^2 + x_3^2$  invariant in  $y_1^2 + y_2^2 + y_3^2$  übergeht. Die Transformationen dieser Untergruppe  $G$  lassen sich leicht hinschreiben; die neun Konstanten  $a_{11}, a_{12}, \dots, a_{33}$  der allgemeinen Transformation (27) werden Funktionen dreier unabhängiger Zahlen, der sogenannten Eulerschen Winkel. Sind  $x_1 x_2 x_3$  und  $x'_1 x'_2 x'_3$  zwei beliebige Punkte  $P, P'$ , so bleibt auch der Ausdruck  $x_1 x'_1 + x_2 x'_2 + x_3 x'_3$ , dessen Wert, wie man leicht sieht, zwischen  $-1$  und  $+1$  liegt, bei den Transformationen der Gruppe  $G$  invariant:

$$(47) \quad x_1 x'_1 + x_2 x'_2 + x_3 x'_3 \equiv y_1 y'_1 + y_2 y'_2 + y_3 y'_3.$$

$P''$  sei ein Punkt der Strecke  $PP'$  (genauer gesagt: ein Punkt einer der beiden Strecken, in welche die Gerade  $PP'$  durch die Punkte  $P, P'$  zerfällt). Dann kann man durch eine Transformation der Gruppe  $G$  erreichen, daß die drei Punkte  $P, P', P''$  folgende Koordinaten haben:

$$(48) \quad \begin{aligned} P: & y_1 = 0, \quad y_2 = 0, \quad y_3 = 1; \quad P': y'_1 = 0, \quad y'_2 = \sin \vartheta', \quad y'_3 = \cos \vartheta'; \\ P'': & y''_1 = 0, \quad y''_2 = \sin \vartheta'', \quad y''_3 = \cos \vartheta'' \quad (0 < \vartheta'' < \vartheta' < \pi). \end{aligned}$$

Man definiert: Die Entfernung  $PP'$  zweier Punkte  $P, P'$  ist  $a\kappa$ , wenn

$$(49) \quad \cos \kappa = x_1 x'_1 + x_2 x'_2 + x_3 x'_3$$

ist ( $a$  ist eine beliebige positive Konstante,  $0 < \kappa < \pi$ ). Diese Definition ist dann und nur dann sinnvoll, wenn sich aus ihr zwischen den drei Entfernungen  $PP'$ ,  $PP''$ ,  $P''P'$  die Gleichung ergibt:  $PP' = PP'' + P''P'$ . Das ist aber der Fall; denn nach (47) ist

$$(50) \quad x_1 x'_1 + x_2 x'_2 + x_3 x'_3 = y_1 y'_1 + y_2 y'_2 + y_3 y'_3 = \cos \vartheta',$$

also  $PP' = a\vartheta'$ , ebenso  $PP'' = a\vartheta''$ . Die Entfernung  $P''P' = a\kappa$  ist definiert durch die Gleichung (51)

$$\cos \kappa = y_1 y'_1 + y_2 y''_2 + y_3 y''_3 = \sin \vartheta' \sin \vartheta'' + \cos \vartheta' \cos \vartheta'' = \cos(\vartheta' - \vartheta''),$$

somit Entfernung  $P'P'' = a\vartheta' - a\vartheta'' = PP' - PP''$ .

Die Länge jeder Geraden ist endlich

$$= a\pi \quad (x'_1 = -x_1, \quad x'_2 = -x_2, \quad x'_3 = -x_3, \quad \cos \kappa = -1, \quad \kappa = \pi).$$

Wie die Koordinaten eines Punktes durch die Forderung  $x_1^2 + x_2^2 + x_3^2 = 1$  normalisiert wurden, kann man die Gleichung  $u_1 x_1 + u_2 x_2 + u_3 x_3 = 0$  einer Geraden durch Division mit  $\pm \sqrt{u_1^2 + u_2^2 + u_3^2}$  in doppelter Weise auf eine Normalform

$$(52) \quad U_1 x_1 + U_2 x_2 + U_3 x_3 = 0 \quad \text{oder} \quad -U_1 x_1 - U_2 x_2 - U_3 x_3 = 0$$

mit  $U_1^2 + U_2^2 + U_3^2 = 1$  bringen. Hat man eine zweite Geradengleichung in der Normalform:

$$(53) \quad \begin{aligned} U'_1 x_1 + U'_2 x_2 + U'_3 x_3 &= 0, \text{ so ist} \\ U_1 U'_1 + U_2 U'_2 + U_3 U'_3 &= \cos \varphi \end{aligned}$$

invariant gegenüber den Transformationen der Untergruppe  $G$ .  $\varphi$  ist einer der beiden Winkel, den die beiden Geraden miteinander bilden ( $0 < \varphi < \pi$ ); der andere  $\pi - \varphi$  ergibt sich, wenn man  $U_v$  durch  $-U_v$  ersetzt ( $v = 1, 2, 3$ ).

Man nennt die hier in die Geometrie der Lage eingeführte, durch die Untergruppe  $G$  gekennzeichnete Maßgeometrie, in der zwei Gerade sich stets in einem Punkte schneiden, Riemannsche Geometrie, weil Riemann zuerst auf ihre Möglichkeit aufmerksam gemacht hat.

Die gewöhnliche Euklidische Geometrie erhält man, wenn man die Gruppe der Koordinatentransformationsgleichungen (27) der Geometrie der Lage auf eine andere Untergruppe  $G'$  beschränkt. Man schließt eine Gerade als uneigentliche oder als unendlich ferne aus, etwa die Gerade  $x_3 = 0$ , beschränkt die dritte der Gleichungen (27) auf  $y_3 = x_3$ , setzt

$$x_1/x_3 = x, \quad x_2/x_3 = y, \quad y_1/y_3 = X, \quad y_2/y_3 = Y.$$

Die zwei ersten der Gleichungen (27) gehen dann in die folgenden über:

$$(54) \quad x = a_{11}X + a_{12}Y + a_{13}, \quad y = a_{21}X + a_{22}Y + a_{23}.$$

Setzt man noch  $a_{11} = a_{22} = \cos a$ ,  $-a_{12} = a_{21} = \sin a$ , so hat man in (54) mit den drei willkürlichen Konstanten  $a$ ,  $a_{13}$ ,  $a_{23}$  eine Transformation der Gruppe  $G'$  der Euklidischen Geometrie.

Sind  $x, y$  und  $x', y'$  die Koordinaten (es sind jetzt kartesische Koordinaten) zweier Punkte  $P$  und  $P'$ , so bleibt  $(x-x')^2 + (y-y')^2$  invariant bei den Transformationen der Gruppe  $G'$ ; durch  $\sqrt{(x-x')^2 + (y-y')^2}$  wird die Entfernung  $PP'$  der Punkte  $P, P'$  definiert. Auf Grund dieser Definition kann man leicht beweisen: Wenn  $P''$  mit der Koordinaten  $x'', y''$  ein Punkt der Strecke  $PP'$  ist, dann besteht zwischen den drei Entfernungen  $PP', PP'', P''P'$  die Gleichung:  $PP' = PP'' + P''P'$ . Man kann nämlich durch eine passend gewählte Transformation der Gruppe  $G'$  den drei Punkten folgende Koordinaten geben:

$$P: x = y = 0; \quad P': x' > 0, y = 0; \quad P'': x'' (> 0 \text{ aber } < x'), y'' = 0.$$

Dann ist Entfernung  $PP' = x'$ ,  $PP'' = x''$ ,  $P''P' = x' - x''$ , also  $PP' = PP'' + P''P'$ .

Als dritte mögliche Geometrie neben der Riemannschen und der Euklidischen kann durch eine Untergruppe  $G''$  der Gruppe linearer Transformationen (27) die Lobatscheffskysche Geometrie charakterisiert werden, in der es in einer Ebene zu einer Geraden  $g$  durch einen außerhalb  $g$  gelegenen Punkt unendlich viele  $g$  nicht schneidende Gerade gibt. Man wird jetzt nicht nur die Punkte der Geraden  $x_3 = 0$  als uneigentliche ausschließen, sondern alle Punkte  $x_1, x_2, x_3$ , für die  $x_1^2 + x_2^2 - x_3^2 \geq 0$  ausfällt.

Indem man wieder über den willkürlichen Faktor  $\lambda$  verfügt, wird in der Lobatscheffskyschen Ebene jeder Punkt eindeutig durch ein Zahlentripel  $x_1, x_2, x_3$  bestimmt, für das  $x_3 > 0$  ist, und außerdem die Gleichung

$$(55) \quad -x_1^2 - x_2^2 + x_3^2 = 1 \quad \text{besteht.}$$

Es gibt eine Untergruppe  $G''$  der Gruppe linearer Substitutionen (27), bei der  $-x_1^2 - x_2^2 + x_3^2$  invariant in  $-y_1^2 - y_2^2 + y_3^2$  übergeht. Die Koeffizienten dieser Untergruppe können sofort hingeschrieben werden. Sind  $x_1, x_2, x_3$  und  $x'_1, x'_2, x'_3$  die Koordinaten zweier Punkte  $P, P'$ , so wird auch

$$(56) \quad -x_1x'_1 - x_2x'_2 + x_3x'_3 \equiv -y_1y'_1 - y_2y'_2 + y_3y'_3.$$

Der Zahlenwert dieser Invariante ist stets  $> 1$ ; setzt man ihn  $= \cos i\vartheta$  ( $i = \sqrt{-1}$ ), so ist  $a\vartheta$  die Entfernung  $PP'$  der beiden Punkte  $P$  und  $P'$ ; vgl. S. 21 f.



Im Jahre 1875 nahm Klein einen Ruf an die Technische Hochschule München an. Hier führte er eine Neuerung ein, die sich sehr bewährte und allmählich von allen deutschen Technischen Hochschulen übernommen wurde: Er vereinigte die Vielfalt der den Studenten zugemuteten mathematischen Vorlesungen (Differential- und Integralrechnung, Analytische Geometrie, Synthetische Geometrie, Algebraische Analysis) zu einer durch mehrere Semester fortgeführten Vorlesung über Höhere Mathematik.

Klein war kaum dreißig Jahre alt, als er Bayern verließ; zur vollen, sich weit über Deutschland hinaus erstreckenden Wirkung gelangte er erst durch seine Tätigkeit in Göttingen. Aber seine Anfänge in Erlangen und München waren schon so hervorragend, daß ihm in dem vorliegenden Bericht ein besonderer Platz zukommt.

Auf seine zahlreiche Abhandlungen (sie wurden zu Kleins Lebzeiten in drei Bänden herausgegeben) kann hier ebensowenig eingegangen werden wie auf seine Lehrbücher und seine Göttinger Vorlesungen, die gedruckt und autographiert veröffentlicht wurden. Nur sein für seine Arbeitsweise bezeichnendes Buch über das Ikosaeder und die allgemeine Gleichung fünften Grades werde besonders erwähnt. Was hat das Ikosaeder (der bekannte von zwanzig gleichseitigen Dreiecken begrenzte Körper) mit der Gleichung fünften Grades zu tun? Es gibt (wenn man das Belassen in der alten Lage mit zu den Drehungen rechnet) eine Gruppe von sechzig Drehungen  $D_\nu$  ( $\nu = 1, 2, \dots, 60$ ), die das Ikosaeder in sich überführen. Andererseits gibt es (wenn man das Belassen jeder der fünf Zahlen  $b_1, b_2, \dots, b_5$  an ihrer Stelle mit zu den Vertauschungen rechnet) sechzig eine Gruppe bildende Vertauschungen  $S_\nu$  ( $\nu = 1, 2, \dots, 60$ ) der fünf Nullstellen  $b_1, b_2, \dots, b_5$  einer ganzen rationalen Funktion  $g_5(x)$ , welche den Wert des Ausdrucks

$$(57) \quad (b_1 - b_2)(b_1 - b_3)(b_1 - b_4)(b_1 - b_5)(b_2 - b_3)(b_2 - b_4)(b_2 - b_5) \cdot \\ \cdot (b_3 - b_4)(b_3 - b_5)(b_4 - b_5)$$

ungeändert lassen. Man kann die Numerierung der  $D_\nu$  und  $S_\nu$  so vornehmen, daß die Vertauschungen  $S_\mu$  und  $S_\nu$  ( $\mu, \nu = 1, 2, \dots, 60$ ) nacheinander ausgeführt stets die Vertauschung  $S_k$  ergeben, wenn die Drehungen  $D_\mu$  und  $D_\nu$  nacheinander ausgeführt der einen Drehung  $D_k$  äquivalent sind. Diese Gleichartigkeit der beiden Gruppen führte Klein zu einem Verfahren der Auflösung der Gleichung fünften Grades  $g_5(x) = 0$ .

In der Lehre von den algebraischen Funktionen fand Klein den Weg aus den engeren Betrachtungen der Schule Clebschs zu den genialeren Riemanns.

Er verwandte große Mühe auf den Versuch, folgenden Satz zu beweisen, den er das Grenzkreistheorem nannte und den er als Krönung der Theorie der algebraischen Funktionen ansah: Wenn die Gleichung  $G(xy) = 0$  (10) weder durch rationale Funktionen  $x = r_1(z)$ ,  $y = r_2(z)$  (32) befriedigt werden kann noch durch doppelperiodische Funktionen  $x = \varphi(u)$ ,  $y = \psi(u)$  (38), dann kann die zur Gleichung  $G(xy) = 0$  gehörige Riemannsche Fläche durch eindeutige Funktionen  $x(w)$ ,  $y(w)$  auf ein Kreisbogenpolygon der  $w$ -Ebene abgebildet werden. Es gibt eine Gruppe linearer Substitutionen

$$(58) \quad w = \frac{\alpha w' + \beta}{\gamma w' + \delta},$$

bei denen die Funktionen  $x(w)$ ,  $y(w)$  invariant bleiben.

Es gelang Klein trotz größter Kraftanstrengung nicht, seinen Grenzkreisatz zu beweisen. Nachdem HENRI POINCARÉ (1854–1912; Akademiemitglied 1908) ihn bewiesen hatte, zog sich Klein auf eine umfassende Lehrtätigkeit und ein weitverzweigtes organisatorisches Wirken zurück; siehe darüber insbesondere Seite 41. Wie jeder Gelehrte, aber wohl mehr als andere Gelehrte muß der Mathematiker König und Kärner zugleich sein. Er muß nicht nur mit Vorstellungskraft Zusammenhänge erschauen, er muß sie auch in oft mühsamer Kleinarbeit beweisen; und es kann ihm widerfahren, daß trotz langem schwerem Bemühen der Beweis nicht glückt. Klein war viel mehr König als Kärner; er konnte sich rühmen, nie einen Konvergenzbeweis geführt zu haben. Aber das war doch wohl un *défaut de ses vertus*.

Gewiß hatte er recht, wenn er fand, die Bewunderung für Riemanns geniale Intuition werde durch Beweislücken, die später ausgefüllt wurden, keineswegs beeinträchtigt. Aber auch das Beweisen (nicht zuletzt das Konvergenzbeweisen) erfordert nicht nur Logik, sondern auch Phantasie, Gedankenreichtum und Erfinderkraft. Es war schließlich Geschmacksache, wenn Klein Beweise, z. B. bei Euklid, langweilig fand. Zu seinen damit zusammenhängenden Bestrebungen, den Schulunterricht zu reformieren, drängten sich ihm Helfer zu, deren Reformeifer größer war als ihr Sachverständnis.

Bei den meisten großen Mathematikern, bei Archimedes und Newton, den Bernoullis und Euler, bei Laplace, Gauß, Cauchy, Riemann, Poincaré und manchen anderen waren reine und angewandte Mathematik eng vereint. Ja, man kann sagen, daß die Unterscheidung der Mathematik in reine und angewandte erst im 19. Jahrhundert geschah, eine notwendige Unter-

scheidung, die aber nicht zu verhindern braucht, daß ein Mathematiker, der die endlich erreichte vollkommene Strenge in Analysis und Geometrie zu schätzen weiß, einen offenen Sinn für die Anwendung behält. Aus der Verbundenheit mit den Anwendungen empfangen die Mathematiker immer neue Kräfte, wie Antäus aus dem mütterlichen Erdboden. Diese Verbundenheit schwächte sich im Hochschulunterricht des 19. Jahrhunderts ab, was sich dann auch auf den Unterricht an Gymnasien ungünstig auswirkte. Klein versuchte mit klarer Erkenntnis, aber mit zweifelhaftem Erfolg dem Übel zu begegnen durch Lehraufträge für angewandte Mathematik an den Universitäten und durch eine besondere Lehramtsprüfung für angewandte Mathematik neben der für reine Mathematik ohne Verpflichtung der Anwärter, beide Prüfungen abzulegen.

Die bayerische Prüfungsordnung, die seit Seidels und Bauers Zeiten (mit vielen inzwischen eingeführten Abänderungen) besteht, ist besser als die norddeutsche; sie verlangt von jedem Anwärter reine und angewandte Mathematik und Physik. Die für ganz Bayern einheitliche Prüfung gab Gelegenheit zu Zusammenkünften der Würzburger und Erlanger Akademiemitglieder mit Münchenern. Auch mit erfahrenen und einsichtsvollen Schulmännern trafen die bayerischen Hochschullehrer zusammen, um durch Abänderung der Prüfungsordnung ein freieres, nicht gar zu sehr auf das Examen gerichtetes Studium zu ermöglichen und so Begabungen der angewandten Mathematik zuzuführen.

Vorgänger Kleins an der Technischen Hochschule war OTTO HESSE\* (s. S. 4) gewesen. Er hatte in seiner Vaterstadt Königsberg unter Bessel, Neumann und FRIEDRICH RICHELLOT (1808–1875; Akademiemitglied 1854), dem Nachfolger Jacobis, studiert, war dann als Königsberger Dozent der Lehrer Clebschs gewesen. Von 1857 bis 1869 war Hesse Professor an der Universität Heidelberg. In München waren Hesse bis zu seinem Tode nur noch vier Jahre gegönnt; in die Akademie wurde er 1869 gewählt. Sein Arbeitsgebiet, mit dem das der Clebschschen Schule weithin übereinstimmte, war die Lehre von den algebraischen Kurven und Flächen im allgemeinen und die Untersuchung besonderer Kurven und Flächen. Mit unübertrefflicher Geschicklichkeit verstand Hesse die Analysis auf geometrische Probleme anzuwenden. Sein Lehrbuch der analytischen Geometrie war weit verbreitet. Die Normalform der Geradengleichung in Kartesischen Koordinaten, die aus der allgemeinen Form  $Ax + By + C = 0$



durch Division mit  $\sqrt{A^2 + B^2}$  entsteht, heißt heute noch die Hessesche Normalform. Setzt man in ihre linke Seite die Koordinaten  $xy$  eines beliebigen Punktes ein, so erhält man die Entfernung des Punktes von der Geraden.

Ist

$$(59) \quad f(x_1 x_2 x_3) = 0$$

in homogenen Koordinaten die Gleichung einer algebraischen Kurve  $C$ , so nennt man

$$(60) \quad \begin{vmatrix} f_{11} & f_{12} & f_{13} \\ f_{21} & f_{22} & f_{23} \\ f_{31} & f_{32} & f_{33} \end{vmatrix} \quad (\text{die an } f \text{ angehängten Nummern } 1, 2, 3 \text{ bedeuten} \\ \text{Differentiationen nach } x_1, x_2, x_3)$$

die zu  $C$  gehörige Hessesche Determinante  $H(f)$ . Sie ist eine Invariante, d. h.: Geht (59) infolge der Substitution (27) über in  $F(y_1 y_2 y_3)$ , und bedeutet beispielsweise  $F_{11}$  den zweiten Differentialquotienten von  $F(y_1 y_2 y_3)$  nach  $y_1$ , so ist

$$(61) \quad H(F) \equiv H(f).$$

Die Wendepunkte der Kurve (59) sind ihre Schnittpunkte mit der zugehörigen Hesseschen Kurve  $H(f) = 0$ .

Nach dem Tode Hesses gab die Münchener Akademie seine Gesammelten Werke heraus.

Als Klein in München die Nachfolge Hesses antrat, wurde in Erlangen PAUL GORDAN (s. S. 4) sein Nachfolger. Er hat den Satz bewiesen, daß zu einer homogenen Form  $g(x_1 x_2)$  beliebigen Grades  $n$  eine endliche Anzahl Invarianten gehören, die ganze rationale Funktionen der Koeffizienten von  $g(x_1 x_2)$  sind und durch die sich alle übrigen Invarianten, die rationale Funktionen dieser Koeffizienten sind, rational ausdrücken lassen. Wenige Jahre, nachdem Gordan durch den Beweis dieses Satzes von der Endlichkeit der Invariantenzahl der Form  $g(x_1 x_2)$  berühmt geworden war, bewies DAVID HILBERT (1862–1943; Akademiemitglied 1903) den nämlichen Satz viel einfacher und viel allgemeiner, nämlich für Formen  $G(x_1 x_2 \dots x_n)$  beliebig vieler homogener Veränderlicher.

Vielleicht hat man zu Gordans Zeiten die Invariantentheorie etwas überschätzt; jedenfalls war es eine Übertreibung, wenn man gegen Ende des 19. Jahrhunderts in Vorlesungen zu hören bekam: „Mathematik ist Invariantentheorie“, auch falls das Wort Invariante im weiteren Sinn des

Erlanger Programms gemeint war und nicht im engeren, sich auf die homogenen Formen beziehenden Sinn.

Als 1875 eine zweite Mathematikprofessur an der Universität Erlangen errichtet wurde, erhielt sie der Heidelberger Privatdozent MAX NOETHER\* (s. S. 4). Noether ist einer der schärfsten Denker der Clebschschule. Sein Arbeitsgebiet waren die algebraischen Kurven  $G(xy) = 0$  und algebraischen Flächen  $G(xyz) = 0$ , wobei die Kartesischen Koordinaten als komplexe Veränderliche gedacht waren, wie schon bei JULIUS PLÜCKER (1801–1868; Akademiemitglied 1859, Mathematiker und Physiker, Lehrer Kleins), Hesse und Clebsch. Die Methode war nicht funktionentheoretisch, sondern algebraisch, Hilfsmittel war außer der Elimination insbesondere die birationale Transformation. Die Kurven  $G_1(xy) = 0$  und  $G_2(zw) = 0$  sind birational aufeinander bezogen, wenn sowohl  $z, w$  rationale Funktionen von  $x, y$ , wie auch  $x, y$  rationale Funktionen von  $z, w$  sind. Es gibt Sätze, die allgemein für jede algebraische Kurve  $G(xy) = 0$  gelten, wenn man sie für eine besondere mit  $G(xy) = 0$  birational zusammenhängende Kurve beweisen kann.

Noether hat in Fortführung von Anfängen Clebschs die Lehre von den Kurven auf die Flächen übertragen und besonders in Italien Nachfolger gefunden. Als Beispiel seien im folgenden von den sehr vielen Arbeiten Noethers vier genannt: a, b, c, d; die zwei zuletzt genannten stammen von ihm und Brill gemeinsam.

a) Die Berliner Akademie hatte im Jahre 1882 für den Steinerpreis die Aufgabe gestellt, sämtliche Arten von Raumkurven vierter Ordnung aufzufinden (sie werden von jeder Ebene in vier Punkten geschnitten). Der Preis wurde Noether zuerkannt. In seiner 120 Druckseiten umfassenden Preisschrift behandelte Noether die Raumkurven der ersten 17 Ordnungen und außerdem noch einige Typen von Kurven der Ordnungen 20, 22, 28, 50.

b) Die algebraische Kurve  $f(xy) = 0$  geht, wenn  $f(xy)$  die Form

$$(62) \quad f(xy) = A(xy) G_1(xy) + B(xy) G_2(xy)$$

hat ( $A, B, G_1, G_2$  ganze rationale Funktionen), offenbar durch die Schnittpunkte der Kurven  $G_1(xy) = 0$  und  $G_2(xy) = 0$  hindurch.

Frage: Unter welchen Bedingungen läßt sich umgekehrt  $f(xy)$  in der Form (62) darstellen, wenn vorausgesetzt wird, daß die algebraische Kurve  $f(xy) = 0$  durch die Schnittpunkte der Kurven  $G_1(xy) = 0$  und  $G_2(xy) = 0$  geht? Die Antwort auf die Frage gibt das sogenannte Noethersche Fundamentaltheorem. Später hat Hilbert einen allgemeineren Satz bewiesen.

c) A. Brill und M. Noether: Über die algebraischen Funktionen und ihre Anwendung in der Geometrie 1873 (41 Seiten).



d) A. Brill und M. Noether: Bericht, erstattet der Deutschen Mathematiker-Vereinigung, über die Entwicklung der Theorie der algebraischen Funktionen in älterer und neuerer Zeit 1894 (487 Seiten). Ein Werk von erstaunlichem Fleiß und bewundernswerter Kenntnis einer kaum überschaubaren Literatur. Wieviel mag davon noch jetzt in Mathematiker-Köpfen lebendig sein?

## 15

Als Klein 1875 den Ruf an die Technische Hochschule München annahm, erreichte er die Errichtung einer zweiten Mathematikprofessur an dieser Hochschule. Sie wurde dem Darmstädter Professor ALEXANDER BRILL (s. S. 4), der zuvor Privatdozent in Gießen gewesen war, übertragen. Brills wurde schon Seite 28 als Freundes und Mitarbeiters von Noether gedacht. Sein Arbeitsgebiet überdeckt sich weitgehend mit dem Noethers. Er nahm 1884 einen Ruf an die Universität Tübingen an, wo er bis 1918 eine weitverzweigte Lehrtätigkeit ausübte und 1935 im 93. Lebensjahr starb. Unzählige Lehrer an württembergischen höheren Schulen waren seine dankbaren Schüler.

Klein hatte 1880 den bayerischen Staatsdienst verlassen und eine Professur in Leipzig angenommen. 1886 siedelte er nach Göttingen über, wo er bis zu seinem Tode (1925) wirkte. An der Münchener Technischen Hochschule wurde 1880 JAKOB LÜROTH (s. S. 4) Kleins Nachfolger. Er war zuvor (1867–1868) Privatdozent in Heidelberg, dann 1868–1880 Professor in Karlsruhe gewesen. Lüroth war wie Seidel und v. Staudt einer der zahlreichen Mathematiker, die zugleich ausgebildete Astronomen waren. Er hatte schon als Gymnasiast auf Grund eigener Beobachtungen die Ephemeriden eines kleinen Planeten berechnet und veröffentlicht. Bei der Astronomie konnte er nicht bleiben, weil seine Augen geschwächt waren. Aber den Sinn für die Anwendungen der Mathematik behielt er; davon zeugt u. a. ein Buch über numerisches Rechnen, das er schrieb. Um die kritisch genaue Theorie der Funktionen einer reellen Veränderlichen hat er sich sehr verdient gemacht durch die deutsche Bearbeitung des Dinischen Werkes *Fondamenti per la teorica delle funzioni di variabili reali*.

Lüroth blieb an der Technischen Hochschule München nur bis 1883, dann nahm er einen Ruf an die Universität Freiburg an. Seine Vorlesungen dort betrafen die verschiedensten Gebiete der Mathematik, und das gleiche gilt von seinen wissenschaftlichen Veröffentlichungen. Im einzelnen kann darüber nicht berichtet werden. Nur beispielsweise sei der folgende von

Lüroth bewiesene Satz erwähnt: Wenn die Gleichung  $G(xy) = 0$  (10) durch rationale Funktionen  $x = r_1(t)$ ,  $y = r_2(t)$  befriedigt werden kann:

$$(63) \quad G(r_1(t) r_2(t)) \equiv 0,$$

dann kann das so geschehen, daß auch  $t$  eine rationale Funktion von  $x$  und  $y$  ist (vgl. das Beispiel (33) S. 14). Nachfolger Lüroths an der Technischen Hochschule wurde 1885 AUREL VOSS\* (s. S. 4), der vorher Professor in Darmstadt und Dresden gewesen war. 1891 bis 1903 lehrte er an der Universität Würzburg, von 1903 ab an der Universität München. Hier starb er 1931 im 86. Lebensjahr.

Auch seine wissenschaftlichen Veröffentlichungen sind so zahlreich und so vielseitig, daß im einzelnen nicht über sie berichtet werden kann. Es seien hier drei seiner Veröffentlichungen erwähnt, die allgemeinverständlich sind, und die zu lesen auch heute noch Mathematikern und Nichtmathematikern empfohlen werden kann.

a) Über das Wesen der Mathematik (erweiterte Fassung der Festrede, die Voss 1908 in der Jahresfeier der Akademie gehalten hat. Zweite Auflage Teubner, Leipzig 1903);

b) Die Beziehungen der Mathematik zur allgemeinen Kultur (48 Seiten);

c) Über die mathematische Erkenntnis (148 Seiten).

b und c sind in dem Sammelwerk „Die Kultur der Gegenwart“ erschienen. Die drei genannten Schriften geben Zeugnis von der ungemeinen Belesenheit des Verfassers, von seinem richtigen Urteil und seiner hohen Darstellungsgabe.

Eines der bevorzugten Arbeitsgebiete von Voss war die Mechanik. In dem Mechanikbericht dieses Bandes wird Seite 119 eine Voss'sche Arbeit über die Tragweite des d'Alembertschen und anderer Prinzipie der Mechanik besprochen.

Die wissenschaftliche Mathematik hatte an der Universität Erlangen mit v. Staudt begonnen, an der Universität München mit Seidel, an der Technischen Hochschule mit Hesse; sie begann in Würzburg mit FRIEDRICH PRYM, der im Jahre 1869 an die dortige Universität berufen wurde, nachdem er vorher Professor am Züricher Polytechnikum gewesen war. Er war einer der wenigen unmittelbaren Schüler Riemanns, einer der ganz wenigen, die Riemann völlig verstanden haben. Durch seine Dissertation wurde das Verständnis Riemanns weiter ausgebreitet; sie wurde z. B. auch von Clebsch

eifrig studiert. Von den funktionentheoretischen Arbeiten Pryms, die sich durch sorgfältige und zuverlässige Beweisführung auszeichnen, sei eine genannt, deren Ergebnis in Lehrbücher übergegangen ist:

Die Funktion  $\Gamma(a)$ , die zunächst nur für  $a = 1, 2, 3, \dots, n, \dots$  definiert ist:

$$(64) \quad \Gamma(1) = 1, \quad \Gamma(2) = 1, \quad \Gamma(3) = 1 \cdot 2, \dots \quad \Gamma(n) = 1 \cdot 2 \cdot 3 \dots (n-1),$$

wurde schon durch Euler mittels des Integrals

$$(65) \quad \Gamma(a) = \int_0^{\infty} x^{a-1} e^{-x} dx$$

für alle komplexen  $a = \sigma + i\tau$  erklärt, deren Realteil  $\sigma > 0$  ist. Es gelang Prym, die Definition auf alle komplexen  $a$  auszudehnen; an den Stellen  $a = -n$  ( $n = 0, 1, 2, 3, \dots$ ) wird die Funktion  $\Gamma(a)$  unendlich. Die Funktion

$$(66) \quad \Gamma(a) = \left( \frac{1}{a} - \frac{1}{a+1} + \frac{1}{1 \cdot 2(a+2)} - \frac{1}{1 \cdot 2 \cdot 3(a+3)} + \dots + \frac{(-1)^n}{1 \cdot 2 \dots n(a+n)} + \dots \right)$$

ist in der ganzen komplexen  $a$ -Ebene endlich und stetig.

Später hat Prym zusammen mit seinem Schüler GEORG ROST (s. S. 5) ein umfangreiches Buch „über die Theorie der Prymschen Funktionen erster Ordnung im Anschluß an die Schöpfungen Riemanns“ geschrieben und es schön ausgestattet (er war ein reicher Mann) an viele hundert Mathematiker verschenkt (1911), ohne damit das im 20. Jahrhundert rasch abnehmende Interesse einer neuen Mathematikergeneration an den schwierigen Problemen der auf einer Riemannschen Fläche definierten Funktionen wieder anfachen zu können. Rost, ein kenntnisreicher Mathematiker und klarer Dozent, hat einen großen Teil seiner wissenschaftlichen Laufbahn (Promotion 1892, Habilitation 1901 Würzburg, mit Schriften über Substitutionsgruppen und über Riemannsche  $\vartheta$ -Funktionen, o. Professor Würzburg 1906) als Mitarbeiter seines eigenwilligen Lehrers Prym verbracht, so daß die meisten seiner Leistungen von denen Pryms nicht zu trennen sind. An der Universität Würzburg hat er auch die Astronomie vertreten; siehe Seite 52.

Als Seidel von der Verpflichtung Vorlesungen zu halten entbunden worden war, wurde 1893 als sein Nachfolger FERDINAND LINDEMANN\* (s. S. 4) berufen, der Professor an der Universität Freiburg, vorher an der Universität Königsberg gewesen war. Er hatte als dankbarer Schüler Clebschs dessen Vorlesungen über Geometrie mit großem Fleiß und großer Mühe herausgegeben. Es wäre gewiß auch keinem anderen geglückt, die Begeisterung, die das gesprochene Wort des Lehrers Clebsch bei seinen Zuhörern erweckte, auf die kritischeren Leser eines die Vorlesungen wiedergebenden Buches zu



übertragen. Aber durch eine andere Leistung hat Lindemann erreicht, daß von den Namen aller Mathematiker, die der Bayerischen Akademie angehört haben, der seine die meiste Aussicht hat, auf Jahrhunderte hinaus berühmt zu bleiben. Lindemann hat das jahrtausendealte Problem der Quadratur des Zirkels erledigt, indem er 1882 bewies (vgl. Nr. 4 S. 7), daß  $\pi$  keiner Gleichung von der Art (2) genügt, daß es also nicht möglich ist, mittels Zirkel und Lineal ein einem gegebenen Kreis flächengleiches Quadrat zu konstruieren. Der französische Mathematiker CHARLES HERMITE (1822–1901; Akademiemitglied 1878) hatte schon 1873 bewiesen, daß die Zahl  $e$  (vgl. Nr. 4 S. 8) einer solchen Gleichung nicht genügt. Da der Hermitesche Beweis für  $e$  Vorbild des Lindemannschen für  $\pi$  war, gebührt Hermite ein Anteil am Ruhme Lindemanns.

Auch sonst hat sich Lindemann gern an besonders schwierigen Aufgaben versucht; aber er verlor beim Höhenflug seiner Gedanken manchmal den Boden unter den Füßen. In einer Vorlesung sagte er einmal: „Meine Herrn! Sie kennen die Zahl  $\pi = 3,41\dots$ , oder heißt es  $3,14\dots$ ?“. Dabei war er reich an Kenntnissen und Ideen und ein anregender Lehrer. Von den vielen Schülern, die bei ihm promoviert haben, seien nur zwei genannt: in Königsberg Hilbert und in München Perron.

## 17

ALFRED PRINGSHEIM\* (s. S. 4) hatte sich an der Münchener Universität 1877 habilitiert und war dort 1886 ao., 1901 o. Professor geworden. In die Akademie wurde er im Jahre 1904 gewählt.

Pringsheim war kein unmittelbarer Schüler von Weierstraß; aber erfüllt von hoher Bewunderung für die Schönheit des strengen Aufbaus der Weierstraßschen Lehre von den Zahlen und den Funktionen war er in Deutschland wohl der erfolgreichste Vermittler und Fortentwickler Weierstraßscher Ideen.

Die Aufgabe, welche seine Zeit dem Hochschullehrer der Mathematik als eine der wichtigsten stellte, nämlich den Sinn für absolute Strenge der Beweisführung bei den Hörern zu erwecken, hatte er klar erkannt und er verstand es, diese Hörer zugleich zu belehren und zu entzücken. Als ihm im Jahre 1904 die Ehre zufiel, die Festrede der Akademie zu halten, sprach er ernst über das ernste Thema „Wert und angeblicher Unwert der Mathematik“ und freute sich doch sehr, als er ein paarmal seine Zuhörer zu herzhaftem Lachen brachte. Er beschäftigte sich besonders erfolgreich mit der Konvergenz und Divergenz unendlicher Prozesse, mit der Darstellung



reeller Funktionen (besonders durch trigonometrische Reihen), mit der Taylorschen Reihe, mit Dirichletschen Reihen (Beispiel einer Dirichletschen Reihe:

$$\frac{1}{1^s} + \frac{1}{2^s} + \frac{1}{3^s} + \dots \quad (s \text{ komplexe Zahl } \sigma + i\tau, \sigma > 1)$$

mit dem Cauchyschen Integralsatz, mit den sogenannten ganzen transzendenten Funktionen (das sind Potenzreihen  $\mathfrak{P}(z)$ , die für jedes komplexe  $z$  konvergieren). Seine gegen Ende seines Lebens im Druck erschienenen Vorlesungen zeigen die Klarheit seines Stils und die Sauberkeit seiner Beweisführung; daß das Vergnügen am Vortrag seiner lebenssprühenden Persönlichkeit sich nicht durch den Druck übertragen ließ, ist selbstverständlich.

Pringsheim war die Seele eines Münchener mathematischen Kränzchens, dessen Vorträge und Nachsitzungen gut besucht waren. Eines Tages verlangte ein Privatdozent der Universität mit Berufung auf die nationalsozialistische Partei (jeder kleine Parteiangestellte verkörperte die Partei), daß Pringsheim, Liebmann und Hartogs nicht mehr an dem Kränzchen teilnahmen. Bei den damaligen rechtlosen Zuständen hätten sich die drei Mathematiker Mißhandlungen ausgesetzt, wenn sie der Partei getrotzt hätten. Den übrigen Mitgliedern des Kränzchens lag es fern, das Kränzchen ohne Pringsheim, Liebmann und Hartogs fortzuführen. Es hörte auf zu bestehen.

Die mathematische Veranlagung und Geschmacksrichtung Pringsheims war von der Kleins sehr verschieden. Pringsheim besaß nicht den weiten Blick Kleins über das Gesamtgebiet der Mathematik und ihrer Anwendungen, war aber um so gründlicher im engeren Bezirk, während Kleins umfassende Schau an Einzelheiten leichter vorbeisehen konnte. Der Gegensatz der beiden Mathematiker kam zum Ausdruck in einem höflich und verbindlich geführten Streitgespräch auf der Tagung der Deutschen Mathematiker-Vereinigung in Halle 1907.

Pringsheim hatte auseinandergesetzt, daß er in Anfangsvorlesungen eine genaue Erklärung des Rechnens mit irrationalen Zahlen als nötige Voraussetzung für eine Einführung in die Differential- und Integralrechnung ansehe (s. Nr. 3 S. 6). Klein hatte heftig widersprochen und die These verfochten, die Berufung auf die geometrische Anschauung als Beweismittel oder als vorläufiger Beweisersatz sei das didaktisch einzig Mögliche in Anfängervorlesungen. Pringsheim antwortete mit Witz und Schlagfertigkeit; er hatte das leichtere Spiel, weil er die bessere Sache vertrat. Allmählich drang er überall mit seiner Auffassung durch; während Klein 1907 in Pringsheim nur einen vereinzelt Außerseiter gesehen hatte, stellte

er 1926 fest: „Weierstraß eröffnete seinen Vorlesungszyklus jedesmal mit einer genauen Erörterung über das Wesen der Irrationalzahl, wie es seitdem bis zum Überdruß Sitte geworden ist.“

## 18

WALTHER DYCK\* (s. S. 4) wurde durch die Vorlesungen Brills und Kleins bewogen, Mathematik zu studieren. Er wurde in München Assistent Kleins und ging als solcher mit Klein nach Leipzig, wo er sich habilitierte. Als Brill den Ruf nach Tübingen annahm, wurde Dyck 1884 sein Nachfolger an der Technischen Hochschule München. Seine wissenschaftliche Tätigkeit begann er mit Untersuchungen über Gruppen im allgemeinen und über die Vertauschungsgruppen von  $n$  Buchstaben. Später schrieb er über Kurven, die durch Differentialgleichungen definiert sind, und über Analysis situs.

Gleich seinem verehrten Lehrer und Vorbild Klein hatte Dyck große Neigung und große Begabung zu organisatorischer Tätigkeit. Er stand zwölf Jahre lang an der Spitze der Münchener Technischen Hochschule und hat sich große Verdienste um deren äußeren und inneren Ausbau erworben, um umfangreiche Vergrößerungen und um die Erreichung der vollen Gleichberechtigung seiner Technischen Hochschule und damit der deutschen Technischen Hochschulen überhaupt mit den Universitäten.

Ein besonderes Anliegen Dycks war es, dem Mathematiker und Astronomen Johannes Kepler durch eine würdige Herausgabe seiner Werke ein Denkmal zu setzen. Es gelang ihm, die Akademie zur Übernahme dieser Aufgabe zu bewegen und den geeigneten Bearbeiter in Max Caspar zu finden, der schon von seinem Lehrer Brill, bei dem er 1908 promoviert hat, auf die Spur Keplers gewiesen worden war. Als Caspar 1956 starb, lagen zwölf Bände, mehr als die Hälfte des Gesamtwerks, vor; es ist zu hoffen, daß dieses unter der Leitung Franz Hammers, des bisherigen Mitarbeiters Caspars, im Laufe der nächsten Jahre zum Abschluß kommen wird.

Im Jahre 1893 veranstaltete Dyck anlässlich der Tagung der Deutschen Mathematiker-Vereinigung eine Ausstellung mathematischer Instrumente und Modelle in München. Außer Modellen von auswärts wurden mehr als hundert Flächenmodelle ausgestellt, die an der Münchener Technischen Hochschule zu Zeiten Kleins und Brills angefertigt worden waren, darunter ein paar von Klein selbst, eines vom stud. math. Walther Dyck. Besonders bereichert wurde die Modellsammlung der Technischen Hochschule durch SEBASTIAN FINSTERWALDER\* (s. S. 4). Er hatte 1886 als Schüler Brills in Tübingen promoviert mit einer Arbeit über Brennflächen und Reflexion eines Lichtbündels an einer spiegelnden Fläche. Auch später beschäftigte er

sich mit geometrischer Optik, u. a. durch Herausgabe einer hinterlassenen Abhandlung Seidels. Im Jahre 1888 habilitierte er sich an der Technischen Hochschule München; seine Habilitationsschrift enthielt eine rein geometrische Ableitung einer kurz vorher von Staudé gefundenen mechanischen Konstruktion eines Ellipsoids, die der Konstruktion einer Ellipse als Ort der Punkte, für welche die Summe der Abstände von zwei festen Punkten konstant ist, entspricht, aber viel verwickelter ist. Im Jahre 1891 wurde Finsterwalder 29jährig als Nachfolger von Voss o. Professor an der Technischen Hochschule. Von Anbeginn an beruhte seine wissenschaftliche Tätigkeit auf einer angeborenen Kraft räumlicher Vorstellung. Von seinen Abhandlungen möge die für seine Denk- und Arbeitsweise typische über mechanische Beziehungen bei der Flächendeformation (1899) genannt werden. Diese mathematischen Untersuchungen wurden (was auch für Finsterwalders Arbeitsweise kennzeichnend ist), durch Modelle anschaulich gemacht. Überhaupt verstand es Finsterwalder in seltenem Maße, die Mathematik mit Anwendungen zu verknüpfen. Die ursprüngliche Bedeutung des Wortes Geometrie ist im Sprachgebrauch verblaßt und wurde auf das andere Fremdwort Geodäsie übertragen. Für Finsterwalder blieb die enge Verwandtschaft von Geometrie und Geodäsie lebendig. Die Photographie hatte im neunzehnten Jahrhundert wie der Astronomie auch der Geodäsie neue Möglichkeiten geschenkt; für die mathematische Begründung der Photogrammetrie, die der Herstellung von Landkarten neue Wege eröffnete, hat Finsterwalder wertvolle Forscherarbeit geleistet. Darüber, über seine Gletschervermessungen und insbesondere über seine Tätigkeit in der Bayerischen Akademiekommission für internationale Erdmessung wird in den Artikeln Geodäsie und Topologie dieses Bandes berichtet. Hier sei nur noch erwähnt, um das Ende dieses Abschnitts mit seinem Anfang zu verbinden, daß Finsterwalder eine große Anzahl Polyedermodelle, die er als entpflichteter Professor entworfen hatte, der Technischen Hochschule geschenkt hat. (Vgl. den Beitrag „Topographie“ S. 62.)

Als 1912 der Professor der Darstellenden Geometrie an der Technischen Hochschule München LUDWIG BURMESTER (s. S. 4) entpflichtet wurde, vertauschte Finsterwalder seinen Lehrstuhl für Höhere Mathematik mit dem für Darstellende Geometrie, der wohl seiner Wesensart noch mehr entsprach. Burmester hatte in seinem Lehrbuch der Kinematik das Wissen seiner Zeit über dieses wichtige Gebiet der angewandten Mathematik zusammengestellt und durch eigene Forschung ergänzt.

Auf die von Finsterwalder aufgebene Professur der Höheren Mathematik wurde HEINRICH BURKHARDT (s. S. 4), damals Professor an der Universität Zürich, berufen. Burkhardt war Hörer sowohl von Weierstraß wie



von Klein gewesen, bei Klein war er auch Assistent; 1889 hat er sich in Göttingen habilitiert. Er zeichnete sich durch eine überaus weitgespannte mathematische Bildung aus. Dies zeigte sich auch in der Reichhaltigkeit seiner Veröffentlichungen, die den verschiedensten Gebieten der Mathematik angehörten. Burkhardts vielgelesene funktionentheoretische Lehrbücher gingen davon aus (und das ist ein Verdienst, das auch seine Kritiker anerkennen), daß es nur eine Funktionentheorie gibt, nicht getrennt eine Cauchy-Riemannsche und eine Weierstraßsche.

## 19

HEINRICH LIEBMANN (s. S. 5) hatte 1895 in Jena promoviert und sich 1899 in Leipzig habilitiert. Dort stand er in persönlichem und wissenschaftlichem Verkehr mit CARL NEUMANN (1832–1925; Akademiemitglied 1895), dem Sohne des Königsberger Professors Franz Neumann. Carl Neumann hat 1865 ein Buch über Riemanns Theorie der Abelschen Integrale herausgegeben, das sich durch strengere Beweisführung und leichtere Verständlichkeit vor dem im Jahre darauf erschienenen Werke von Clebsch und Gordan auszeichnet. Neumann hat mit großem Scharfsinn ein nicht ganz sicheres funktionentheoretisches Beweisverfahren Riemanns durch ein einwandfreies ersetzt. Die gleiche Leistung hat auf andere Weise HERMANN AMANDUS SCHWARZ (1843–1921; Akademiemitglied 1912) vollbracht.

Liebmann war von 1910 bis 1920 Professor an der Technischen Hochschule München, 1920 wurde er Professor in Heidelberg. Als ihm die damalige verbrecherische Gewaltregierung die Ausübung seiner Lehraufgabe unmöglich machte, kehrte er 1936 nach München zurück, wo er, ohne dort wieder Vorlesungen halten zu können, nach drei Jahren starb. Pringsheim konnte nicht einmal seinen Lebensabend in Deutschland verbringen. Er starb in Zürich. Von den wissenschaftlichen Arbeiten Liebmanns sei, wie das im vorausgehenden auch bei anderen Mathematikern geschehen ist, als Beispiel nur eine erwähnt, die seinen Namen bekannt gemacht hat: Er hat bewiesen, daß eine konvexe geschlossene Oberfläche (z. B. die eines Ellipsoids) nicht verbogen werden kann. Auch durch ein Lehrbuch der Nichteuklidischen Geometrie hat Liebmann sich verdient gemacht.

Als Finsterwalder entpflichtet wurde, wurde 1932 der Professor der Technischen Hochschule Karlsruhe RICHARD BALDUS (s. S. 5) sein Nachfolger auf dem Lehrstuhl für Geometrie an der Technischen Hochschule München. Zwei Jahre später übernahm er als Nachfolger Dycks dessen Lehrstuhl für Höhere Mathematik. Baldus hatte in München und Erlangen studiert, in Er-

langen promoviert und sich dort habilitiert. Von seinen geometrischen Leistungen (sie beschränken sich nicht auf das Feld seiner Erlanger Lehrer) seien erwähnt ein vereinfachter Beweis für den v. Staudtschen Satz vom Vorhandensein von dreizehn verschiedenartigen Kollineationen im Raum (eine Kollineation ist eine Abbildung, bei der jedem Punkt ein Punkt, jeder Geraden eine Gerade entspricht) sowie eine Vereinfachung des Hilbertschen Axiomensystems für die Geometrie. So wie im 19. Jahrhundert durch die Einführung der irrationalen Zahlen das Ideal vollkommener Strenge der Arithmetik und Analysis erreicht wurde, ebenso wurde durch die Grundlagenforschung die Elementargeometrie zu einem völlig gesicherten Lehrgebäude, wie es gewiß Euklid vorschwebte, ohne daß es ihm gelungen wäre, es ohne Mängel aufzuführen. Den Schlußstein bildeten Hilberts Untersuchungen, zu denen andere, wie Moritz Pasch (1843–1930), gründliche Vorarbeit geleistet haben. Wie Liebmann hat auch Baldus ein Buch über Nichteuklidische Geometrie geschrieben; beide Bücher sind sehr verschieden aufgebaut und geeignet, einander zu ergänzen.

## 20

CONSTANTIN CARATHÉODORY\* (s. S. 5), der 1904 in Göttingen promoviert und sich dann dort 1905 habilitiert hatte, wurde, nachdem er Professor an den Technischen Hochschulen Breslau und Hannover gewesen war, 1913 Kleins Nachfolger in Göttingen. Es gab außer ihm, wenn man von Hilbert absieht, der schon Professor in Göttingen war, und dessen späterer ebenbürtiger Nachfolger HERMANN WEYL (1885–1955; Akademiemitglied 1951) 1913 erst 27 Jahre alt war, damals in Deutschland kaum einen anderen Mathematiker, der auf Grund umfassenden Überblicks über die gesamte reine und angewandte Mathematik berufen gewesen wäre, Klein zu ersetzen. Im Jahre 1918 nahm Carathéodory einen Ruf an die Universität Berlin an. 1920 versuchte er im Auftrag der griechischen Regierung in der Stadt Smyrna, die nach dem ersten Weltkrieg Griechenland zugesprochen worden war, eine Universität zu gründen. Der Versuch wurde durch die türkische Wiedereroberung Smyrnas vereitelt. 1924 nahm Carathéodory einen Ruf an die Universität München an. Soll auch bei ihm eine Abhandlung aus der Fülle seiner Schriften als bezeichnendes Beispiel erwähnt werden, so sei es der (auf der Vervollkommnung eines Picardschen Gedankens beruhende) Beweis des höchst merkwürdigen Picard-Landauschen Satzes; dieser Satz besagt: Wenn eine Potenzreihe

$$(67) \quad \mathfrak{P}(z) = a_0 + a_1 z + a_2 z^2 + \dots$$

in ihrem Konvergenzgebiet weder den Wert Null noch den Wert 1 annimmt, dann ist ihr Konvergenzradius kleiner als eine gewisse nur von  $a_0$  und  $a_1$  abhängige Zahl  $R(a_0, a_1)$ , die im Grenzfall auch unendlich werden kann.

Carathéodory schrieb mit gleicher beherrschender Leichtigkeit in deutscher, französischer, englischer und griechischer Sprache. Als Carathéodory emeritiert wurde, setzte ein Privatdozent der Technischen Hochschule, dem es gelungen war, sich mit Ach und Krach zu habilitieren, alle Hebel in Bewegung, um mit Hilfe der Nationalsozialistischen Partei Carathéodorys Nachfolger zu werden. Das konnte gerade noch verhindert werden.

Dank den Bemühungen HEINRICH TIETZES (geb. 1880, Akademiemitglied 1929) gab die Bayerische Akademie die Gesammelten Mathematischen Schriften Carathéodorys in fünf Bänden heraus. Von angewandter Mathematik enthält das Werk Arbeiten aus Thermodynamik, geometrischer Optik und Mechanik. Einige Schriften sind der Geometrie gewidmet, mehr als ein Band der Funktionentheorie und mehr als ein Band der Variationsrechnung. (Um den Fernerstehenden die Wortbedeutung zu erklären: Mittels Variationsrechnung findet man z. B. die kürzeste Verbindung zwischen zwei Punkten einer Fläche.) Jakob und Johann Bernoulli, Euler und LAGRANGE waren lange die großen Namen dieses Zweiges der Mathematik, bis Weierstraß in der zweiten Hälfte des 19. Jahrhunderts die Variationsrechnung durch neue Entdeckungen bereicherte.

Die Mathematik ist im 19. Jahrhundert nicht gerade in untereinander fremde Teilgebiete gefallen, aber sie hat neue Provinzen gewonnen, die eine gewisse Selbständigkeit besitzen und deren genaue Kenntnis nicht von jedem Mathematiker verlangt werden kann. Es ist daher nicht verwunderlich, wenn in einem Bericht über die Mathematik in der Bayerischen Akademie von wichtigen Sondergebieten nicht oder nur nebenbei oder nur in Beziehung auf auswärtige Mitglieder die Rede ist. Solche Sondergebiete sind die Mengenlehre, deren Begründer Georg Cantor (1845–1918) in der Mitgliederliste fehlt, während ARTHUR SCHÖNFLIES (1853–1928), der verdiente Verkünder und Verbreiter seines Ruhms, 1918 Mitglied wurde, ferner die Galoissche Gleichungstheorie; sie wurde erst im 20. Jahrhundert durch Perron vertreten, nachdem Bauer im 19. Jahrhundert seine Hörer nur in deren Vorhof eingeführt hatte; weiter die Theorie der linearen Differentialgleichungen und endlich die Zahlentheorie. Wegweisend für die Theorie der linearen Differentialgleichungen war die hypergeometrische Differentialgleichung

$$(68) \quad \frac{d^2 y}{dx^2} + \frac{\gamma - (a + \beta + 1)x}{x(1-x)} \frac{dy}{dx} - \frac{a\beta}{x(1-x)} = 0.$$

Sie hat die zwei voneinander unabhängigen Lösungen

$$(69) \quad y_1(x) = F(a\beta\gamma x) = 1 + \frac{a\beta}{1\gamma} x + \frac{a(a+1)\beta(\beta+1)}{1 \cdot 2 \gamma(\gamma+1)} x^2 + \dots,$$



$$(70) \quad y_2(x) = x^{1-\gamma} F(\alpha - \gamma + 1 \quad \beta - \gamma + 1 \quad 2 - \gamma \quad x),$$

die zunächst im Konvergenzgebiet der rechts stehenden Reihen<sup>1</sup> definiert sind; doch läßt sich die Definition auf eine über der  $x$ -Ebene ausgebreitete Riemannsche Fläche ausdehnen, deren Verzweigungspunkte an den Stellen  $0, 1, \infty$  liegen. Umläuft  $x$  eine dieser Stellen, so erfahren  $y_1(x), y_2(x)$  lineare Substitutionen

$$(71) \quad c_{11}y_1 + c_{12}y_2, \quad c_{21}y_1 + c_{22}y_2.$$

Diese Substitutionen bilden eine Gruppe. Mit der hypergeometrischen Differentialgleichung (68) haben sich in bedeutenden Arbeiten bedeutende Mathematiker beschäftigt: Leonhard Euler (1707–1783), Gauss, ERNST KUMMER (1810–1893; Akademiemitglied 1859), Jacobi, Riemann, Schwarz. Klein hat 1893/94 in Göttingen eine Vorlesung darüber gehalten, die autographiert wurde.

Die allgemeine lineare Differentialgleichung  $n$ ter Ordnung haben auf Anregung von Weierstraß insbesondere sein Schüler LAZARUS FUCHS (1833–1902; Akademiemitglied 1898) und dessen Schüler in zahlreichen Abhandlungen untersucht. Von den vielen späteren Autoren seien Poincaré, Picard, Perron genannt. Riemann hat 1887 das Problem gestellt, die Differentialgleichung  $n$ ter Ordnung zu finden, wenn die Gruppe von Substitutionen gegeben ist, die  $n$  Funktionen  $y_1(x) \dots, y_n(x)$  beim Umlauf der Veränderlichen  $x$  um gegebene singuläre Stellen erfahren. Das Riemannsche Problem wurde erst 1908 von J. PLEMELJ gelöst. Die hier im Zusammenhang mit den linearen Differentialgleichungen genannten zwölf Mathematiker wurden alle in die Bayerische Akademie gewählt mit Ausnahme Jacobis, Picards und Leonhard Eulers. Dessen Sohn JOHANN ALBERT EULER wurde 1762 in die Akademie gewählt. Im Jahre 1900 geschah es, daß die Wahlurkunde versehentlich an einen viel weniger bedeutenden Namensvetter des Gewählten geschickt wurde, aber der Namensvetter korrigierte das Versehen und schickte die Urkunde an den berühmten Mathematiker weiter, für den sie gedacht war.

Zahlentheoretisch wurde im 19. Jahrhundert in zweifacher Hinsicht Bedeutendes geleistet, erstens beginnend mit Gauß und Kummer, fortgeführt durch LEOPOLD KRONECKER (1823–1891; Akademiemitglied 1862), Richard Dedekind (1831–1916) u. a. in der Theorie der ganzen algebraischen Zahlen (das sind Zahlen, die einer Gleichung  $x^n + a_1x^{n-1} + a_2x^{n-2} + \dots + a_n = 0$  mit ganzzahligen Koeffizienten genügen), und zweitens in der Lehre von der Häufigkeit und der Verteilung der Primzahlen (hier sind neben anderen Forschern Dirichlet und Riemann zu nennen). Schon in den Elementen des Euklid ist bewiesen, daß es unendlich viele Primzahlen gibt. Um zu zeigen, wieviel

weiter die Neuzeit gekommen ist als das klassische Altertum, werde folgender Satz mitgeteilt: Wenn  $\Pi(n)$  die Anzahl der Primzahlen  $< n$  bedeutet, dann existiert für unendlich wachsendes  $n$  der Grenzwert des Quotienten

$$(72) \quad \Pi(n) : \frac{0,43429 \dots n}{10 \log n} \quad (\text{vgl. (3) S. 8})$$

und hat den Wert 1. Ist z. B.  $n$  eine 1 mit einer Milliarde angehängter Nullen, so ist  $\Pi(n)$  eine 99999991-stellige Zahl und ihre ersten Ziffern links sind 43429.

Die Deutsche Mathematiker-Vereinigung wurde im Jahre 1891 gegründet. Sie befaßte sich bald mit der Aufgabe, über neugewonnene als besonders wichtig angesehene Teilgebiete Berichte ausarbeiten zu lassen. Ein solcher Bericht war der im Jahre 1893 auf der Münchener Tagung erstattete Brill-Noethersche, von dem in Nr. 14 die Rede war. Die Vereinigung hatte schon damals mehr als 250 Mitglieder; unter ihnen befanden sich wie später wohl ausnahmslos sämtliche Hochschulprofessoren der Mathematik. Auf der Tagung des folgenden Jahres 1894 in Wien beschloß die Vereinigung auf Anregung FRANZ MEYERS (1856–1934; Akademiemitglied 1933), ein mathematisches Lexikon herauszugeben, und wandte sich an das ein paar Monate vorher gegründete Kartell der deutschen Akademien mit der Bitte um wissenschaftliche und finanzielle Unterstützung. Glücklicherweise erkannte man rechtzeitig die Unzweckmäßigkeit einer alphabetischen Anordnung und beschloß auf Dycks Antrag eine Darstellung der mathematischen Wissensgebiete in sachlich angeordneten Artikeln.

Die „Encyklopädie der mathematischen Wissenschaften“ (diesen Namen erhielt das geplante Werk) sollte eine Gesamtdarstellung der Mathematik und ihrer Anwendungen geben und die geschichtliche Entwicklung der mathematischen Methoden seit dem Beginn des 19. Jahrhunderts nachweisen. War es nicht mehr möglich, die Gesamtmathematik in einem Kopfe unterzubringen, so sollte sie in gedrängter Form in fünf Bänden untergebracht werden; dem Kenner eines Teilgebietes sollten so andere Teilgebiete zugänglich gemacht werden. Von den fünf Bänden, deren jeder auf 40 Bogen geschätzt wurde, sollten drei der reinen, zwei der angewandten Mathematik gewidmet sein. Als das Werk 1934 nach vierzig Jahren fertig war oder vielmehr als es damals abgeschlossen wurde, waren aus den geplanten fünf Bänden vierundzwanzig geworden mit insgesamt 1240 Bogen. Das Werk besteht aus mehr als 200 Artikeln; mehr als 200 Mitarbeiter, darunter solche

aus zehn fremden Staaten, waren an ihm beteiligt. Auch eine französische Bearbeitung war in Angriff genommen worden.

Selbstverständlich gab es unter den vielen Artikeln auch weniger gute, und selbstverständlich konnte man Fehlendes hinterher mit Bedauern vermissen und sagen, daß man lieber auf das und jenes, was aufgenommen worden war, verzichtet hätte; aber alles in allem war die Encyklopädie ein Erfolg, und es bleibt ein Ruhmesblatt der deutschen Akademien, daß auf den Titelseiten von Encyklopädiebänden steht: Herausgegeben im Auftrage der Akademien zu Göttingen, Leipzig, München und Wien.

Daß das große Werk überhaupt zustande kam, war in erster Linie das Verdienst Kleins. Niemand überblickte wie er das Gesamtgebiet der Wissenschaft; er sorgte für die Herstellung der Zusammenhänge zwischen den einzelnen Artikeln und für ihre Abstimmung aufeinander, kümmerte sich nicht nur um das große Ganze, sondern auch um tausend Einzelheiten, beriet sich mit den Mitarbeitern in zahlreichen Konferenzen und durch einen riesigen Briefwechsel.

Nächst ihm ist Dyck zu nennen, der vier Jahrzehnte bis zu seinem Tode als Vorsitzender der Akademischen Kommission tätig war. Er starb wenige Monate vor dem Erscheinen des letzten Bandes. Zu den ersten Artikeln gehören zwei schon vor 1900 erschienene Pringsheims: 1. Irrationalzahlen und Konvergenz unendlicher Prozesse, 2. Grundlagen der allgemeinen Funktionenlehre. Sie waren durch die Klarheit und Sicherheit ihrer Darstellung schwer erreichbare Vorbilder für spätere Bearbeiter; auch zum buchhändlerischen Erfolg des Unternehmens mögen sie beigetragen haben. Später schrieb Pringsheim noch den Artikel über Algebraische Analysis zusammen mit Georg Faber (Mitglied der Akademie 1921). Auf den an zweiter Stelle genannten Artikel Pringsheims folgte der von Voss über Differential- und Integralrechnung. Voss schrieb außerdem (ein Zeichen seiner Vielseitigkeit) noch zwei Artikel: „Abbildung und Abwicklung zweier Flächen auf einander“ und „Die Prinzipien der rationalen Mechanik“. In seinem Schlußwort zu dem Gesamtwerk nennt Carathéodory diesen Mechanikartikel von Voss als Beispiel eines von den zuallererst erschienenen Artikeln, die trotz der inzwischen vorangeschrittenen Entwicklung merkwürdig jung geblieben sind und noch heute mit Nutzen studiert werden können. An den Voss'schen Artikel über Abbildung und Abwicklung von Flächen schlossen sich zwei (zusammen hundert Seiten umfassende) Artikel von Liebmann an. 1. Berührungstransformationen, 2. Geometrische Theorie der Differentialgleichungen. Den Artikel über Beziehungen zwischen den verschiedenen Zweigen der Topologie schrieb Heinrich Tietze zusammen mit L. Viëtoris.



Besondere Verdienste um die Encyklopädie hat sich auch Burkhardt erworben. Er war nicht nur einer der Redakteure des in fünf Bänden erschienenen Analysisteils, er hat auch entsprechend dem ungewöhnlich großen Umfang seiner mathematischen Bildung nicht weniger als fünf Artikel geschrieben, zum Teil gemeinsam mit Mitarbeitern: 1. Endliche diskrete Gruppen, 2. (zusammen mit Ludwig Maurer) Kontinuierliche Transformationsgruppen, 3. (zusammen mit Franz Meyer) Potentialtheorie, 4. Trigonometrische Interpolation, 5. Trigonometrische Reihen und Integrale. Während die vier ersten Artikel sich einer knappen Darstellung befleißigten, wuchs der fünfte durch Aufnahme von Unwichtigem auf 536 Seiten an und mußte unfertig abgebrochen werden. Für den Artikel Photogrammetrie war von vornherein Finsterwalder der gegebene Verfasser. Er hat außerdem den Artikel Aerodynamik geschrieben, 1902, noch vor den ersten Flügen der Brüder Wright. In diesem Wissensgebiet stand am Anfang der kühne Versuch; aber wieviel Geistes- und Rechenarbeit steckt in der stürmischen Entwicklung seit den Maschinen der Brüder Wright bis zu den heutigen Flugzeugen.

Die Physik hat mit drei Bänden in der mathematischen Encyklopädie ihren Platz gefunden; sie läßt sich ebensowenig wie die Geodäsie (ein Band) und die Astronomie (zwei Bände) von der Mathematik trennen. ARNOLD SOMMERFELD\* (geb. 5. 12. 1868 Königsberg, gest. 26. 4. 1951 München, Mitglied der Akademie 1908) hatte, nachdem er seine wissenschaftliche Laufbahn als Göttinger Privatdozent der Mathematik begonnen hatte, im Analysisenteil der Encyklopädie als Aachener Professor der Mechanik den Artikel „Randwertaufgaben in der Theorie der partiellen Differentialgleichungen“ geschrieben. Als Münchener Professor der Theoretischen Physik schrieb er zusammen mit Reiff im Physikteil der Encyklopädie den Artikel: Standpunkt der Fernwirkung. Die Elementargesetze. Das Hauptverdienst Sommerfelds um die Encyklopädie aber besteht darin, daß er die Redaktion des Physikteils übernahm und hervorragende Gelehrte für ausgezeichnete Artikel gewann.

Die Hälfte der Artikel des Physikteils haben Mitglieder der Münchener Akademie (darunter vier Nobelpreisträger) geschrieben, zum Teil gemeinsam mit anderen Verfassern. Es gibt einen Begriff vom Inhalt des Physikteils und von der großen Beteiligung der Münchener Akademie an ihm, wenn der vorliegende Bericht mit der Nennung dieser Artikel schließt, der Sommerfeldsche wurde schon erwähnt; die Jahre, in denen die Verfasser in die Akademie gewählt wurden, sind in Klammern gesetzt:

JONATHAN ZENNECK (1916): Gravitation;

LUDWIG PRANDTL (1942): Technische Thermodynamik;

EDUARD STUDY (1927): Chemische Atomistik;

- ARTHUR SCHÖNFLIES (1915): Kristallographie;  
LUDWIG BOLTZMANN (1891): Kinetische Theorie der Materie;  
HENDRIK ANTON LORENTZ (1895): 1. Maxwells elektromagnetische Theorie,  
2. Elektronentheorie, 3. Theorie der magnetischen Phänomene;  
PETER DEBYE (1924): Stationäre und quasistationäre Felder;  
WOLFGANG PAULI (1950): Relativitätstheorie;  
WILHELM WIEN (1907): 1. Elektromagnetische Lichttheorie, 2. Theorie  
der Strahlung;  
MAX V. LAUE (1944): Wellenoptik.

Besonders erwähnt werde noch der Artikel von R. EMDEN (1916) über Thermodynamik der Himmelskörper in einem der Astronomiebände. Vergleiche den Bericht über R. Emden von Georg Joos Seite 113.

## 22

Die Enzyklopädie war kaum vollendet, da war sie schon veraltet, wenigstens in ihrem ersten Teil: Arithmetik und Algebra. Von ihm ist eine Neuausgabe im Werk. Auch die meisten der im 19. Jahrhundert herangewachsenen Mathematiker sind antiquiert; sie verstehen die moderne Mathematik, die von begabten Jüngeren mit viel Scharfsinn und viel Terminologie aufgebaut wird, nicht mehr. Wieweit die Jüngeren einander gegenseitig verstehen, ist schwer festzustellen. Manches, was vor zwei Menschenaltern in der reinen Mathematik hoffnungsvoll zu keimen und zu blühen schien, ist heute abgestorben. Und nach zwei weiteren Menschenaltern wird sicher manches von dem, was heute modern ist, außer Mode gekommen sein.

Die Zeit seit der Mitte des vorigen Jahrhunderts, über die im vorstehenden hauptsächlich berichtet wurde, war nicht nur eine Zeit großer Fortschritte auf allen Wissensgebieten, sondern auch eine Zeit, in der die Hochschullehrer als eine geistige Elite besonders geachtet waren, und die Akademiemitglieder sind ja wieder eine Auslese unter den Hochschullehrern. Seidel schrieb, als er der Münchener Philosophischen Fakultät seine Dissertation einreichte: „Man ist gewöhnt, mit der wissenschaftlichen Größe eines Mannes seine Humanität im gleichen Verhältnisse zu finden.“ Damit wird selbstverständlich nicht behauptet, daß hohe Intelligenz und großer Charakter stets gewissermaßen naturgesetzlich vereint seien. Aber eine Korrelation zwischen Intelligenz und Charakter besteht unzweifelhaft, und die Studenten sollten mit Recht in ihren Universitätslehrern nicht nur wissenschaftlich,

sondern auch menschlich Vorbilder erwarten dürfen. Bei Seidel wurden sie in dieser Hinsicht nicht enttäuscht, auch nicht bei seinen Nachfolgern Lindemann und Pringsheim; man darf neben dem amtlichen Nachfolger Lindemann auch Pringsheim als Nachfolger Seidels ansehen. Dabei waren Lindemann und Pringsheim in Temperament und Lebensumständen grundverschieden. Es soll selbstverständlich nicht gesagt sein, daß die erwähnte Korrelation nicht auch bei den anderen in diesem Bericht genannten Mathematikern vorhanden war, aber der Berichterstatter, der sich an manchen Stellen mit Beispielen begnügte, tut es auch hier.

Zu den Geschichten, die in der Nazizeit heimlich von Mund zu Mund gingen, gehört die folgende: Eine wohlwollende Fee wollte einem Knaben drei glückbringende Eigenschaften in die Wiege legen: 1. hohe Intelligenz, 2. guten Charakter, 3. Mitgliedschaft bei der Partei. Aber eine mächtigere Fee verhinderte die Absicht und bestimmte, daß ein Mensch höchstens zwei dieser Eigenschaften besitzen könne. Von den zehn Münchener Mathematikprofessoren, die in der Hitlerzeit Akademiemitglieder waren (auch hier handelt es sich nur um ein Beispiel), war kein einziger Nazi und (was nicht dasselbe ist) kein einziger war Parteigenosse. Den zehn Professoren verblieb also wenigstens die Anwartschaft auf die zwei ersten Gaben der freundlichen Fee.

Daß Lambert 1759 sich als Protestant in der damals vorwiegend katholischen Akademie nicht ganz wohl fühlte, wurde schon erwähnt. Die Zeiten haben sich inzwischen geändert. Von den einundzwanzig Akademiemitgliedern, über die (außer über Lambert) hier berichtet wurde, waren nur zwei Katholiken. Man darf aus dieser statistischen Feststellung weder schließen, daß sich Mathematik mit katholischem Bekenntnis oder vielmehr mit katholischem Taufschein schlecht verträgt, noch auch, daß die bayerischen Kultusminister lieber Nichtkatholiken zu Professoren ernannten.

Hätte die gebefreudige Fee außer Intelligenz und Charakter als dritte Gabe Gesundheit oder langes Leben in die Wiege gelegt, dann hätte die Oberfee keinen Einspruch erhoben. Es darf in diesem Zusammenhang eine weitere statistische Tatsache erwähnt werden: Das durchschnittliche Lebensalter der mehrfach erwähnten einundzwanzig Mathematiker beträgt mehr als 75 Jahre, das der zugehörigen sechs Münchener Universitätsprofessoren sogar mehr als 83 Jahre.

In der Meinung vieler Laien ist der Mathematiker ein pedantischer Logiker und langweiliger Rechner, ein unpraktischer Gelehrter, wie etwa der 170 cm lange Professor der Fliegenden Blätter, der in einem kleinen, 160 cm langen, 60 cm breiten Bett krumm lag, aufsteht, Länge und Breite des Bettes mißt, die Länge der Diagonale nach dem Pythagoräischen Lehrsatz berechnet, findet, daß sie  $> 170$  cm ist, und sich dann befriedigt in die Diagonale des



Bettes legt. Diesem falschen Bild vom Mathematikertypus möge zum Schluß ein vielleicht etwas geschmeicheltes gegenübergestellt werden durch Mitteilung einer der vielen Anekdoten, die man von Hilbert erzählt, und von denen einige sogar wirkliche Vorkommnisse wiedergeben: Ein Schüler sagte dem Meister Hilbert, er schwanke, ob er Dichter oder Mathematiker werden solle. Hilbert antwortete: „Werden Sie Dichter; für einen Mathematiker haben Sie zu wenig Phantasie.“

## ASTRONOMIE

*Von Georg Faber und Alexander Wilkens*

Im Mitgliederverzeichnis der Bayerischen Akademie der Wissenschaften finden sich die Namen von mehr als sechzig Astronomen und Sternwartdirektoren aus aller Welt; KARL FRIEDRICH GAUSS (1777–1855) und PIERRE SIMON LAPLACE (1749–1827) wurden 1808 gewählt, FRIEDRICH WILHELM BESSEL (1784–1846) 1842.

Als Geburtstag der Münchener astronomischen Forschung kann man den 16. August 1816 bezeichnen; an diesem Tage verfügte der Minister MONTGELAS\* die Erbauung der Sternwarte in Bogenhausen; dieses frühere Dorf ist inzwischen längst ein Stadtteil Münchens geworden, was ein schwerer Nachteil für die Sternwarte und die ihr später angeschlossenen Institute (erdmagnetisches Observatorium und Erdbebenwarte) ist. Die schon vor Jahrzehnten angeregte Verlegung scheiterte an den großen Schwierigkeiten, vor allem an den hohen Kosten. Einen gewissen Ersatz für die Verlegung der Sternwarte bedeuten die am Schluß dieses Berichtes erwähnten neu gegründeten Beobachtungsstätten auf dem Wendelstein. Der Bau der Bogenhauser Sternwarte und ihre Einrichtung wurde 1816–1819 in freundschaftlicher Zusammenarbeit mit GEORG REICHENBACH\* (1772–1826; Akademiemitglied 1808) und JOSEPH FRAUNHOFER\* (1787–1826; Akademiemitglied 1817) geleitet von JOHANN SOLDNER\* (1776–1833; Akademiemitglied 1813); er hat sich insbesondere auch als Geodät einen berühmten Namen erworben (s. den Beitrag Geodäsie S. 53). Soldner, der einen Ruf, die Leitung der Moskauer Sternwarte zu übernehmen, abgelehnt hatte, wurde der erste Direktor der neuerbauten Bogenhauser Sternwarte. Diese erhielt an Instrumenten einen Reichenbachschen Meridiankreis, ein Passageinstrument und einen Repeatingkreis. Es traf sich günstig, daß damals in Bayern die hervorragendsten Erbauer astronomischer Instrumente tätig waren: Fraunhofer, Reichenbach und JOSEPH UTZSCHNEIDER\* (1763–1840; Ehrenmitglied der Akademie 1818).

Über die wissenschaftliche Bedeutung Fraunhofers berichtet Walther Gerlach in dem Beitrag „Physik“ (S. 80). Utzschneider war nicht Forscher, sondern Finanzmann und Unternehmer, zeitweise (1818–1823) auch Bürgermeister von München. Seine Würdigung durch den Botaniker v. Martius in dessen Rede zum Akademischen Säcularfest 1859 findet sich Seite 55.

Die Instrumentenbauer verdienen in gleichem Maße eine ehrenvolle Erwähnung wie die rechnenden und beobachtenden Astronomen. Gauß schrieb, nachdem er Reichenbach in München besucht hatte, 1816 an Bessel: „Reichenbach ist ein genialer Mensch, bei dem die Astronomen nur bedauern müssen, daß die astronomischen Instrumente nicht sein Hauptgeschäft ausmachen. Dies sind vielmehr die hydraulischen Maschinen.“ Auch Laplace war voller Bewunderung für Reichenbach und seine Instrumente.

Fast noch mehr und allgemeiner als seine astronomischen Instrumente wurde seine „Wassersäulenmaschine“ bewundert, mit der die Sole der von Berchtesgaden nach Traunstein und Rosenheim führenden Salinenleitung über das Gebirge gepumpt wurde.

Durch die Beobachtungen WILHELM STRUVES (1793–1864; Akademiemitglied 1858) an einem Reichenbachschen Meridiankreis und an einem Fraunhoferschen Refraktor wurde die Sternwarte in Pulkowa bei Petersburg zu einer der angesehensten auf der Erde. Besonders berühmt wurde auch das Fraunhofersche Heliometer, mit dessen Hilfe Bessel in Königsberg die erste erfolgreiche Abschätzung der Entfernung eines Fixsterns von der Erde gelang.

Auf der Münchener Sternwarte wurden laufend die Koordinaten zahlreicher Sterne festgestellt und Anhaltspunkte sowohl für die Bahnbestimmung von Planeten und Kometen gewonnen wie für die Ableitung der Eigenbewegung der sogenannten Fixsterne. Fortlaufende meteorologische Beobachtungen auf der Sternwarte ermöglichten die Reduktion der gewonnenen astronomischen Daten auf eine Normaltemperatur und einen Normalluftdruck unter Berücksichtigung der Luftfeuchtigkeit.

Von den Abhandlungen Soldners mögen drei erwähnt werden: 1. In dem 1801 von JOHANN BODE (1767–1821; Akademiemitglied 1808) herausgegebenen Astronomischen Jahrbuch für das Jahr 1804 veröffentlichte Soldner einen Aufsatz mit dem Titel: „Über die Ablenkung eines Lichtstrahls von seiner geradlinigen Bewegung durch die Attraktion eines Weltkörpers, an welchem er nahe vorbeizieht.“

Eine in einen großen Zusammenhang gestellte, voll befriedigende Begründung erfuhr die Lichtstrahlablenkung im Gravitationsfelde erst durch ALBERT EINSTEIN (1879–1955; Akademiemitglied 1927). Nach Entdeckung der speziellen Relativitätstheorie berechnete Einstein 1911 die Ablenkung eines von einem Fixstern kommenden, am Sonnenrand nahe vorbeigehenden, auf der Erde beobachteten Lichtstrahls und fand den Wert  $0''$ . 83. Später verlangte die allgemeine Relativitätstheorie eine doppelt so große Ablenkung. Soldners Ergebnis würde mit dem Einsteinschen von 1911 auch zahlenmäßig übereinstimmen, wenn Soldner nicht unerklärlicherweise statt des richtigen Werts



der Gravitationskonstanten dessen Zweifaches benutzt und so auch den Winkel der Lichtstrahlablenkung fälschlich verdoppelt hätte.

2. Im Jahre 1809 veröffentlichte Soldner eine Monographie „Théorie et Tables d'une nouvelle fonction transcendente“. Es handelt sich um die Funktion

$$\int_0^x \frac{d\xi}{\log \xi},$$

die Soldner Integrallogarithmus nannte und mit  $li(x)$  bezeichnete. Name und Bezeichnung sind heute noch üblich, die meisten Benutzer wissen nicht, daß sie von Soldner herrühren. Bessel wurde durch das Studium der Soldnerschen Abhandlung zu einer Untersuchung der gleichen Funktion angeregt. Er prüfte auch und bestätigte durch Neuberechnung von Stichproben Soldners Tafelwerk.

3. Über eine in den Denkschriften der Münchener Akademie 1813 erschienene Arbeit Soldners „Neue Methode, beobachtete Horizonte zu reduzieren“ berichtete Gauß anerkennend in den Göttinger Gelehrten Anzeigen vom 23. 3. 1815. Zehn Briefe Soldners an Gauß werden im Göttinger Gauß-Archiv aufbewahrt. Die Briefe von Gauß an Soldner sind nicht mehr auffindbar.

Im Jahre 1835 wurde der bisherige Adjunkt der Sternwarte JOHANN LAMONT\* (geb. 13. 12. 1805 Braemar/Aberdeenshire, gest. 6. 8. 1879 München) Nachfolger Soldners als Vorsteher der Sternwarte; Bessel hat sich vergebens für KARL AUGUST STEINHEIL\* (1801–1870) verwendet. Der Briefwechsel Bessels und Steinheils wurde von der Bayerischen und der Preußischen Akademie gemeinsam herausgegeben. Lamont und Steinheil wurden im gleichen Jahr 1835 zu o. Mitgliedern der Akademie gewählt (Näheres über Steinheil in dem Beitrag „Physik“ S. 78).

Lamont, von Geburt Schotte, war im Regensburger Schottenkloster für den geistlichen Beruf, den er aber nicht ergriff, erzogen worden. Im Jahre seiner Ernennung wurde die Sternwarte durch einen Refraktor von  $10\frac{1}{2}$  Zoll (=  $18\frac{1}{2}$  cm) Öffnung bei einer Brennweite von 4,5 m bereichert. Das Objektiv stammte aus der Utzschneider-Fraunhoferschen Werkstätte. Dieses ausgezeichnete Instrument wird noch heute mit Erfolg benutzt.

Lamont, der 1852 auch zum Professor der von Landshut nach München verlegten Universität ernannt wurde, und seine Mitarbeiter setzten die unter Soldner begonnene Beobachtungstätigkeit fort und erweiterten sie. Es wurde in einer zonenmäßig angeordneten Messungsreihe ein Ortsverzeichnis von Sternen achter bis zehnter Größe angefertigt. Bis 1872 lagen rund 81000 Einzelmessungen in Rektaszension und Deklination vor. Die sogenannte Augen- und Ohrenmethode, bei der die Zeit des beobachteten Durchgangs

eines Sternes durch das Fadenkreuz mittels Abhörens der Schläge eines Uhrenpendels auf Zehntelsekunden genau abgeschätzt wurde, hat Lamont 1850 als erster in Europa durch die viel genauere elektrische Registrierung eines von ihm selbst konstruierten Chronographen ersetzt.

Das ruhmreichste Verdienst Lamonts war die Errichtung eines erdmagnetischen Observatoriums auf der Sternwarte (1840). Die Kosten dieser Gründung übernahm der damalige Kronprinz, spätere König MAX II\*. Die nötigen Instrumente wurden 1841 angeschafft. Viele Apparate für die astronomische, geophysikalische und meteorologische Forschung wurden auch in eigener Werkstatt gebaut, die im gleichen Jahr eingerichtet wurde und heute noch besteht. Lamonts erdmagnetisches Institut stand mit seinen mustergültig ausgeführten Messungen jahrzehntelang in der vordersten führenden Stellung dieser Forschung.

Von der Gesamttätigkeit Lamonts und seiner Mitarbeiter zeugen vierundzwanzig Bände der „Annalen der Sternwarte in München“ und viele andere Veröffentlichungen. Lamont hat sich über seinen Tod hinaus noch folgendes große Verdienst um die Wissenschaft erworben: Er hat der Universität München sein ansehnliches Vermögen vermacht, aus dessen Zinsen alljährlich angehende Astronomen, Mathematiker und Physiker Stipendien erhielten, bis am Ende des ersten Weltkriegs das Kapital durch die Geldentwertung zugrunde ging.

Nach dem Tode Lamonts (1879) blieb die Direktorstelle der Sternwarte drei Jahre lang unbesetzt. Die erdmagnetischen Arbeiten gingen zurück und wurden 1887 ganz eingestellt. Aber 1896 konnten sie wieder aufgenommen werden; es wurde eine neue Observatorstelle bewilligt, passende Räume wurden eingerichtet und moderne Instrumente angeschafft. Einen weiteren Fortschritt bedeutete 1904 die Einrichtung einer Erdbebenwarte auf dem Gelände der Sternwarte und die Anschaffung eines Wiechertschen Pendels.

Im Jahre 1882 wurde HUGO SEELIGER\* (1849–1924) zum Universitätsprofessor für Astronomie und zum Direktor der Münchener Sternwarte ernannt; im folgenden Jahre wurde er zum Mitglied der Akademie gewählt. Unter Seeliger, der 1872 in Leipzig promoviert, sich 1877 in Bonn und 1878 in Leipzig habilitiert hatte und der 1881–1882 Direktor der Herzoglichen Sternwarte in Gotha gewesen war, mußte vor allem das große Beobachtungsmaterial Lamonts bearbeitet werden. Die unter Lamont nur einmal gemessenen Sternkoordinaten (etwa ein Viertel) wurden von dem Observator JULIUS BAUSCHINGER (1860–1934; Akademiemitglied 1911) neu beobachtet. Bauschinger promovierte 1883 bei Seeliger, habilitierte sich 1888 an der Universität München, wurde 1898 Professor in Berlin und Direktor des Astronomischen Recheninstituts, 1909 Professor und Sternwartdirektor in

Straßburg, 1920 in Leipzig. Das Münchener Sternverzeichnis von 33082 Sternen bildet den ersten Band der von Seeliger herausgegebenen „Neuen Annalen“ der Sternwarte. Ein von Bauschinger beobachteter und bearbeiteter Nachtrag zum Münchener Sternverzeichnis erschien im zweiten Bande der Neuen Annalen mit den Örtern von 13200 Sternen.

Während Seeligers Amtstätigkeit wurden bauliche Veränderungen an der Sternwarte vorgenommen, die vorhandenen Instrumente verbessert und neue angeschafft, so ein Universalinstrument und ein fünfzölliger Steinheil'scher Refraktor. Die Steinheil'sche optische Anstalt, die in München von Karl August Steinheil gegründet worden war und von seinen Nachkommen fortgeführt wurde (ADOLF STEINHEIL wurde 1888 Mitglied der Akademie), war damals in den Vordergrund gerückt; sie besteht noch heute. 1890 wurde der aus dem Jahre 1819 stammende Reichenbach'sche Meridiankreis, der sich jahrzehntelang als außerordentlich nützlich erwiesen hatte, der aber allmählich unmodern geworden war, durch einen neuen mit 6zölligem Objektiv und 2 m Brennweite ersetzt, der von der damals den ersten Rang behauptenden Hamburger Repsold'schen Werkstatt geliefert wurde.

Die Photographie erwies sich immer mehr als unvergleichliches Hilfsmittel für die verschiedensten Gebiete der Astronomie; ein astrophotographisches Doppelfernrohr von Zeiß wurde 1900 für die Sternwarte erworben. Es diente u. a. mit zahlreichen Aufnahmen der Abzählungsaufgabe Seeligers zur räumlichen Verteilung der Fixsterne. Als in der zweiten Hälfte des 19. Jahrhunderts die Photographie dem menschlichen Auge zur Hilfe kam bei der Helligkeitsmessung der Sterne und bei der Ermittlung ihrer Eigenbewegung sowie ihrer Parallaxe und daraus ihrer Entfernung von der Erde, konnte die astronomische Forschung, die sich jahrhundertlang vorzugsweise mit unserem Planetensystem beschäftigt hatte, sich mit rasch wachsendem Erfolg auf das Sterngebiet der Milchstraße ausdehnen und die Dichte der Verteilung der Sterne in der Milchstraße untersuchen. Seeliger war ein Bahnbrecher für diese Untersuchung. Seine Ergebnisse wurden ergänzt durch die des Professors der Technischen Hochschule ROBERT EMDEN\* (1862–1940; Akademiemitglied 1916) über den physikalischen Aufbau der Sterne als Gaskugeln. Vergleiche die ausführliche Würdigung der wissenschaftlichen Verdienste Emdens von Georg Joos Seite 113).

Eine zweite bedeutende Leistung Seeligers war seine Aufhellung der Konstitution des Saturnrings. Daß dieser aus Stabilitätsgründen kein starrer Körper sein kann, hat Laplace nachgewiesen. Schon vorher hatte Domenico Cassini (1625–1712) die Anschauung vertreten, der Ring bestehe aus sehr vielen sehr kleinen einzelnen Körpern. Der große theoretische Physiker Maxwell (1831–1879) hat in einer schwer verständlichen Ab-



handlung 1858 diese Theorie zu beweisen versucht, und der Colmarer Physiker und Ingenieur Gustav Adolf Hirn (1815–1890) kam später unabhängig von Maxwell zu demselben Ergebnis. Aber erst Seeligers theoretisch-photometrische Untersuchungen, die durch sorgfältige Beobachtungen von G. Müller in Potsdam bestätigt wurden, brachten der Ansicht, daß der Saturnring aus kleinen Teilen aufgebaut ist, die Gewißheit und allgemeine Anerkennung.

Seeliger empfand sehr stark das erkenntnistheoretisch Unbefriedigende der Newtonschen Begriffe vom absoluten Raum und von der absoluten Zeit sowie das Rätselhafte der Schwere; siehe darüber den Beitrag „Mechanik“ Seite 118.

An dem 10 $\frac{1}{2}$ zölligen Refraktor wurden nicht nur der Saturnring, sondern auch die Durchmesser der großen und die Lichtverhältnisse der kleinen Planeten untersucht, sowie Sternhaufen und Doppelsterne vermessen durch Seeliger, Bauschinger und Schwarzschild. Bauschinger und Schwarzschild waren Seeligers bedeutendste Schüler. Karl Schwarzschild (1873–1916) promovierte und habilitierte sich in München, wurde 1901 Direktor der Göttinger Sternwarte und 1909 des Potsdamer Observatoriums. Durch seinen frühen Tod kam die Akademie um die Ehre, ihn zu ihren vielseitigsten und hervorragendsten Mitgliedern zählen zu dürfen.

An dem Repsoldschen Meridiankreis prüfte Julius Bauschinger die damals neue Radausche Theorie der atmosphärischen Strahlenberechnung. Radau (1835–1911), von Geburt Ostpreuße, wurde in Paris heimisch und hochangesehen. Bauschingers Ergebnisse, die für die Genauigkeit der Ermittlung von Sternörterern von grundsätzlicher Bedeutung sind, wurden im dritten Bande der Neuen Annalen veröffentlicht.

An dem gleichen Meridiankreis unter Benutzung einer 1918 aufgestellten Rieflerschen Pendeluhr neuester Konstruktion bestimmte der Observator Oertel für Zwecke der der Bayerischen Akademie angeschlossenen Erdmessungskommission die Position von Zenitsternen mit der höchstmöglichen Genauigkeit, die von dem gleichen Beobachter auch in einem späteren Zenitsternkatalog mit 36000 Einzelmessungen erreicht wurde.

Im Jahre 1908 führte wiederum an dem Repsoldschen Meridiankreis der Observator Großmann zur Förderung des Problems der Fixsternentfernungen eine umfangreiche Beobachtungsreihe in Deklinationsgürtel von 15 bis 20 $^{\circ}$  aus (veröffentlicht im fünften Band der Neuen Annalen).

Außer den Direktoren und Observatoren der Sternwarte war der Münchener Universitätsprofessor für Mathematik LUDWIG SEIDEL\* (1821–1896; Akademiemitglied 1851) ein ausgebildeter Astronom, sehr geschätzt von JOHANN FRANZ ENCKE (1791–1865; Akademiemitglied 1852) und von Bessel.

Seine Helligkeitsuntersuchungen (mit Hilfe eines Steinheilschen Instruments) an Planeten und Fixsternen wurden auch von Gauß anerkannt.

In Würzburg wurde 1757 unter dem Bischof Graf Seinsheim auf dem Turm der Universitätskirche ein gut ausgestattetes astronomisches Observatorium eingerichtet, das aber bald verfiel und erst, nachdem Würzburg 1814 bayerisch geworden war, wieder instand gesetzt und mit neuen Instrumenten (größtenteils aus der Werkstatt Ertels, des Nachfolgers von Utzschneider) versehen wurde. 1927/28 wurde die Sternwarte durch den Professor der Mathematik und Astronomie GEORG ROST (1870–1958; Akademienmitglied 1940) auf den Westflügel der Neuen Universität verlegt und mit modernen Instrumenten ausgestattet, die fleißig zu Beobachtungen und für Lehrzwecke benutzt wurden. Ein 1938 entdeckter kleiner Planet erhielt den Namen Rostia. Durch den Bombenangriff vom 16. März 1945 wurde mit einem großen Teil der Stadt Würzburg auch die Sternwarte samt fast allen ihren Instrumenten zerstört.

Als Seeliger 1924 starb, hatte er die Sternwarte dreiundvierzig Jahre lang geleitet, fast ebenso lang wie Lamont. Durch die nach 1933 einsetzende Mißwirtschaft der Nationalsozialisten wurden die weiteren Arbeiten der Sternwarte schwer beeinträchtigt. Seeligers Nachfolger ALEXANDER WILKENS (geb. 1881; Akademienmitglied 1926) wurde 1933 von nationalsozialistischen Assistenten als Parteigegner denunziert und von dem nationalsozialistischen Minister entlassen. Nach Kriegsende wurde ein kommissarischer Direktor der Sternwarte in der Person von ERICH SCHOENBERG (geb. 1882; Akademienmitglied 1947) ernannt. Alexander Wilkens kam, als er 1953 aus Argentinien, wo er in La Plata eine Professur erhalten hatte, zurückkehrte, wegen Überschreitung der Altersgrenze als Sternwartdirektor nicht mehr in Betracht.

Eine sehr erwünschte Bereicherung erfuhr die astronomische Forschung in München durch das Sonnenobservatorium auf dem Wendelstein, das im Kriege gegründet worden war und 1946 in die Obhut der Akademie gegeben wurde. Außerdem wurde auf dem Ostgipfel des Wendelsteins eine Nebenstation der Münchner Sternwarte errichtet (siehe das Bild in Band III dieser Festschrift).

## GEODÄSIE

*Von Max Kneißl*

Anläßlich des 100jährigen Bestehens unserer Akademie schildert KARL F. v. MARTIUS\* (1794–1868; Akademiemitglied 1820) die mächtige Strömung der Wissenschaften, die um die Mitte des 18. Jahrhunderts in München zu so schöner Blüte aufbrach, und die Richtung, die durch die ersten Arbeiten dieser Neugründung gewiesen wurde.<sup>1</sup> Dabei trifft v. Martius die nüchterne und treffende Feststellung: „Praktisch vor Allem war diese Richtung; nur in zweiter Linie stand die theoretische Forschung“. Dieses Wort kann bei diesem Versuch eines gedrängten Überblickes über die Geodäten und geodätischen Arbeiten unserer Akademie geradezu als Wegweiser dienen. Die Aufgabe der Geodäsie als Wissenschaft, nämlich die Bestimmung der Figur und Größe der Erde, oder in moderner Definition „Die Bestimmung des Kräftefeldes der Erdoberfläche“ wird meist den praktischen Aufgaben nachgeordnet, weil ihre früheren und heutigen Erkenntnisse für die Lösung der praktischen Aufgaben der Geodäsie, nämlich der Ausmessung und Abbildung der Erdoberfläche, vollauf genügen.

CÉSAR CASSINI (1714–1784) gab den Anstoß, daß die Münchner Akademie schon bei ihrer Gründung die Aufgabe übernahm, das Land Bayern nach und nach trigonometrisch auszumessen, „um hierdurch diejenigen geographischen Finsternisse zu vertreiben, die nach dem Vorgeben der Cosmographischen Nachrichten über diesen Theil von Deutschland annoch herrschen sollen“<sup>2</sup>. Dieser C. F. CASSINI DE THURY hatte nämlich 1744 im Auftrag der französischen Akademie der Wissenschaften mit der Herstellung einer neuen „Carte topographique de la France“ im Maßstab 1 : 86400 begonnen, die als erstes Kartenwerk gilt, das sich auf eine einheitlich berechnete Triangulation stützt und das die im 17. Jahrhundert noch in großer Blüte stehenden Darstellungen mit perspektivischen Ansichten endlich verdrängte. Sein Gedanke, die von ihm beobachtete Dreieckskette „Brest-Sträßburg“ längs des Perpendikels (Parallelkreises) auf dem Pariser Hauptmeridian „durch Baden, Württemberg, Bayern und Österreich in unmittelbarer Nähe der Hauptstädte Mannheim, Karlsruhe, München bis Wien“<sup>3</sup> zu benutzen, veranlaßte die Bayerische Akademie der Wissenschaften, ihn bald nach ihrer Gründung in ihren Kreis einzuführen.



1761 wurde er Ehrenmitglied. Zur Verdichtung seines Dreiecksnetzes wurden ihm die Akademiker JOHANN G. v. LORI\* (1723–1787; Akademiemitglied 1759), DOMINICUS v. LINPRUN\* (1714–1784; Akademiemitglied 1759) sowie PETER VON OSTERWALD\*, Baron Tuzl vom Kadettenkorps und Ingenieuroberst d'Ancillon beigegeben. Gleichzeitig berief die Bayerische Akademie der Wissenschaften auf Empfehlung Cassinis dessen Mitarbeiter, den französischen Ingenieurgeographen de St. Michel, der die geometrischen und topographischen Detailaufnahmen besorgen sollte.

Zur Überprüfung des Maßstabs seiner Dreiecksketten ließ Cassini im Jahre 1763 durch v. Linprun und Oberst d'Ancillon zwischen Dachau und München eine Basis messen. Die Anschlußstrecken in den beiden Endpunkten bestimmte Cassini selbst. Mehrere voneinander abweichende Angaben über die Größe dieser Basis veranlaßten 1764 Osterwald zu einer genauen Nachmessung dieser Basis.<sup>4</sup>

Die Bedeutung, die diesen Arbeiten beigegeben wurde, erweist sich durch die Veröffentlichung zweier geodätischer Arbeiten schon im ersten Band der „Abhandlungen der Churfürstlich-baierischen Akademie der Wissenschaften“ (1763).<sup>5,6</sup> In diese Zeit fällt auch das Wirken des „berühmten Mechanicus in Augsburg“ und Akademiemitgliedes (seit 1759) GEORG FRIEDRICH BRANDER\* (1713–1783; Akademiemitglied 1759). Einige seiner neuen Instrumente sind bei Osterwald,<sup>6</sup> Seite 133 ff., beschrieben. In Band V (1768) der Abhandlungen erscheinen drei Arbeiten von Brander mit Beschreibungen eines Glasmikrometers, eines dioptrischen Sektors und einer Libelle oder Nivellierwaage (ohne Senkblei). Wenn auch diesen Arbeiten keine besondere wissenschaftliche Bedeutung mehr zukommt, so sind sie doch als Vorläufer und als erste Versuche für die zu Beginn des 19. Jahrhunderts einsetzende allgemeine Landesvermessung in Bayern zu werten. Ja, man kann geradezu sagen, der Anstoß zur ersten Landesvermessung in Bayern sei bereits im Stiftungsbrief der churbayerischen Akademie der Wissenschaften vom 28. März 1759 gegeben, wo unter Ziffer I angeordnet wurde: „Innländische Mitglieder sollen sich mit den Geschichten des Vaterlands vor anderen beschäftigen, und in dieser Absicht nach den politischen Abtheilungen eine Landbeschreibung machen und Charten von den ältern sowohl als mitlern und neuen Zeiten auch nach und nach ein topographisches Wörterbuch verfassen.“

Dieses Programm fand besondere Förderung, als Maximilian Joseph im März 1799 die Regierung übernahm und die allgemeine „Vermessung und Mappirung des Landes auf trigonometrischer Grundlage“ anordnete. Im Jahre 1800 wurde das Topographische Büro gegründet, anfänglich unter gemeinsamer Leitung des ADRIAN v. RIEDL\* (1746–1809; Akademiemit-

glied 1796) und des französischen Brigade-Chefs Bonne, dann unter jener des akademischen Astronomen KARL F. SEYFFER (1762–1822; Akademiemitglied 1804). Dem letzteren gebührt die Ehre der Begründung des großen topographischen Atlases von Bayern und die Herausgabe der ersten Blätter. Auf dieses Unternehmen folgten auf Anregung des vielseitig tätigen JOSEPH VON UTZSCHNEIDER\* (1763–1840; Akademiemitglied 1818) die Arbeiten für die Herstellung eines auf wissenschaftlicher Grundlage basierenden Grundsteuer-Katasters; v. Martius schreibt hierzu: „Er (v. Utzschneider) war Akademiker (seit 31. Dec. 1817) im Sinne Jener, die die Wissenschaft für das Leben nutzbringend machen wollen. Unser Verein würdigte den kenntnisreichen, rastlos thätigen, unglaublich erregbaren Kopf, der glänzend bewährte, wie eine tüchtige, auf richtiger Erkenntnis ruhende Thätigkeit stets gute Früchte bringe. Er war zunächst Finanzmann, ein Mann der Mittel, in hohem Grade erfinderisch, sie zu beschaffen, nie verlegen, ihnen den reichsten Spielraum zu gewähren, stets bewegt von großen, freien staatswirtschaftlichen Gedanken und Entwürfen; aber weder Schriftsteller noch Forscher. Seine langjährige Laufbahn im Salinenwesen, in der höheren Finanzverwaltung, als Bürgermeister von München und Landtags-Abgeordneter, als Direktor der von ihm organisierten polytechnischen Schule, oder als Gründer von Fabriken und Werkstätten, war reich an äußeren Wendungen und Geschicken. Sie spiegelt wohl schärfer als die irgend eines andern Mitgliedes unserer Körperschaft mehrere Phasen der bürgerlichen und administrativen Zustände Bayerns ab.“ Die Leistungen Utzschneiders und das Wesen der von ihm ins Leben gerufenen ersten allgemeinen Landesvermessung können kaum treffender beschrieben werden. 1804 gründeten Utzschneider und der Mechaniker Liebherr ein mathematisch-mechanisches Institut. 1809 folgte das ebenfalls von Utzschneider und J. v. FRAUNHOFER\* gegründete optische Institut. Ihm schloß sich der geniale Mathematiker und Mechaniker GEORG VON REICHENBACH\* an. „In gesundem, sich gegenseitig ergänzendem Wettstreit haben diese beiden Werkstätten mathematischen Scharfsinnes und mechanischer Präcision ihre astronomischen, geodätischen und optischen Instrumente ruhmvoll über alle Länder der Erde verbreitet, München zum Schauplatz einer edlen, bereits traditionell gewordenen, wissenschaftlich-technischen Thätigkeit erhoben.“ Diese Werkstätten lieferten der um 1808 mächtig aufstrebenden Landesvermessung wesentlich verbesserte geodätische und astronomische Instrumente. Für die wissenschaftliche Leitung der trigonometrischen Arbeiten konnten dabei wiederum zwei hervorragende Mitglieder unserer Akademie, ULRICH SCHIEGG (1752–1810; Akademiemitglied 1803) und JOH. GEORG V. SOLDNER\* (1776–1833; Akademiemitglied 1813), gewonnen werden. Von Martius sagt hierzu:<sup>1</sup> „Die selbstän-

dige Kraft des Genies führte sie, beide Bauernsöhne, dem mathematischen Berufe zu, in welchem sie sich sehr verdient gemacht haben. Schiegg, der Mann vielseitiger Bildung und Thätigkeit, ebenso gewandt in den Geschäften der höheren Landwirthschaft und der Technik als im feinsten Calcul, griff nicht bloß erfolgreich in die trigonometrischen und astronomischen Aufgaben des Katasters ein, sondern auch in dessen übrigen Dienst, zumal in das Geschäft der Einwerthung der Grundstücke nach ihrer natürlichen Bodengüte (Bonitirung und Classification). Er war auch Theilnehmer der Commission zur Regulierung der Maaße und Gewichte des Königreiches Bayern.

Soldner, tüchtiger Analytiker und dabei vollendeter praktischer Geometer und Astronom, leitete mit großer Umsicht und Energie die trigonometrischen Arbeiten. Er schuf durch seine ebenso genauen als bequemen Formeln für die sphärische Berechnung der Dreiecke und bezüglichlichen Coordinaten eine neue, der früheren Delambre's weit vorzuziehende Methode.“

Außerdem verdanken wir Soldner eine Methode der übereinstimmenden Dreiecksberechnung. Die Ausgleichung nach der Methode der kleinsten Quadrate, die um 1806 K. F. GAUSS und Legendre entwickelten, war Soldner wohl nicht bekannt, praktisch kam er aber durch schrittweise Annäherung zu denselben Ergebnissen. Noch umwälzender war die von Soldner getroffene Blatteinteilung des bayerischen Katasterkartenwerks und die von ihm wohl erstmals angewandte Polyederprojektion. Seine Arbeit fand schon damals volle internationale Anerkennung. So gab 1817 LAPLACE vor dem französischen Senat „dem bayerischen Katastral-Messungs-Systeme, als dem vorzüglichsten, seine unumwundene Zustimmung und wies auf Nachahmung dieses teutonischen Institutes hin“;<sup>1</sup> und Präsident G. Bellas Greenough bezeichnete 1841 vor der R. Geographical Society zu London „the Catastral map of Bavaria as probably the most perfect ever attempted“<sup>1</sup>.

Das von Soldner entwickelte Abbildungssystem ist heute noch für die bayerische Katastervermessung von großer Bedeutung, und erst in unserer Zeit wird es von der damals von Gauß entwickelten unmittelbaren Abbildung des Ellipsoides und der Kugel in die Ebene zurückgedrängt. Daneben bestimmte Soldner die geographische Lage des Bayerischen Vermessungssystems und seine Orientierung. Soldners Hauptverdienst war, daß er erstmals ein einheitliches Vermessungssystem von der Triangulation I. O. bis herunter zur Detailvermessung aufbaute und eine genaue flächenhafte Triangulation an Stelle der vordem üblichen Dreiecksketten nicht nur systematisch erkundete, sondern weitgehend selbst beobachtete und



nach eigenen Gesetzen sphärisch berechnete. Dieses Unternehmen lag ihm so am Herzen, daß er die von Gauß in verschiedenen Briefen vorgeschlagene großräumige Zusammenfassung der bestehenden mitteleuropäischen Dreiecksketten nur wenig unterstützte. Im übrigen war es Soldner, der in den Jahren 1806–1818 die Münchner Sternwarte plante, baute und in Zusammenarbeit mit Reichenbach und Fraunhofer einrichtete, worüber an anderer Stelle dieser Festschrift berichtet wird.

Von den Arbeiten von Cassini de Thury (1762) in Bayern, über die Versuche von v. Linprun und v. Osterwald, die kartographischen Arbeiten von Adrian v. Riedl (1796–1806 Reiseatlas, 1807 hydrographische Karte, 1808 Stromatlas), der Gründung des topographischen Büros unter v. Riedl und Seyffer über Soldner, Schiegg, Utzschneider und die erste bayerische Landes- und Katastervermessung (1808 Steuer-Vermessungskommission, 1811 Steuer-Kataster-Kommission), führt ein gerader Weg zu unserem heutigen Vermessungssystem in Bayern, das noch weitgehend mit dem Soldnerschen System verbunden ist.

Neue Anregungen und Impulse erhielt die geodätische Arbeit unserer Akademie durch die Bildung einer Königlich Bayerischen Kommission für die europäische Gradmessung, die später zur Bayerischen Kommission für die Internationale Erdmessung erweitert wurde. Diese Kommission umfaßte bei ihrer Gründung (1868) die Professoren JOHANN v. LAMONT\* (1805–1879; Akademiemitglied 1835), PH. LUDWIG SEIDEL\* (1821–1896; Akademiemitglied 1851), KARL A. STEINHEIL\* (1801–1870; Akademiemitglied 1827), sowie als Leiter der geodätischen Arbeiten Prof. CARL MAX v. BAUERNFEIND\* (1818–1894; Akademiemitglied 1865). Letzterer wurde gleichzeitig zum Ständigen Sekretär und stellvertretenden Vorsitzenden gewählt. Die Anregung zur Bildung einer ersten allgemeinen Konferenz der Mitteleuropäischen Gradmessung (1862/64) geht übrigens auf General J. J. BAEYER (1868 Ehrenmitglied der Akademie) zurück. Sie wurde 1867 zur Europäischen Gradmessung und 1886 zur Internationalen Erdmessung erweitert und 1919 von der Internationalen Union für Geodäsie und Geophysik abgelöst.

Bauernfeind unternahm eine vollständige Darstellung der vorhandenen Beobachtungsergebnisse, sowie der Messungs- und Berechnungsmethoden, die bei der Herstellung des Soldnerschen Hauptdreiecksnetzes verwendet wurden, um die Frage zu entscheiden, „ob die dem Zwecke der Landesvermessung vollständig genügende bayerische Triangulation zugleich auch den höheren Anforderungen einer Gradmessung entspricht“. Bis zum Anfang des Jahres 1867 konnte Bauernfeind das Manuskript für die beiden ersten Abschnitte des Werkes mit der Berechnung der drei Grundlinien und den ausgeführten Winkelmessungen vorlegen. Die Fortsetzung und Drucklegung

des Werkes verzögerte sich durch Hindernisse aller Art, die hauptsächlich daraus entstanden, daß sich durch die kritischen Untersuchungen Bauernfeinds eine Reihe von Ungenauigkeiten herausstellten, die verschiedene Ergänzungsmessungen und eine Umrechnung eines Teiles des Hauptnetzes notwendig machten.<sup>7</sup>

Nachdem Bauernfeind die Basismessungen behandelt hatte, übernahm CARL VON ORFF\* (1828–1905; Akademiemitglied 1889) die weitere Redaktion und konnte 1873 das 768 Druckseiten im Großformat umfassende Werk „Die Bayerische Landesvermessung in ihrer wissenschaftlichen Grundlage“ vorlegen.

Da inzwischen das bayerische Hauptdreiecksnetz durch neu vorgenommene Winkelmessungen ergänzt und die gesamten Beobachtungsergebnisse nach streng wissenschaftlichen Grundsätzen berechnet und ausgeglichen worden waren, so konnte jetzt die so vervollständigte und verbesserte Triangulationsarbeit der europäischen Gradmessung als brauchbares Glied eingefügt werden.<sup>7</sup>

Eine weitere, in Verbindung mit der europäischen Gradmessung ausgeführte Arbeit Bauernfeinds ist die Durchführung des ersten Bayerischen Präzisions-Nivellements.

Von besonderer Bedeutung sind auch heute noch seine Untersuchungen über die Konstitution der Erdatmosphäre und seine Theorie der atmosphärischen Strahlenbrechung sowie seine weitsichtig angelegten umfangreichen barometrischen und trigonometrischen Höhenmessungen. Bauernfeind, von Haus aus Bauingenieur, war auf vielen bauingenieurtechnischen Gebieten (Eisenbahnbau, Gewölbetheorie, Baustoffkunde) tätig. Von 1857 bis 1867 gehörte er einer Reihe von Kommissionen zur Reorganisation der technischen Lehranstalten an, deren Tätigkeit 1864 zur Neueinrichtung der polytechnischen Schule und am 1. Oktober 1868 zur Errichtung der Technischen Hochschule München führte. Zu deren erstem Direktor wurde Bauernfeind ernannt und später mehrmals wiedergewählt.

Über die Einzelheiten seiner geodätischen Arbeiten unterrichten die Veröffentlichungen der Bayerischen Kommission für die Internationale Erdmessung; ferner wird auf das Literaturverzeichnis<sup>7</sup> hingewiesen. Bauernfeind hat außerdem ein seinerzeit richtungsweisendes, zweibändiges Lehr- und Handbuch der Vermessungskunde<sup>8</sup> bearbeitet, das zwischen 1856 und 1890 in sieben Auflagen erschien.

Oberstlieutenant C. v. Orff widmete sich vor allem der astronomisch-geodätischen Ortsbestimmung in Bayern, für die die Bayerische Kommission für die europäische Gradmessung die Mittel bereitstellte und auch die Publikation der Ergebnisse übernahm.

Im Jahre 1876 begann C. v. Orff mit den ersten Pendelmessungen und 1880 mit den Versuchen zur Feststellung geodätischer Bodenschwankungen im Keller der Münchner Sternwarte. Schließlich blieb es C. v. Orff vorbehalten, den bayerischen Anteil der 1878 beschlossenen 100000teiligen Gradabteilungskarte des Deutschen Reiches – das war das erste gesamtdeutsche Kartenwerk – zu bearbeiten. C. v. Orff wurde 1889 zum außerordentlichen Mitglied und 1894 zum ordentlichen Mitglied unserer Akademie gewählt. Auf Antrag C. v. Orffs erwarb die Bayerische Kommission für die Internationale Erdmessung 1895 einen Sterneckschen Pendelapparat und führte mehrere Jahrzehnte hindurch fortlaufend und systematisch Pendelmessungen in Bayern aus.

C. v. Orff selbst konnte noch 1904 die „endgültigen Ergebnisse der in den Jahren 1896–1900 in Bayern ausgeführten Schweremessungen“ der Öffentlichkeit übergeben. Für die Geschichte der Bayerischen Landesvermessung ist es wichtig, daß v. Orff bereits im Jahre 1899 auf Ersuchen des Königlichen Katasterbureaus ein Gutachten zur Frage der Einführung der konformen Koordinaten in Bayern erstattete.

MAX SCHMIDT (1850–1936), der Nachfolger Bauernfeinds am Geodätischen Institut der Technischen Hochschule München, wurde 1897 Mitglied der Bayerischen Erdmessungskommission und 1911 Mitglied unserer Akademie. Unter seiner Leitung wurde die „südbayerische Dreieckskette“ als Teil der Internationalen Längengradmessung in 48<sup>0</sup> Breite, die sich von Brest bis Astrachan erstreckt, neu beobachtet. Die Messung schloß sich unmittelbar an das Projekt von Cassini de Thury an. Mit besonderer Vorliebe ging Schmidt an die Ergänzung und Erneuerung der bayerischen Feineinwägungen und an die kritische Untersuchung ihrer Grundlagen. Schmidt wies als einer der ersten nach, daß auch die geodätischen Festpunkte Lageänderungen erfahren, und begründete damit, soweit es die Höhenmessungen betraf, eine gerade in unserer Zeit auf breiter Grundlage stehende besondere Forschungsrichtung. In der Untersuchung, insbesondere bei der Deutung von Lageänderungen von Dreieckspunkten, kam er infolge unzureichender und ungenügender Beobachtungen zu voreiligen Schlüssen. Neuere Messungen zeigen, daß tatsächlich mit Lageänderungen zu rechnen ist, die aber bei weitem nicht die von Schmidt angegebene Größenordnung erreichen. Die Arbeiten Schmidts sind weitgehend in den Sitzungsberichten unserer Akademie und in den Veröffentlichungen der Bayerischen Kommission für die Internationale Erdmessung publiziert.

Schließlich sei noch auf MARTIN NÄBAUER (1879–1950), den Nachfolger von Max Schmidt als Direktor des Geodätischen Instituts der Technischen Hochschule München, hingewiesen, der 1943 in die Akademie gewählt wurde.



Näbauer beteiligte sich an den von Max Schmidt geleiteten Präzisionsnivelements. Sehr anerkannt sind auch seine Verdienste auf pädagogischem Gebiet, besonders seine beiden Lehrbücher: Grundzüge der Geodäsie, 1915 und 1925;<sup>9</sup> Vermessungskunde, 1922 und 1932.<sup>10</sup> Seine sonstige literarische Tätigkeit erstreckte sich auf die verschiedensten Bereiche der Geodäsie. Es seien daraus die beiden 1924 und 1929 in den Abhandlungen unserer Akademie erschienenen Arbeiten über Strahlenbrechung, dann die 1918 und 1921 veröffentlichten Untersuchungen über die „Flächenfehler eines einfachen, durch Ummessung bestimmten Polygonzuges“ und „Genauigkeit der Diagonalen in Dreiecksketten“, sowie jene über das bayerische Präzisionsnivelement (1940) und „Seitliche Strahlenbrechung im homogenen Refraktionsfeld“ (1942) in den Nachrichten des Reichsamts für Landesaufnahme erwähnt.

Das Wirken der Bayerischen Kommission für die Internationale Erdmessung und der mit ihr verbundenen Geodäten v. Bauernfeind, Schmidt, v. Orff, Näbauer galt der Wahrnehmung des bayerischen Anteils an internationalen Erdmessungsarbeiten. Zu diesen Arbeiten trat ebenfalls zu Anfang unseres Jahrhunderts die Aufgabe der Vereinheitlichung der deutschen Vermessungsgrundlagen. An den Vorarbeiten hierzu beteiligte sich insbesondere Sebastian Finsterwalder, über den ausführlicher in den Beiträgen „Mathematik“ und „Topographie“ berichtet wird. Siehe Seite 34 und Seite 65.

In unserer Zeit kommt der Bayerischen Kommission für die Internationale Erdmessung und der 1949 neu gegründeten Deutschen Geodätischen Kommission die besondere Aufgabe zu, am Aufbau einheitlicher europäischer Triangulations- und Nivellementsgrundlagen, sowie eines einheitlichen europäischen Schwerenetzes mitzuwirken. Die geodätischen Aufgaben sind seit Gründung der Akademie im wesentlichen gleich geblieben, die Methoden und Instrumente wurden verbessert, der Anwendungsbereich wurde erweitert. Hierbei hat das Deutsche Geodätische Forschungsinstitut der Deutschen Geodätischen Kommission Anteil an der Entwicklung von Relaisrechenanlagen und elektronischen Automaten, lichtelektrischer Winkel- und elektronischer Entfernungsmessung, Land- und Seegravimeter. Seine Beobachtungstrupps führen Messungen in vielen Teilen Europas aus. Die Beobachtungs- und Berechnungsergebnisse gliedern sich in ein einheitliches, weltweites System ein.

#### Literatur

<sup>1</sup> C. F. Ph. v. Martius: „Erinnerung an Mitglieder der mathematisch-physikalischen Classe der K. Bayer. Akademie der Wissenschaften“. Eine Rede, vorgetragen in der öffentlichen Sitzung zur Feier des Akademischen Saecularfestes, München 1859.

- <sup>2</sup> Dominicus von Linprun: „Versuche einer Verbesserung der Landkarte von Baiern“. Abhandlungen der Churfürstlich-bayerischen Akademie der Wissenschaften, 2. Band, München 1764.
- <sup>3</sup> Clauss und Lutz: „Die geodätischen Arbeiten von Cassini de Thury in den Jahren 1761 und 1762 und ihre Bedeutung für Bayern“. Zeitschrift des Vereins der Höheren Bayerischen Vermessungsbeamten, 1910, S. 49–64, S. 129–145, S. 177–180.
- <sup>4</sup> Peter von Osterwald: „Bericht über die vorgenommenen Messungen einer Grundlinie von München bis Dachau, welche der churfürstlich-bayerischen Akademie der Wissenschaften erstattet worden, den 17. Mai 1764“. Abhandlungen der Churfürstlich-bayerischen Akademie der Wissenschaften, 2. Band 1764.
- <sup>5</sup> J. H. Lambert: „Von dem Gebrauche der Mittagslinie beim Land- und Feldmessen“. Abhandlungen der Churfürstlichen Akademie der Wissenschaften, 1. Band 1763, II. Teil, S. 1–54.
- <sup>6</sup> Peter von Osterwald: „Kurze Einleitung, wie die geometrischen Operationen bey Aufhebung geographischer Landkarten vorteilhaft, genau und zuverlässig anzustellen“. Abhandlungen der Churfürstlichen Akademie der Wissenschaften, 1. Band 1763, II. Teil, S. 55–124.
- <sup>7</sup> Schmidt, M.: „Geheimrat Dr. Karl Max von Bauernfeind“. Jahresbericht der K. Technischen Hochschule München für das Studienjahr 1893/94.
- <sup>8</sup> K. M. von Bauernfeind: „Elemente der Vermessungskunde, ein Lehrbuch der praktischen Geometrie“. Stuttgart, Verlag der J. G. Cottaschen Buchhandlung.
- <sup>9</sup> M. Näbauer: „Grundzüge der Geodäsie“, Handbuch der angewandten Mathematik, herausgegeben von H. E. Timerding, Verlag B. G. Teubner, Leipzig/Berlin 1925.
- <sup>10</sup> M. Näbauer: „Vermessungskunde, Handbibliothek für Bauingenieure“, herausgegeben von Robert Otzen, Verlag von Julius Springer, Berlin 1932.

## TOPOGRAPHIE

*Von Richard Finsterwalder*

*Topographie wird hier in einem erweiterten Sinn verstanden; sie umfaßt die Geländeaufnahme, insbesondere die Photogrammetrie, Forschungsreisen in unbekannte Gebiete, die Gletscherkunde und die Kartographie.*

### HERMANN VON SCHLAGINTWEIT

HERMANN VON SCHLAGINTWEIT\* (1826–1882; Akademiemitglied 1862) hat sich als Alpen-, Indien- und Zentralasienforscher einen großen Namen gemacht. Man kann sein Leben und Wirken nur in Zusammenhang mit seinen Brüdern Adolf (1829–1857) und Robert (1833–1885) würdigen. Sie sind Söhne des aus dem Bayerischen Wald stammenden, berühmten Münchner Ophthalmologen Joseph Schlagintweit (1791–1851). Er hatte sieben Söhne, von denen sich sechs durch wissenschaftliche Leistungen ausgezeichnet haben, während einer als Offizier 1866 in dem Gefecht bei Kissingen gefallen ist. Hermanns und Adolfs Forschungen begannen mit systematischen physikalischen, geologischen und botanischen Untersuchungen in den Ost- und Westalpen, sie trugen ihre Forschungen bis in die damals noch weitgehend unbekanntem Gletschergebiete vor und führten die ersten genaueren kartographischen Aufnahmen und Messungen an Ostalpengletschern durch, unter anderem an der Pasterze, deren Eisgeschwindigkeit sie bestimmten. Ihre Ergebnisse sind in dem Werk „Untersuchungen über die physikalische Geographie der Alpen“ 1850 zusammengefaßt. ALEXANDER VON HUMBOLDT hat ihre Arbeiten mit größtem Interesse verfolgt und vermittelte den jungen Gelehrten die Möglichkeit zu den folgenden umfangreichen und denkwürdigen Reisen nach Indien, in den Himalaya und Karakorum bis nach Tibet, die sie im Auftrag der Ostindischen Kompagnie mit beispielloser Hingabe und großen wissenschaftlichen Erfolgen von 1854 bis 1857 durchführten. Teils zusammen, meistens aber getrennt, durchreisten die drei genannten Brüder Schlagintweit (Robert war zu den älteren Brüdern gestoßen) messend, beobachtend und sammelnd Indien und die gewaltigen, von Europäern damals größtenteils noch nicht betretenen Gebirge von Zentralasien, überquerten mehrmals die Ketten des Himalaya von Süd nach Nord,



überschritten den Karakorum und den Kuenlun. In Anerkennung ihrer Leistungen wurde Hermann und Robert 1859 vom bayerischen König der erbliche Adel verliehen. Hermann erhielt vom Zaren das Recht, sich Sakünlünski, Bezwingen des Kuenlun, zu nennen. Adolf war 1857 in Kaschgar ermordet worden. – Einmalig war das gewaltige Material, das die tatkräftigen, ebenso befähigten wie unermüdlichen Forscher mit nach Hause gebracht haben. Es wurde in 106 Foliobände gebracht, darunter 38 mit den meteorologischen und magnetischen Ablesungen, auf deren Gewinnung längs aller Routen besonderer Wert gelegt worden war. Die Zahl der gezeichneten Ansichten, zum Teil auch künstlerisch wertvolle Aquarelle und einzelne Ölgemälde, belief sich auf 750. Die Sammlungen umfaßten 15000 Nummern, davon 9600 geologische Handstücke, 1800 Arten für das Herbarium, 650 Baumdurchschnitte und Sämereien, 400 Menschenskelette und Schädel, wie Gesichtsmasken von Lebenden, 1400 ethnographische Gegenstände, 200 tibetanische und indische Handschriften und Drucke. Von den Ergebnissen erschienen bis 1876 fünf Bände: *Results of a Scientific Mission to India and High Asia: Astronomy and Magnetism, Hypsometry, Glossary and Route-Book, Meteorology*. In deutscher Sprache schrieb Hermann „Reisen in Indien und Hochasien“ (vier Bände. 1869–1880). Die Fortführung der Auswertung war aus verschiedenen Gründen sehr erschwert, der Verlust von Adolf, insbesondere seine eigene Gelände- und Landschaftskenntnis konnten nicht ersetzt werden. Robert wandte sich in steigendem Maß seit 1864 einer weltweiten Vortragstätigkeit zu, besonders in Amerika. Hermann selbst fühlte sich bei zusehendem Schwinden seiner Gesundheit der Last der Auswertung nicht mehr gewachsen, und die Aufgabe der Zusammenfassung der Einzelarbeiten zu einem harmonischen Ganzen blieb ungelöst. Dies stellte ein weiterer Bruder EMIL SCHLAGINTWEIT (1835–1904) 1890 fest, der als bedeutender Sprach- und Religionsforscher ebenfalls Mitglied der Bayerischen Akademie der Wissenschaften war (seit 1864).

Von Interesse für die damalige Zeit und noch bis heute ist die Bestimmung und Namengebung des höchsten Berges der Erde. Dieser war ursprünglich von der indischen Landesvermessung, dem Survey of India, 1855 aus der Tiefebene durch Messungen auf sehr große Entfernung (180 km) bestimmt und Mount Everest nach dem früheren Leiter des Survey of India, Sir Everest, genannt worden. Hermann Schlagintweit hat denselben Berg 1855 auf wesentlich geringere Entfernung aus Südosten und nach zwei Jahren auch aus WSW von der Kaulia-Höhe nördlich der Hauptstadt von Nepal, Katmandu, bestimmt. Die Begleiter Hermanns, angesehenen indische Vermessungsbeamte, sogenannte Pandits, hatten als Namen

für den Berg „Gaurisankar“ angegeben. Dieser Name wurde deshalb von Hermann auch übernommen und in den „Results“ wie auch in einem Sitzungsbericht der Bayerischen Akademie 1867 wissenschaftlich begründet, vor allem auch etymologisch gedeutet. Aufgetretenen Zweifeln gegenüber hat Emil Schlagintweit 1888 den Namen Gaurisankar erneut und, wie er glaubte, mit Erfolg verteidigt. Die Diskussionen der späteren Jahre um den höchsten Berg der Erde waren dadurch erschwert, daß Hermann als die wichtigste zuständige Persönlichkeit nicht mehr mitwirken konnte, und deutscherseits seit den Messungen Hermanns niemand den Sachverhalt an Ort und Stelle geprüft hat, während 1903 von englisch-indischer Seite eine klärende Nachmessung im Kaulia-Gipfel ergeben hat, daß von dort aus der Gaurisankar den noch 50 km weiter entfernten Mt. Everest gerade verdeckt.

In neuester Zeit ist das Werk der Gebrüder Schlagintweit in neuer Sicht wieder fruchtbar und lebendig geworden. So hat der Verfasser auf Grund des bei der Deutschen Himalaya-Expedition zum Nanga Parbat 1934 gewonnenen photogrammetrischen Materials feststellen können, daß Adolf dort 1856 ganz ausgezeichnete Arbeit geleistet hat. Ein von ihm geschaffenes Gemälde von der Nanga-Parbat-Südostseite erwies sich nicht nur als genau durchkonstruierte Perspektive, sondern auch sonst von sehr bemerkenswerter Naturtreue. Der Gletscherhochstand, der zur Zeit der Forschungen der Schlagintweits auch im Himalaya geherrscht hat, konnte in instruktiver Weise mit dem Gletscherstand von 1934 verglichen werden, da 1934 zufällig vom gleichen Standpunkt ein Meßbild aufgenommen wurde. Im Sommer 1958 konnte W. Kick im Rahmen einer von der Deutschen Forschungsgemeinschaft und der Bayerischen Staatsregierung unterstützten Forschungsreise die Güte und Sorgfalt der Schlagintweitschen topographischen, gletscherkundlichen und morphologischen Arbeiten unter Beweis stellen, und zwar unter Benutzung der aus dem Nachlaß beigebrachten Tagebücher, Skizzen und Originalmessungen von 1856. Im besonderen erwies sich dort die topographische Namenforschung und Namengebung Adolfs als sehr zuverlässig und im einzelnen als richtiger als die der amtlichen Landesaufnahme des früheren Survey of India. Die hohen Erwartungen, die einst Alexander von Humboldt in die wissenschaftliche Arbeitsweise der jungen Gebrüder Schlagintweit gesetzt hat, haben sich demnach hier voll erfüllt und bewährt. In bemerkenswerter Weise sind auch die Italiener bei ihren vorbildlichen Forschungsarbeiten im Baltoro-Gebiet (Karakorum) auf die Arbeiten der Gebrüder Schlagintweit eingegangen (Dainelli 1934).

Der große, heute erst zu einem geringen Teil ausgeschöpfte Wert der Arbeiten der Schlagintweits liegt u. a. auch darin, daß sie die Landschaft

und insbesondere die Gletscher des Himalaya und Karakorum an einer Reihe von typischen Stellen in ihren Gemälden, Skizzen und Tagebüchern zu einer Zeit festgehalten haben, als der Gletscherhochstand von 1850 auch in jenen Gegenden geherrscht hat. Die Originale der Schlagintweitschen Bilder konnten erst in letzter Zeit wieder aufgefunden und durch einen Neffen der Gebrüder, Erwin Schlagintweit, in Bad Wiessee erworben werden. Hermann und Adolf Schlagintweit haben dank der Sorgfalt ihrer Arbeitsweise, ohne daß ihnen das Hilfsmittel der Photographie zur Verfügung stand, in jenen gewaltigen und entlegenen Gebirgen nach allem, was wir heute wissen bzw. annehmen dürfen, Grundlagen für die Landschafts- und Klimaforschung geschaffen, wie wir sie selbst in den meisten Teilen unserer so nahe gelegenen Alpen aus jener Zeit nicht zur Verfügung haben. Diesen reichen Schatz zu heben und lebendig zu machen, ist eine wichtige Aufgabe für die Zukunft und ein Vermächtnis der Gebrüder Schlagintweit.

#### SEBASTIAN FINSTERWALDER

Das wissenschaftliche Wirken von SEBASTIAN FINSTERWALDER\* (1862 bis 1951; Akademiemitglied 1899) war so vielseitig, daß es nicht nur über sein eigentliches Fachgebiet, die Mathematik, hinausgeht, sondern auch unter dem eingangs so weit gefaßten Bereich der Topographie zusätzlich kaum vollständig behandelt werden kann. Er war seit 1891 ordentlicher Professor für Analytische Geometrie, Differential- und Integralrechnung und Analytische Mechanik an der Technischen Hochschule in München, 1911 übernahm er das Ordinariat für Darstellende Geometrie, das er bis zu seiner 1931 erfolgten Emeritierung innehatte. 1899 wurde er zum ao., 1913 zum o. Mitglied unserer Akademie ernannt. Sein Wirken als Mathematiker wird an anderer Stelle behandelt. Siehe den Beitrag „Mathematik“, Seite 34.

S. Finsterwalder war vor allem Repräsentant der Angewandten Mathematik, insbesondere der Anschaulichen Geometrie. Professor Sauer sagte über ihn in seiner Grabrede: „Die Freude am Formenreichtum blieb zeit seines Lebens die Triebkraft seiner wissenschaftlichen Arbeit. Sie galt immer denjenigen Problemen und Gebieten der Mathematik, wo nicht das Formale und der Kalkül, sondern das im geometrischen Sinn Anschauliche im Vordergrund stand.“ Dies gilt nicht nur für die Mathematik, sondern wirkte sich noch bedeutender in den Bereichen der Angewandten Mathematik aus, in denen sich S. Finsterwalder betätigte; es waren dies vor allem die Landesvermessung, die Höhere Geodäsie, die Ausgleichsrechnung, die Mechanik und Aerodynamik, besonders aber sein Lieblingsgebiet, die Photogrammetrie. S. Finsterwalder war in Rosenheim am Inn



geboren, am Fuße der Alpen. Die Alpen waren ihm zeitlebens seine zweite Heimat; in den Bergen, wo die Natur in vielfältiger und erhabener Form in Erscheinung tritt, suchte und fand er stets neue Aufgaben und Probleme wissenschaftlicher Art. Besonders zogen ihn die Gletscher mit ihren durch Klimaeinflüsse bedingten Schwankungen an. Ihre Bewegungsmechanik, die Glazialmorphologie und Meteorologie waren dort sein wissenschaftliches Betätigungsfeld, endlich die Kartographie, die im Hochgebirge ihre schönsten, aber auch schwierigsten Aufgaben stellt.

Als Geodät wurde S. Finsterwalder vor allem von Clauss 1932 aus Anlaß seines 70. und von Max Kneißl 1942 anlässlich seines 80. Geburtstages gewürdigt. Hier sind zunächst die Vorschläge zu nennen, die er zum Zusammenschluß der bis dahin isolierten Landesvermessungssysteme von Preußen und Bayern, sowie von Preußen und Sachsen gemacht hat, wobei er bezeichnenderweise diese Zusammenschlüsse auch zahlenmäßig durchgerechnet und die Auswirkung auf die Lotabweichung in München bestimmt hat. Weitere Vorschläge bezogen sich auf die Neuausgleichung des bayerischen Landesvermessungsnetzes nach der von ihm angegebenen „Feldermethode“, einem Verfahren, das er in weiteren Arbeiten auch für andere Fälle fruchtbar gemacht hat. Wenn auch seine Vorschläge bei der späteren Gesamtbearbeitung des deutschen Hauptdreiecknetzes im einzelnen nicht verwirklicht wurden, so hat er doch wichtige Grundlagen dafür geschaffen. 1930 wurde er zum Berater des Bayerischen Landesvermessungsamtes berufen, und im Zusammenhang damit hat er auch eine segensreiche spezielle Vorlesungstätigkeit bis lange nach seiner Emeritierung ausgeübt. Insbesondere hat er auch die wissenschaftliche Entwicklung und Tätigkeit von Max Kneißl befruchtet, wobei es um die Einbeziehung astronomischer Beobachtungen und vor allem der Laplace-Gleichungen in die Ausgleichung und Orientierung der geodätischen Netze ging. Auch den grundlegenden Clauss'schen Arbeiten über die Einführung konformer Koordinaten und die Gewinnung einheitlicher geographischer Koordinaten in Deutschland ist er Pate gestanden. Als Sekretär der Bayerischen Kommission für Internationale Erdmessung seit 1906 sind ihm systematische Schweremessungen, astronomische Ortsbestimmungen und eine darauf fußende Arbeit über eine neue Orientierung des bayerischen Hauptdreiecknetzes zu verdanken.

Auf photogrammetrischem Gebiet begann S. Finsterwalder seine Arbeiten mit der Entwicklung des terrestrischen Verfahrens im Hochgebirge am Vernagtferner im Ötztal, am Schneeferner im Wetterstein und am Suldenferner im Ortlergebiet sowie bei der wiederholten Aufnahme der sich ändernden Gletscherzungen in den Ostalpen. Höchst wertvoll ist der von ihm durchkonstruierte terrestrische Phototheodolit von 1895, der nur in wenig ver-

änderter Form bei der Geländeaufnahme moderner Hochgebirgskarten und bei Forschungsreisen in die Hochgebirge der Erde, ebenso bei der Gletscherforschung bis heute eine wesentliche Voraussetzung ist. Als die Erfindung des Stereoautographen 1911 die Stereophotogrammetrie und die unmittelbare Einmessung von Höhenschichtlinien ermöglichte, wandte er dieses Verfahren für die Gletscher- und Hochgebirgskarten an und schuf durch die im Jahre 1922 von ihm geleitete Aufnahme des Gepatschferners im Ötztal, der im Maßstab 1 : 10000 mit genauen 10-Meter-Schichtlinien bearbeitet wurde, ein eindrucksvolles Musterbeispiel für die Leistungsfähigkeit dieser Methode.

Den Anteil S. Finsterwalders an der Entwicklung der Luftphotogrammetrie kann man am besten der gründlichen Arbeit O. v. Grubers entnehmen, die als Leitartikel der Finsterwalder-Festschrift zu seinem 75. Geburtstag 1937 erschienen ist. Zunächst kam S. Finsterwalder seine eigene Tätigkeit als Freiballongführer in der frühesten Luftfahrt zugute, über die er eine Reihe von Berichten veröffentlicht hat. Mit größtem Eifer machte er bei diesen Ballonfahrten photographische Aufnahmen. Die neue Errungenschaft, die Erdoberfläche in der völlig neuartigen Sicht von oben studieren zu können, regte ihn an, diese Möglichkeit auch für Vermessungszwecke auszunützen. Eine ausführliche Arbeit über die dabei auftretenden geometrischen Probleme erschien 1900. Bahnbrechend für die zukünftige Entwicklung der Photogrammetrie war dann die Lösung der von ihm bewußt so bezeichneten „Grundaufgabe der Photogrammetrie“, bei der es darum geht, zwei Luftaufnahmen desselben Geländes, deren Aufnahmeorte nicht bekannt und deren Aufnahmen nicht gegen das Lot orientiert sind, gegenseitig zu orientieren und durch den Schnitt entsprechender Strahlen beider Strahlenbündel ein Geländemodell zu gewinnen, anschließend dieses Geländemodell durch Verschiebung, Maßstabsänderung und Drehung auf Grund von drei gegebenen Geländepunkten bzw. -höhen in die richtige Lage und Größe zu bringen. Da insbesondere der erste Teil dieser Aufgabe auf direktem Wege praktisch nicht lösbar ist, wählte er – und das war das Entscheidende – den Weg über eine Näherungslösung, die dann auf Grund einfacher linearer Gleichungen zum Ergebnis führt. Dieses kommt der direkten Lösung an Genauigkeit nicht nur gleich, das Verfahren hat darüber hinaus den wichtigen Vorteil, daß es überschüssige Messungen verwerten und den mittleren Fehler des Ergebnisses feststellen läßt. Bezeichnend war es wieder, daß er die Lösung auf Grund von zwei selbstaufgenommenen Luftbildern auch zahlenmäßig bis in alle Konsequenzen durcharbeitete, eine heute für moderne Rechenanlagen aktuell gewordene Lösung mittels Drehvektoren hinzufügte und das Ergebnis in einer farbigen Karte anschaulich festhielt. Als nach

zwanzig Jahren die Entwicklung des Flugzeuges die Luftaufnahme in großem Stil ermöglichte, wurde die von S. Finsterwalder vorausschauend gefundene Lösung allgemein fruchtbar. Als neues Problem kam dann die Aerotriangulation zur Überbrückung festpunktloser Räume hinzu. Hierzu hat S. Finsterwalder grundlegende Fehlergesetze (1933) aufgestellt und 1931 die Einbeziehung einfacher terrestrischer astronomisch orientierter Basismessungen an den Knotenpunkten weitgespannter Aerotriangulationsketten vorgeschlagen.<sup>1</sup> Eine ganze Anzahl Arbeiten galt der Durchforschung weiterer Möglichkeiten, u. a. deren der Nadirtriangulation, sowie der Vorteile, welche die Hinzunahme von Aufnahmen nach der Sonne für die Orientierung von Luftaufnahmen bietet. O. v. Gruber betont noch das Verdienst S. Finsterwalders, das erste vollautomatische Entzerrungsgerät für Schrägaufnahmen geschaffen zu haben, das im ersten Weltkrieg Verwendung fand und richtungweisend bei der späteren Entwicklung von Entzerrungsgeräten für Senkrechtaufnahmen war.

Das Wirken S. Finsterwalders auf dem Gebiet der Gletscherforschung und Glazialmorphologie behandeln zusammenfassend Hans Heß und M. Laggally im Vorwort zu dem 1932 erschienenen Finsterwalder-Festband der Zeitschrift für Gletscherkunde. Der durch seine außergewöhnlichen Vorstöße zuletzt 1845 bekannt gewordene Vernagtferner im Ötztal war hier zunächst das Hauptforschungsobjekt. S. Finsterwalder behandelte ihn einschließlich seines Firn- und Einzugsgebiets sowie seines Moränenfeldes in einer gründlichen tiefdringenden Monographie (1897), nachdem er ihn vollständig großmaßstäbig aufgenommen hatte. Neben der Karte war das Wichtigste die von ihm entwickelte, seither unter seinem Namen in die Wissenschaft eingegangene geometrische Gletscherbewegungstheorie, nach der sich jeder Punkt des Firngebietes auf dem Weg durch den Gletscherkörper schließlich auf der Zunge abbildet. Diese Theorie klärt gleichzeitig ferner die Entstehung und Art der Moränen und ist auch für die Erkenntnis des Verhaltens und der Wirkung der eiszeitlichen Gletscher bedeutungsvoll geworden. Mit größtem Eifer verfolgte S. Finsterwalder die Gletscherschwankungen messend und beobachtend. Eine gewaltige physische Leistung sind die diesbezüglichen Arbeiten, die er meist mit Unterstützung des Alpenvereins an einer ganzen Anzahl typischer Ostalpengletscher persönlich vornahm. Die Messungen erstreckten sich dabei auch auf die Feststellung der Eischwindigkeit, ihres horizontalen und vertikalen Anteils, sowie ihrer jährlichen und jahreszeitlichen Schwankungen. Die so gewonnenen Ergebnisse haben ihm dann die Grundlage für seine Theorie der Gletscherschwankungen gegeben. Enttäuschend war für ihn die Tatsache, daß entgegen aller

<sup>1</sup> Siehe R. Finsterwalder, *Photogrammetrie*, S. 242, Berlin 1952.



Erwartung um 1900 kein allgemeiner Gletschervorstoß eintrat, einzig und allein erfolgte ein solcher von 1897 bis 1903 am Vernagtferner. Diesen Vorstoß erkannte er aber bereits im ersten Entstehen und verfolgte ihn konsequent durch photographische Aufnahmen, die während zehn Jahren stets vom selben Standpunkt aus erfolgten. Die Bilder sind von Reschreiter künstlerisch in Großformat ausgestaltet eine Zierde des alpinen Museums in München gewesen und geben eindrucksvoll den gewaltigen Vorgang eines Gletschervorstoßes wieder. 1953 konnte auf Grund der zahlreichen von Finsterwalder und seinen Schülern seit 1886 bearbeiteten genauen Gletscherkarten der Gletscherrückgang in den Ostalpen zusammenfassend bearbeitet werden. Lagally schreibt, daß „ein Rückblick auf die gletscherkundlichen Arbeiten S. Finsterwalders mit einem Rückblick auf die Geschichte der Gletscherforschung mindestens in den Ostalpen fast identisch ist“.

Ein großes Anliegen war für S. Finsterwalder die Pflege der Kartographie. Über den Beitrag Sebastian Finsterwalders zur Kartographie hat der Verfasser in den Sitzungsberichten der Akademie 1953 das Wesentliche zusammengestellt.

Ein vollständiges Schriftenverzeichnis S. Finsterwalders verdanken wir M. Kneißl 1942.

#### Literatur

- E. Schlagintweit: Allg. Deutsche Biographie 1890, Bd. 31, S. 336-347.  
 H. v. Schlagintweit: Die Pässe über die Kammlinien des Karakorum und Kuenlun. Der klimatische Charakter der pflanzengeographischen Verhältnisse Hochasiens, Abh. d. K. B. Ak. 1876. – Die Regenverhältnisse in Indien und Hochasien. Abh. d. K. B. Ak., Bd. XIV, 1883.  
 E. Schlagintweit: Der höchste Berg der Erde. Peterm. Mitt. 1891. Siehe auch Peterm. Mitt. 1888 und 1890.  
 Max Schlagintweit: Die Höhenmessung des Everestberges durch Hermann Schlagintweit 1855 auf dem Falut und 1857 auf dem Kauliaberg bei Katmandu. Peterm. Mitt. 1890.  
 R. Finsterwalder: Forschung am Nanga Parbat, Hannover 1935.  
 W. Kick: Auf den Spuren Schlagintweits. Mitt. d. D. Alpenvereins 1958, S. 37.

\*

- Clauss: Sebastian Finsterwalder als Geodät. Z. f. Vermessungswesen 1932, S. 721.  
 M. Kneißl: Sebastian Finsterwalder zum 80. Geburtstag. Bildmessung und Luftbildwesen 1942, S. 53 mit Schriftenverzeichnis.  
 Ders.: Sebastian Finsterwalder zum Gedächtnis. Z. f. Vermessungswesen 1952, S. 1.  
 Deutsche Ges. f. Photogrammetrie: Sebastian Finsterwalder zum 75. Geburtstag. Festschrift. Verl. Wichmann, Berlin 1937.  
 R. Klebelsberg: Z. f. Gletscherkunde XX. Bd. 1932, Finsterwalder-Festschrift mit Beiträgen von R. Rehlen, Hans Hess und M. Lagally.  
 R. Finsterwalder: Der Beitrag von S. Finsterwalder zur Kartographie. Sitzungsber. d. B. Ak. d. Wiss. 1953 S. 257.

## PHYSIK

*Von Walther Gerlach*

*Mit Beiträgen von Fritz Bopp, Walther Meißner, Georg Joos  
und Eduard Rüdhardt*

Von der großen Entwicklung der Physik – vor allem in den letzten 150 Jahren – geben die Veröffentlichungen der Bayerischen Akademie der Wissenschaften nur wenig kund. Viele Physiker des In- und Auslandes, welchen die entscheidenden Entdeckungen gelangen, waren Mitglieder der Akademie, aber nur wenige haben in ihren „Berichten“, „Denkschriften“ und „Abhandlungen“ etwas veröffentlicht. Doch gibt es einige – allerdings ganz besondere – Ausnahmen: Joseph Fraunhofers Entdeckung der Absorptionsspektrallinien im Sonnenspektrum, auf der ganzen Welt als „Fraunhofer-Linien“ bekannt (1817), Fraunhofers Entdeckung des Beugungsgitters, die Theorie der Beugung, sowie ihre Bedeutung für die Auflösung optischer Abbildungsgeräte (1822/23) und seine Theorie des Mondhofs und der Haloerscheinungen als Beugungs- und Brechungsphänomene (1825); 1878 und 1883 Philipp Jollys „Wägung der Erde“; sodann die Entdeckung der Interferenz der Röntgenstrahlen durch Max v. Laue, W. Friedrich und P. Knipping, von Arnold Sommerfeld am 8. 6. 1912 erstmals in einer Akademiesitzung bekanntgemacht, und schließlich die für die Entwicklung der Quantentheorie des Atombaus und der Spektrallinien grundlegenden Arbeiten von Arnold Sommerfeld (in den Sitzungsberichten ab 1915).

Wir geben im folgenden einige Erinnerungen an Mitglieder der Akademie, die durch ihr Wirken in München mit ihr besonders nahe verbunden waren.

Wir stellen voran Namen ausländischer Physiker, welche als Mitglieder der Akademie und durch ihre Arbeiten auch für die Münchener Mitglieder von besonderem Wert waren, mit einigen Worten über ihre besonderen Leistungen, geordnet nach dem Jahr ihrer Wahl, mit Angabe des Jahres, in welchem ihnen Entdeckungen besonders nachhaltiger Bedeutung gelangen.

JEAN BAPTIST BIOT in Paris (1774–1862; Akademiemitglied 1808): Experimentelle Arbeiten verschiedener Art, Verfasser eines berühmten Lehrbuchs; Biot-Savartsches Gesetz der Elektrodynamik (1820).

HUMPHRY DAVY in London (1778–1829; Akademiemitglied 1808): Grundlegende Versuche mit der „Voltabatterie“: Elektrolyse wäßriger Lösungen,

Elektrolyse geschmolzener Salze, Entdeckung und Herstellung von Natrium, Kalium u. a. Elementen (ab 1800). Davy selbst antwortete auf die Frage nach seiner größten Entdeckung: die Entdeckung von Michael Faraday!

LOUIS JOSEPH GAY-LUSSAC in Paris (1778–1850; Akademiemitglied 1808): Vor allem Wärmeverhalten von Gasen und Dämpfen; Gay-Lussac-Gesetz (1802); Unabhängigkeit der inneren Energie eines Gases von seinem Volumen (1807), erster Elektromagnet (s. Arago) 1822.

ALESSANDRO CONTE DI VOLTA in Pavia (1745–1827; Akademiemitglied 1808): Entdecker des „Voltaelements“ (1800), welches die Grundlage für die Entwicklung der Elektrizitätserforschung im 19. Jahrhundert wurde.

HANS KRISTIAN OERSTED in Kopenhagen (1777–1851; Akademiemitglied 1809): Entdeckung des einen Stromleiter umgebenden Magnetfeldes (1820).

GEORGE BIDELL AIRY in Greenwich (1801–1892; Akademiemitglied 1840): Airysche Spirale für die Theorie der Interferenz und experimenteller Nachweis, daß bei Beobachtung mit einem mit Wasser gefüllten Fernrohr die Aberration sich nicht ändert (1871).

DOMINIQUE FRANÇOIS ARAGO in Paris (1786–1853; Akademiemitglied 1843): Arbeiten über die Polarisierung des Lichtes, vor allem der entscheidende Versuch (1819), daß senkrecht zueinander polarisierte Strahlen gleicher Wellenlänge nicht interferieren, das experimentum crucis für die Transversalität der Lichtschwingungen. Erster Elektromagnet (s. Gay-Lussac) 1822.

MICHAEL FARADAY in London (1791–1867; Akademiemitglied 1847): Wohl der größte Experimentator aller Zeiten; Entdeckung der elektromagnetischen Induktion (1831), Faradaysche Gesetze der Elektrolyse (1834), Entdeckung des Dia- und Paramagnetismus und vieler anderer Grundphänomene; Entwicklung und Vorstellung der magnetischen und elektrischen Felder („Faradays Kraftlinien“) und damit Begründung der Nahewirkung an Stelle der Fernwirkung; Grundlage der Theorie von James Clerk Maxwell (1831–1879), der sonderbarerweise nicht Mitglied der Akademie war.

FRANCESCO ZANTEDESCHI in Padua (1797–1873; Akademiemitglied 1852): Entdecker der „horizontalen“ Fraunhoferschen Linien, die sich als Bilder von Staubteilchen auf dem Spektrographenspalt erwiesen!

VICTOR HENRI REGNAULT in Paris (1810–1878; Akademiemitglied 1853): Präzisionsmessungen über das thermische Verhalten der Gase; Bestätigung der Gesetze von Dalton und Gay-Lussac.

CHARLES WHEATSTONE in London (1802–1875; Akademiemitglied 1854): u. a. Erfinder der „Wheatstoneschen Brücke“ zur elektrischen Widerstandsmessung (1843); Theorie, daß die verschiedenen Vokale sich nur durch die Obertöne unterscheiden (1837).



WILLIAM THOMSON (Lord Kelvin) in Glasgow (1824–1907; Akademiemitglied 1859): Entdeckung der Temperaturänderung bei der Druckänderung von Gasen ohne äußere Arbeitsleistung (Thomson-Joule-Effekt; Grundlage für die experimentelle Gasverflüssigung); abschließende Fassung des Energieerhaltungssatzes, II. Hauptsatz der Thermodynamik (1851).

JOHN TYNDALL in London (1820–1893; Akademiemitglied 1869): Universeller Experimentalphysiker; Tyndall-Phänomen (Streuung des Lichtes, 1868/69); Gletscherforschung.

GEORGE GABRIEL STOKES in Cambridge (1819–1903; Akademiemitglied 1888): Abplattung der Erde (1849); Stokes' Gesetz für Fall kleiner Teilchen im reibenden Medium; erste quantitative Untersuchung der „Fluoreszenz“ und „Phosphoreszenz“ (Bezeichnungen von Stokes) und Stokessche Regel (1852); erste Wellentheorie der Röntgenstrahlen (1896).

LORD RAYLEIGH in London (1842–1919; Akademiemitglied 1890): Strahlungsgesetz für lange Wellen (Rayleigh-Jeans' Gesetz); „Rayleigh-Wellen“ (Oberflächenwellen); „Rayleigh-Streuung“ des Lichtes von kleinen Teilchen; „Rayleigh-Scheibe“ zur Messung des Schalldrucks.

HENDRIK ANTOON LORENTZ in Haarlem (1853–1928; Akademiemitglied 1895): Begründer der Elektronentheorie; Lorentz-Transformation.

JOSEPH JOHN THOMSON in Cambridge (1857–1939; Akademiemitglied 1907): Grundlegende Versuche über Elektrizitätsleitung in Gasen; erste Präzisionsmessung der spezifischen Ladung des Elektrons (1897).

ERNEST RUTHERFORD in Manchester, später Cambridge (1871–1937; Akademiemitglied 1911): Grundlegende Arbeiten über die Radioaktivität (seit 1900); Kernmodell des Atoms (1911); erste künstliche Atomumwandlung (1918/19).

NIELS BOHR in Kopenhagen (Akademiemitglied 1926): Begründer der Quantentheorie des Atombaus; Bohrs Atommodell (1913); Korrespondenzprinzip; Tröpfchenmodell des Atomkerns 1939.

ROBERT ANDREWS MILLIKAN in Pasadena USA (1868–1948; Akademiemitglied 1931): Erste Präzisionsmessung der Ladung des Elektrons (1916); Spektren hochionisierter Atome; Höhenstrahlenforschung.

PIETER ZEEMAN in Amsterdam (1865–1943; Akademiemitglied 1932): Entdeckung des Zeemaneffekts (1896); Magnetfelder in Sonnenflecken.

#### JOHANN WILHELM RITTER

Der Geograph Karl v. Raumer hatte den schwerkranken Professor der Physik JOHANN WILHELM RITTER\* (1776–1810; Akademiemitglied 1804)

besucht, „in einem wüsten Zimmer, in welchem alles mögliche – Bücher, Instrumente, Weinflaschen – durcheinander lag. Er selbst war in einer unbeschreiblich aufgeregten Stimmung voll verbissener Feindseligkeit. Hintereinander stürzte er Wein, Kaffee, Bier und was alles für Getränke in sich, als wenn er in seinem Innern ein Feuer löschen wollte.“ Wenig später – am 23. 1. 1810 – war Ritter tot.

Am 28. 9. 1800 hatte GOETHE an Schiller geschrieben: „Rittern habe ich gestern bei mir gesehen, es ist eine Erscheinung zum Erstaunen, ein wahrer Wissenshimmel auf Erden.“

In den dazwischenliegenden zehn Jahren ist eine furchtbare Tragödie abgelaufen, deren zweiter Teil in München spielte – denn Ritter war 1804 als Conservator der mathematisch-physikalischen Sammlungen der Akademie von Jena nach München berufen und im gleichen Jahr zum Mitglied der Akademie gewählt worden.

Jena verließ er, weil sich schon der Vorbedingung für akademische Tätigkeit, seiner Promotion, Schwierigkeiten entgegenstellten – eine Prüfung durch ihm geistig Unterlegene sollte er auch noch bezahlen! – Das Geld konnte er aber überhaupt nicht aufbringen; und wenn er von hohen Gönnern etwas (oft nicht wenig!) bekam, so wurde es bis auf den letzten Heller verjubelt –, ihm waren Geld, Wohlstand, Ansehen, bürgerliche Lebensformen und konventionelle Rücksichten total gleichgültig. Dieses aber war die Maxime eines Kreises genialer Menschen, der sich um August Wilhelm und Friedrich Schlegel und ihre Frauen gebildet hatte, und mit dem Clemens Brentano, Savigny, Schelling und vor allem Novalis (Friedrich Graf Hardenberg) in enger Verbindung standen; letzterer hatte Ritter („... die anderen sind nur Knappen“) diesem Kreise zugeführt.

Am 9. 11. 1803 schreibt Schiller nochmals an Goethe: „Ohne Zweifel haben Sie in Jena davon gehört, daß bei den Studenten ein großes Verlangen sich zeigt, den Ritter zu hören.“ (Eine Subskriptionsliste mit 40 Anmeldungen lag schon vor.) „Man sagte mir, daß die Studenten bei dem Herzog bittlich darum einkommen wollen, ihn zum Professor zu machen. Es möchte wohl gut sein, ihn fest zu halten, weil er . . . bei der allgemeinen Bewegung auch könnte weggeführt werden.“

In der Tat nimmt Ritter im folgenden Jahr den Ruf nach München an, die Versprechungen locken ihn, aber mehr als eine konnte bei der zweifelhaften politischen Lage nicht erfüllt werden – schon das Reisegeld nach München mußte er sich pumpen! Und schlimmer als alles: er vereinsamte geistig.

Ritter war Apothekergehilfe im Schlesischen, kam 1796 20jährig zum Studium nach Jena. Schon nach einem Jahr ist er weithin bekannt. Bei Wiederholung von Galvanis Froschschenkelversuchen stellte er wohl als

erster fest, daß es bei der elektrischen Erregung der Zuckungen auf Zusammenwirken von Nerv und Muskel in einem geschlossenen Stromkreis ankommt. Das ist seine erste große Entdeckung – der Zusammenhang von „Galvanismus und Lebenskraft“ bezaubert ihn. Da aber alle Natur eine Einheit ist, muß auch in der „anorganischen“ Natur das „galvanische Prinzip“ bestehen. Besessen von dieser sonderbaren Idee macht er sich ans Experimentieren. Er stellt die elektrische Spannungsreihe der Metalle auf und zeigt ihre Parallelität zur Verwandtschaft der Metalle zu Sauerstoff sowie mit der Ausfällbarkeit von Metallen aus ihren Salzlösungen durch Metalle (wobei er wiederum die Bedingung des geschlossenen Stromkreises erkennt). Er entdeckt hierbei schon den thermoelektrischen Effekt; er findet die chemische Wirkung galvanischer Ketten, die Wasserzersetzung (wobei er Wasserstoff und Sauerstoff getrennt auffängt), er benutzt diese zur Messung elektrischer Ströme, er baut verbesserte Voltasche Elemente (mit dem billigen Kupfer, statt dem teuren Silber), er demonstriert den elektrischen Lichtbogen mit der staunenswerten Helle und hohen Temperatur; er erkennt die „Elektrochemie“ in den Voltaschen Elementen, die elektrolytische Polarisation, er baut hier nach (deutet aber noch nicht richtig) die Polarisations-elemente (Vorstufe der Akkumulatoren), 1805 ist er dicht an der Erkenntnis des Ohmschen Gesetzes – das sind nur einige Beispiele seines genialen Spielens auf einem neuen Gebiet der Erkenntnis. Aber der Romantiker springt von Effekt zu Effekt, während z. B. Davy mit Bedacht und Konsequenz alle diese auch von ihm – aber meist später – gefundenen Effekte ausarbeitet. – „Die Ankündigung darf nicht befremden, daß das System der Elektrizität zugleich das System der Chemie und umgekehrt werden muß.“ Ritter will mit dem „Galvanismus“ alles erfassen; in ihm sieht er noch weit mehr: Das uns zugänglich gewordene Zeichen des „Lebensprinzips“, der „Weltseele“, das es nur noch zu deuten galt. In den Fragmenten von Novalis steht viel über diese zügellos-mystischen Phantasien, welche den Dichterkreis begeisterten, – „der Galvanismus ist wohl weit allgemeiner als selbst Ritter glaubt“ schreibt er. – In die Münchner Jahre fallen noch vor allem seine Tierversuche über die elektrische Reizung von Nerven – aber auch seine schon kritiklose Beschäftigung mit dem siderischen Pendel und andere Phantastereien, die ihm mehr und mehr seine Freunde nahmen. –

Goethe hatte Ritter durch seinen Vortrag in der Jenaischen Naturforschenden Gesellschaft (28. 10. 1797), kritische Bemerkungen zu ALEXANDER v. HUMBOLDTS Arbeit über gereizte Muskeln und Nerven, kennengelernt. Am 16. 7. 1798 schreibt er an WILHELM v. HUMBOLDT über sein Wirken zur Verbesserung der Jenaer Universität: „In den Naturwissenschaften scheinen wir uns bald sehr gut einzurichten. Scherer, der aus England zurück ist, etabliert



sich in Belvedere (Weimar), er wird wohl Rittern als Mitarbeiter zu sich nehmen, und Schelling kommt als Professor nach Jena“. Wenige Tage später (23. 7.) steht im Brief von Schiller, er habe Ritters Schrift über „Galvanismus“ bekommen, sei aber wenig befriedigt über die schwerfällige Art des Vortrags, obgleich in der Schrift viel Gutes stecke; und Goethe antwortet umgehend, auch er finde den Vortrag freilich dunkel; er habe ihn aber nun bei Scherer in Belvedere und „nun doppelte Ursache, auf den ganzen Kreis der Versuche acht zu geben“. Zwei Jahre später erfahren wir aus einem Brief an Schiller, daß er „mit Rittern höhere Physik gesprochen“ – seinen Begeisterungsausbruch haben wir eingangs zitiert – und daß Ritter ihm Herschels „neue Entdeckungen“ gebracht habe, über welche Ritter auch arbeite und in denen er Zusammenhänge mit seiner Farbenlehre zu sehen glaube.

Damit kommen wir zur zweiten großen Entdeckung Ritters: Der ultra-violette Strahlungsanteil in der Strahlung der Sonne, gefunden am 22. 2. 1801.

Herschel hatte 1800 das Ultra-Rot entdeckt, als er von der subjektiven Betrachtung des Sonnenspektrums zu einer quantitativen Analyse überging, nämlich der Messung der relativen Intensität der verschiedenen Farben im Sonnenspektrum durch ihre Wärmewirkung. Hiermit beginnt die Einführung von quantitativen Meßverfahren für Dinge, welche mit unseren Sinnen nur qualitativ wahrgenommen werden können. Diese Erweiterung unserer Sinnesorgane ermöglichte die Entdeckung der starken Strahlung jenseits des roten Endes des Spektrums und kontinuierlich anschließend an dasselbe, des schon genannten Ultra-Rot; sie brachte also auch eine Erweiterung der Qualität unserer Sinne, den Nachweis einer Naturerscheinung, für welche der Mensch kein Organ hat.

FRIEDRICH WILHELM HERSCHEL (1738–1822; Akademiemitglied 1808) war im englischen Hannover geboren, als Militärmusiker kam er nach England. Als Liebhaberastronom entdeckte er 1781 den Planeten Uranus, als Sir William war er ein hochgeachteter und gefeierter Astronom, dem der englische König reiche Mittel für seine Arbeit und sein Leben zukommen ließ. Herschel hatte schon beobachtet, daß Chlorsilber durch violette Licht stärker als durch andere Farben verfärbt wird – hierauf baut später der Kunst-, Panorama- und Dioramamaler LOUIS JACQUES MANDÉ DAGUERRE (1787–1851) das photographische Verfahren auf. Am 7. 1. 1839 legt er seine „Photographien“ – aber ohne Bekanntgabe des Verfahrens – der französischen Akademie vor; im gleichen Jahre wurde Daguerre Mitglied der Bayerischen Akademie, in deren Akten er als „Chemiker“ geführt wird.

Doch zurück zu Ritter; dieser nahm Herschels Versuche mit „Hornsilber“ auf und entdeckte 1801 eine noch viel stärkere Verfärbung desselben durch eine unsichtbare, jenseits der violetten Spektrumsgrenze liegende „ultra-vio-

lette“ Strahlung. Über Herschels und Ritters Entdeckung ist mancherlei im Briefwechsel zwischen Goethe und Schiller enthalten.

Einen ausführlichen Brief hatte Goethe am 7. 3. 1801 an Ritter geschrieben mit z.T. sehr sinnvollen Bedenken über die Deutung der Entdeckung des „so scharfsichtigen und scharfsinnigen Mannes“. Er bringt die Verfärbung des Chlorsilbers mit der Phosphoreszenz der „bononischen Leuchtsteine“ zusammen, die Identifizierung der „physischen und chemischen Farben“. Und in der Farbenlehre handelt ein ganzer Abschnitt über Ritters Entdeckung („Von der chemischen Aktion des Lichtes und der farbigen Beleuchtung“), welche Goethe in mannigfachen Versuchen wiederholte, in denen er ganz besonders die Rückbildung einer schwachen Verfärbung von feuchtem Hornsilber durch rotes Licht, eine Verstärkung derselben durch violetteres Licht beschreibt, eine äußerst wichtige Beobachtung! Und in einem, in die Farbenlehre eingefügten Abschnitt von THOMAS JOHANN SEEBECK (1770–1831; Akademiemitglied 1809) steht, daß Ritter auch das (wie wir heute sagen) „Ausleuchten“ phosphoreszierender Steine durch rotes Licht gefunden habe. Freilich deutet Goethe alles ganz anders als wir heute – manchmal gar nicht im Sinn seiner eigenen Farbentheorie, nach welcher die Farben einen Kreis bilden, so daß sich die Eigenschaften des Violett an die des Rot anschließen sollen und nicht „polar“ sind – polar in Goethes Sinn, den er aber hier sonderbarerweise nicht anwendet!

Leider habe ich nicht finden können, wie Ritter sich hierzu stellte. –

Wo liegt der Grund für das tragische Schicksal dieses genialsten deutschen Physikers aus den ersten Jahrzehnten des 19. Jahrhunderts? Er lebte in einem Land, in dem die neue Physik noch nichts galt; er lebte in einem Kreise, der einer ausschweifenden geistigen Romantik huldigte – ihm schließt er sich an. „Ritter sucht durchaus die eigentliche Weltseele der Natur auf; er will die sichtbaren und ponderabilen Lettern lesen lernen“, so lautet das Fragment 1418 von Novalis (Ausgabe von Kluckhohn 1943). „Die Briefe deines Ritter!“ schreibt Bettina in flammender Begeisterung, „Er singt ja zu mir . . . Mir sind Ritters Briefe ein Zauberspiegel seiner Geistesnatur – nichts von Ordnung darin!“ Niemals lernte er ein systematisches Forschen, der Weimar-Jenaer Kreis war diesem nicht hold. „Die Erde selbst war erst Künstler und Dichter, ehe sie Physiker wurde und das Individuum wiederholt nur die Geschichte des Ganzen“ steht in Ritters Fragmenten (und „Die Physik als Kunst“ ist der Titel seiner Rede bei der Jahresfeier der Akademie 1806); er ist geehrt, geliebt verwöhnt – mit seinem Weggang von Jena und mit Schillers Tod wird er vergessen.

Erhalten sind, außer Zeitschriftenartikeln und Büchern, die „Fragmente aus dem Nachlaß eines jungen Physikers“ (Inselbücherei, alte Nummer 532)

mit einem kurz vor dem Tode geschriebenen „Vorwort zu den Fragmenten“. Sein wissenschaftlicher Nachlaß, seine wissenschaftlichen Journale sind verschollen. „Nur Spuren seiner Persönlichkeit leben in seinem Werke fort“ – schreibt H. Schimank.

SAMUEL THOMAS VON SOEMMERRING  
UND DIE ENTWICKLUNG DER NACHRICHTENTECHNIK

Es ist wenig bekannt, daß die Wiege der elektrischen Nachrichtentechnik in der damals drei Jahre alten königlich-bayerischen Akademie der Wissenschaften stand; das Kind war zwar nicht recht lebensüchtig und gewissermaßen illegitim: die Mutter war nämlich ein Mediziner, der Anatom und Physiologie an der Akademie SAMUEL THOMAS SOEMMERRING\* (1755–1830; Akademiemitglied 1805), der Vater der neue König MAX JOSEPH I.\* Früher hatte Soemmerring sich vor allem mit dem Auge beschäftigt und die macula lutea auf der Netzhaut entdeckt. 1805 wurde er aus Frankfurt am Main an die Akademie berufen und zum Mitglied gewählt. 1820 ging er nach Frankfurt zurück.

Um die Wende vom 18. zum 19. Jahrhundert wurde die Ungeduld der Militärs und der Politiker immer größer, so daß ihnen die Geschwindigkeit der Nachrichtenübermittlung nicht mehr genügte. In den Jahren nach der Französischen Revolution hatte Claude Chappe den bekannten optischen Telegraphen mit Winkern gebaut, der jedoch Tageshelle und klare Sicht voraussetzte. Als man im neuen Königreich Bayern Kriegswolken herannahen sah, beauftragte Max Joseph I. die Akademie, ihm auch eine schnelle Nachrichtenübermittlung zu bauen. Hiervon erfuhr Soemmerring, der sich wie viele Mediziner mit den Entdeckungen von Galvani und von Volta und ihren Folgen befaßte und besonders durch den Akademiker Johann Wilhelm Ritter über die Elektrolyse, die Zersetzung von – wie man damals noch nicht wußte – mit Salzen verunreinigtem Wasser unterrichtet war. In einem aus Voltaelement und elektrolytischer Zelle bestehenden Stromkreis trat die Zersetzung des Wassers, sichtbar an der Bildung von Knallgasbläschen, „gleichzeitig“ mit dem Stromschluß ein, auch wenn die Leitungsdrähte sehr lang waren.

In dieser Erscheinung erkannte Soemmerring die Möglichkeit einer schnellen Nachrichtenübermittlung: Je zwei Drähte für jeden Buchstaben des Alphabets führten zur Empfangsstation, zu 25 elektrolytischen Zellen, jede



einem Buchstaben zugeordnet. An der Sendestation konnte das Strom liefernde Voltaelement an eine dieser 25 Buchstaben-Doppelleitungen angeschlossen werden. Die Zelle, in der Gasbläschen entstanden, zeigte den Buchstaben, welcher telegraphiert werden sollte. Es ist die Erfindung des Soemmerringschen elektrolytischen Telegraphen, die erste technische Anwendung der Elektrizität, in der Akademie gezeigt am 28. 8. 1809, dem 60. Geburtstag J. W. Goethes, der gerade ein Jahr vorher Akademiemitglied geworden war (– aber als „Staatsminister“, nicht als Naturforscher!). Goethe verehrte Soemmerring, den „würdigen, alten Freund“. 1803 hatte er ihn mit einem persönlichen Brief nach Jena berufen, zu seinen Einnahmen „1000 Thaler außerordentlichen Zuschuß, als das Maximum das man gleich ohne zu markten ausspricht“, eine Wohnung im Schloß, „geräumiges Auditorium“ usw. und „den Geheimen Hofraths-Charakter als unseren höchsten akademischen“ „mit Vergnügen“ angeboten. Daß Soemmerring den Ruf ablehnte, hat er ihm anscheinend übelgenommen – der Briefwechsel hört auf; aber er vergaß ihn nicht. Als ihm die Todesnachricht gebracht wurde, sagte er zu Soret: „Da ist Soemmerring eben mit 75 Jahren gestorben. Wie dumm die Menschen sind, daß sie nicht den Mut haben, länger zu leben.“ –

Zur technischen Ausführung kam die Soemmerringsche Erfindung nicht. 1833 bauen Gauß und Weber die erste telegraphische Verbindung in Göttingen zwischen Sternwarte und Universität unter Benutzung der gerade (1831) von MICHAEL FARADAY (1791–1867; Akademiemitglied 1847) entdeckten elektromagnetischen Induktion. Ohne Stromquelle (eine solche benutzte Ampère in einem Vorschlag von 1820), durch relative Bewegung eines Magneten gegen eine Drahtspule können in einem Stromkreis positive und negative Stromstöße erzeugt werden, welche in einer Doppelleitung zur Empfangsstation gehen, wo sie den Magneten eines Nadelgalvanometers, das vor allem von JOHANN SALOMON CHRISTOPH SCHWEIGGER (1779–1857; Akademiemitglied 1813) verbessert worden war, nach „rechts“ (r) oder „links“ (l) ausschlagen lassen. Aus seinen Bewegungen können die Buchstaben zusammengesetzt werden (später „Morsealphabet“, zum Beispiel a: rl, b: lrrr, c: lrlr usw.).

KARL FRIEDRICH GAUSS (1777–1855), der berühmte Mathematiker, war schon 1808 Mitglied der Akademie geworden, WILHELM WEBER (1804–1891), einer der Göttinger Sieben, 1840 in die Akademie gewählt und in den Akademielisten als „entlassener Professor der Universität Göttingen“ geführt!

1837 macht KARL AUGUST STEINHEIL\* (1801–1870; Akademiemitglied 1827) beim Bau der Eisenbahntelegraphenlinie Nürnberg-Fürth die wichtige Entdeckung, daß man mit einem Draht zwischen Sender und Empfänger

auskommt, weil man die „Rückleitung“ durch die Erde führen kann. Es folgen viele Konstruktionen – WHEATSTONE (1802–1875; Akademiemitglied 1854), Werner Siemens u. a.; auch WILLIAM THOMSON (Lord Kelvin, 1824–1907; Akademiemitglied 1859) erfand einen Empfangsapparat, den „syphon recorder“, aus dem später das d'Arsonvalsche Drehspulengalvanometer hervorging.

Hier brechen die unmittelbaren Beziehungen der Bayerischen Akademie zur Nachrichtentechnik mit Draht ab – ohne Draht bestehen sie bis zur Gegenwart in dem Werk von WILHELM ADOLF JONATHAN ZENNECK\* (1871 bis 1959; Akademiemitglied 1917). 1838 hatte HEINRICH HERTZ (1857–1894; Akademiemitglied 1893) den experimentellen Schlußstein zu der elektromagnetischen Theorie von James Clark Maxwell gelegt: es gelang ihm der Nachweis, daß von einem hochfrequenten elektrischen Schwingungskreis transversale elektromagnetische Wellen in den Raum ausstrahlen, welche aus periodisch-wechselnden elektrischen und magnetischen Feldern bestehen, die zueinander senkrecht stehen und amplitudenmäßig um eine viertel Wellenlänge gegeneinander verschoben sind. Diese Wellen hatten – bei einer  $10^6$  mal größeren Wellenlänge – alle Eigenschaften des „optischen“ Lichtes, d. h. sie zeigten Reflexion, Brechung, Beugung, Interferenz, Polarisation und liefen mit der Geschwindigkeit des Lichts durch den leeren Raum.

Der italienische Ingenieur Guglielmo Marconi erkannte in einer Besonderheit dieser langen elektromagnetischen Wellen ihre Ausnutzbarkeit zur Übermittlung von Energie auf sehr große Entfernungen: sie werden in ihrer Ausbreitung durch Hindernisse der verschiedensten Art fast gar nicht gestört, ihr Durchdringungsvermögen durch die Atmosphäre ist außerordentlich viel größer als das von optischem Licht. Ende des letzten Jahrhunderts war damit die „drahtlose Telegraphie“ erfunden. Nach den ersten Bekanntmachungen griff der Straßburger Physiker Ferdinand Braun mit neuen theoretischen und experimentellen Ideen in diese Entwicklung ein und beauftragte seinen Assistenten Zenneck mit vergleichenden Versuchen über den Marconischen und Braunschen Sender auf der Nordsee 1899–1900. Seit dieser Zeit hat Zenneck in zahlreichen Beiträgen die Entwicklung der Physik und Technik von Erzeugung und Ausbreitung der elektromagnetischen Schwingungen gefördert, bis zu der Analyse der Heavyside-Schichten mit der von ihm geschaffenen Station am Kochelsee.

Es sei nicht vergessen, daß auch Arnold Sommerfeld (siehe S. 107) zum Problem der Ausbreitung elektromagnetischer Wellen längs der gekrümmten Erdoberfläche, der Oberflächenwellen und der Raumwellen, grundlegende Arbeiten geschaffen hat.

## JOSEF FRAUNHOFER

Entsprechend dem Artikel LVIII der Stiftungsurkunde, in welchem die Akademie angewiesen wurde, „vorzüglich auf solche Beobachtungen sich zu verwenden, die dem gemeynen Wesen Nutzen bringen können“, war 1817 der 30jährige „Optiker“ JOSEPH FRAUNHOFER\* (1787–1826) – ohne akademisches Studium, ohne akademischen Titel – Mitglied der Akademie geworden.

Er hatte das Glasschleifen erlernt und sich in theoretischer Optik durch Eigenstudium ausgebildet. Von J. v. UTZSCHNEIDER\* war er 1807 für das gemeinsam mit G. v. REICHENBACH\* und Liebherr betriebene „mathematisch-mechanische Institut“ in Benediktbeuren verpflichtet worden, das schon nach zwei Jahren unter der Leitung des gerade 22jährigen stand. Konstruktion mechanischer und optischer Geräte, Entwicklung und technische Durchführung des Schmelzens von optischem Glas war und blieb die Aufgabe des „Instituts“; vollständig neu war die Art, wie er sie angriff: Schaffung zuverlässiger theoretischer Unterlagen für die technischen Maßnahmen und wissenschaftlich-fundierter Grundlagen für die Prüfung ihrer Richtigkeit und ihres Erfolges. Damit entwickelte Fraunhofer die erste nach wissenschaftlichen Gesichtspunkten durchgeführte Technik. In der Beschreibung des berühmten Fernrohrs, des „Dorpater Refraktors“, schreibt er später von diesem Anfang seines Wirkens, „daß teils die Theorie der achromatischen Objektive noch unvollkommen war, teils daß das Brechungs- und Farbenzerstreuungsvermögen der Glasarten, welches bei der Berechnung als genau vorausgesetzt werden muß, durch die früher angewendeten Mittel nicht genau bestimmt werden konnte, teils endlich, daß man durch die Methode, derer man sich bisher zum Schleifen und Polieren der Gläser bediente, der Theorie nicht in dem Grade genau Folge leisten konnte, als vorausgesetzt werden muß“. Daß Fraunhofer bei der Entwicklung der ersten physikalisch richtigen Methode zur Brechungs- und Dispersionsmessung für seine Prüfungszwecke die Fraunhofer-Linien fand, ist bekannt. Jahre vorher waren sie zwar von WILLIAM HYDE WOLLASTON in London (1766–1828; 1808 zum Mitglied der Akademie ernannt) beobachtet, aber nicht weiterverfolgt worden: Fraunhofer maß mit dem Okularmikrometer – es gab ja noch keine Photographie! – die Abstände von 574 Absorptionslinien im Sonnenspektrum, zeigte, daß sie auch im Spektrum des Planeten Venus vorhanden sind (siehe Seite 97); diese Untersuchungen sind die Grundlage für die Spektralanalyse der Sonne – und für die Prüfung der Gleichmäßigkeit der Glasschmelzen für die Linsen. Die Aka-



demie-Veröffentlichungen enthalten wunderbare, von ihm selbst ausgeführte Kupferstiche der Spektren.

Noch in einer anderen Weise begründete Fraunhofer die wissenschaftlich-technische Entwicklung. Als englische und französische Forscher, besonders Augustin Fresnel, zu dem Schluß kamen, daß das Licht ein transversaler Schwingungsvorgang im Raum (man sagte „Aether“) ist, stellt sich Fraunhofer zwei Fragen. Erstens: Welche optischen Instrumente können zur Analyse des Schwingungsvorganges konstruiert werden – er erfindet und fertigt das Beugungsgitter mit einer von ihm erfundenen Teilmaschine und liefert seine Theorie –; und zweitens: Welche Folgen wird diese Wellenform des Lichtes, falls sich die Hypothese als richtig erweist, für die Konstruktionsprinzipien optischer Abbildungsgeräte haben – er berechnet zahlenmäßig die Bedingung dafür, „was möglicherweise mit dem Mikroskop zu sehen ist“, nämlich wenn „ein mikroskopischer Gegenstand, der aus zwei Theilen besteht, nicht mehr als aus zwei Theilen bestehend erkannt werden kann. Dieses zeigt uns eine Gränze des Sehvermögens durch Mikroskope“. So steht in seinem Vortrag in der Akademie am 14. 6. 1823. Zu dieser Zeit war er zum „Conservator des physikalischen Cabinets der königl. bayer. Akademie“ ernannt worden – genau drei Jahre später starb Fraunhofer.

Das sind zwei Episoden aus Fraunhofers Werk; ihre spezielle und ihre allgemeine Bedeutung sind nicht klarer und eindrucksvoller darzustellen, als mit den Worten von ERNST ABBE in Jena (1840–1905; Akademiemitglied 1889). In seiner berühmten Denkschrift vom 4. 12. 1887 steht:

„Es betrifft dieses die von Utzschneider und Fraunhofer im ersten Viertel dieses Jahrhunderts in München begründete optische Werkstätte, aus deren kurzer Blüte die gesamte deutsche Optik – und zugleich ein erheblicher Teil der optischen Wissenschaft – unserer Zeit hervorgegangen ist.

Niemand kann so weit wie ich von dem Gedanken entfernt sein, dasjenige, was hier in Jena vorliegt, mit dem, was damals in München entstanden war, auf eine Linie stellen zu wollen hinsichtlich des Maßes seiner Bedeutung; hinsichtlich der Art und Richtung dieser aber ist es das gleiche – im kleineren, was dort im großen war.

Die damals – auf diesem Arbeitsfeld und überhaupt – völlig neue Idee, technische Arbeit ganz und gar unter die Leitung strenger wissenschaftlicher Theorie zu stellen, die in der Person Fraunhofers eine absolut vorbildliche Verkörperung gefunden hatte, brachte jenes Münchner Institut binnen weniger Jahre an die Spitze der ausübenden Optik, die bis dahin überhaupt nur in England und Frankreich heimisch gewesen war. Sie erzeugte aber zugleich so viel Keime des weiteren Fortschrittes, daß deren Entwicklung auf ihrem natürlichen Boden nicht nur den unbedingten Vorsprung der dortigen

Werkstätte auf ein volles Jahrhundert wenigstens hätte gewährleisten können, sondern auch den Fortschritt der gesamten wissenschaftlichen Industrie in außerordentlichem Maße hätte fördern und beschleunigen müssen.

Die Nachfolger Fraunhofers aber haben es nach dem frühzeitigen Tod wohl fertiggebracht, in kurzer Zeit Millionäre zu werden – jene fruchtbaren Anlagen aber haben sie dabei sämtlich verkümmern lassen. Einige davon sind, wie sich nunmehr herausgestellt hat, sechzig Jahre nach Fraunhofers hier in Jena zur Entwicklung gekommen.

In rechter Würdigung der Interessen, welche an die Sicherung jenes Privat-institutes sich knüpften, hat gleich nach Fraunhofers Tod die bayerische Regierung sich bemüht, dasselbe an den Staat zu bringen und als Staatsbetrieb fortzuführen.

Die Verwirklichung dieses Planes wurde verhindert durch persönliche Verstimmung und Eigensinn des sonst hochverdienten Herrn von Utzschneider. Und noch einmal, später in den 50er Jahren, als die Werkstätte nach außen hin noch im vollen Ansehen stand, die Eingeweihten aber den unabwendbaren Verfall schon voraussehen konnten, ist ähnliches wieder versucht worden. Auf persönliches Eingreifen des Königs Max II.\*, der für die in München geborene Kunst ein warmes Interesse hegte, sollte damals eine Art mittelbarer Einwirkung des Staates auf den Betrieb ermöglicht und dabei diesem eine bedeutende geistige Kraft (in der Person des älteren Steinheil, nb. ebenfalls Mitglied der Akademie seit 1835) zugeführt werden. Aber auch dieser Versuch scheiterte wieder, diesmal an dem kurzsichtigen Eigennutz der Inhaber, welche fest auf den Bedingungen bestehen wollten, daß keine Experimente gemacht werden dürften.“

Soweit Abbe! Kurz nach Fraunhofers Tod wurde an seinem früheren Arbeitszimmer in Benediktbeuren auf Wunsch König Ludwigs I. eine Gedenktafel angebracht:

HIER ARBEITETE JOSEF FRAUNHOFER  
ERFINDER DES WELLENFREIEN FLINTGLASES 1809–1819

Das war offenbar alles, was man damals von seinem Werk verstand – der gesamte Nachlaß des Junggesellen wurde vom Gericht beschlagnahmt und mangels Erben vorschriftsmäßig nach 50 Jahren vernichtet.

#### JULIUS ROBERT MAYER UND GEORG SIMON OHM

Beide gehören zu den Forschern, denen es gelang, ein neues ordnendes Prinzip aufzustellen: das alle Vorgänge in der Natur quantitativ verbind-

dende Prinzip der Konstanz der Energie und das Gesetz, nach welchem die Strom- und Spannungsverhältnisse in jedem beliebigen geschlossenen elektrischen Leitungskreis geregelt sind. Beide hatten zu leiden unter den Schattenseiten der Trägheit des wissenschaftlichen Geistes, ohne die andererseits eine solide Fundierung der Wissenschaft und ein sicheres Fortschreiten der Erkenntnis nicht möglich erscheint – das ewige, unlösbare Dilemma.

Deshalb seien einige Erinnerungen an beide hier verbunden.

Die großen Schwierigkeiten, mit welchen die geistige Umstellung durch das Gesetz von der Erhaltung der Energie zwischen 1842 und 1850 verbunden waren, erschienen – freilich etwas verspätet! – auch in den Annalen unserer Akademie von 1851 und 1859.

1842 hatten der junge Heilbronner Arzt JULIUS ROBERT MAYER (1814 bis 1878; Akademiemitglied 1860) und 1847 der Eskadronchirurgus HERMANN HELMHOLTZ (1822–1894; Akademiemitglied 1858) zweifellos ganz unabhängig voneinander eine neuartige Betrachtung physikalischer, chemischer und biologischer Vorgänge durchgeführt, welcher die These der Nicht-Erschaffbarkeit und Nicht-Zerstörbarkeit einer Größe, die man – nach Rankine – heute Energie nennt, zugrunde lag. Es war damals schwer, solche Gedanken zu veröffentlichen – sie rochen zu stark nach Naturphilosophie und Weltanschauung. Der einsame Arzt litt mehr unter der Nichtbeachtung als der angehende Berliner Physiologe, dessen medizinische Freunde als erste das Neue in der Idee erkannten. Die militärischen Vorgesetzten, denen Helmholtz seine Arbeit vorlegte, lobten ihn „für die wichtige praktische (!) Richtung, die er seinen Studien zu geben gewußt habe“. Aber – nun zitieren wir Helmholtz – „zu meinem Erstaunen nahmen die physikalischen Autoritäten, mit denen ich in Berührung kam, die Sache ganz anders auf. Sie waren geneigt, die Richtigkeit der Gesetze zu leugnen und in dem eifrigen Kampf gegen Hegels Naturphilosophie, den sie führten, auch meine Arbeit für eine phantastische Spekulation zu halten“. In der Tat lehnte mit solcher Begründung POGGENDORFF die Aufnahme der Arbeit in seine Annalen ab, so daß diese – wie auch Mayers ausführliche Abhandlungen 1845, 1848 und 1850 – als Buch erscheinen mußten.

JUSTUS LIEBIG\* (1803–1873; Mitglied der Akademie 1838 und von 1859 bis zu seinem Tod ihr Präsident) hatte die Abhandlung von 1842 mit der großartigen Berechnung des mechanischen Wärmeäquivalents in seine Annalen der Pharmazie aufgenommen, weil er in ihr eine Stütze seiner physiologisch-chemischen Ansichten sah. Nicht richtig ist, daß die von Mayer schon 1841 um Rat gefragten Physiker Nörremberg und Jolly ihn unwirsch abwiesen – Briefe von Mayer und von seinem Freund Bauer zeigen



das Gegenteil. Mayer konnte mit seinen primitiven physikalischen Kenntnissen die begreiflicher Weise skeptischen Fragen und Einwände kaum verstehen. Aber beide „ermunterten“ ihn, und Nörremberg schlug sogar ein kluges Experiment vor: er solle versuchen, ob nicht nur feste Körper durch Reibung, sondern auch Flüssigkeiten durch Schütteln warm werden. Eine der damaligen Theorien war nämlich, daß die Reibungswärme mit der Kompressibilität der festen Körper zusammenhinge – Flüssigkeiten sah man aber als inkompressibel an. Mayer machte nicht nur mit Erfolg den Versuch; seit der Unterhaltung mit Nörremberg tritt in seinen Überlegungen das Quantitative in den Vordergrund.

Die erste entscheidende Benutzung (und Zitierung) von R. J. Mayers Gesetz findet man bei Clausius in seiner Theorie der thermodynamischen Hauptsätze 1850. Ein Jahr später übersendet Mayer seine letzte Veröffentlichung mit einem ausführlichen Brief, welcher vor allem seine Bestimmungen des mechanischen Wärmeäquivalents hervorhebt, an die Bayerische Akademie der Wissenschaften.

Ich gebe einen Auszug aus dem Protokoll über die Sitzung der mathematisch-physikalischen Klasse unserer Akademie vom 10. Mai 1851:

„Der Dr. med. und praktische Arzt J. R. Mayer zu Heilbronn hat seine Schrift ‚Bemerkungen über das mechanische Äquivalent der Wärme‘ mit einem Schreiben d. d. 4. Mai eingeschickt, worin er die Idee, welche jener Schrift zugrunde liegt, ausführlich darstellt (Beil. 9). Das Schreiben sowie eine Bemerkung darüber, welche Herr Akademiker Ohm demselben beigefügt hat, wird verlesen. Auf Veranlassung einer Äußerung des Herrn Akademikers v. Kobell, daß es wünschenswert sei, über dergleichen Einsendungen in den Bulletins der Akademie nicht bloß eine allgemeine Empfangsanzeige, sondern weitere Bemerkungen kund zu geben, entspinnt sich eine Diskussion, an welcher die Herren Lamont, Ohm, Fuchs, v. Ringseis und v. Kobell teilnehmen, und als deren Resultat sich herausstellt, daß es geeigneter sein dürfte, sich nicht des weiteren darstellend oder beurteilend von Seiten der Akademie über solche Einsendungen zu äußern. Jedem einzelnen Mitgliede stehe es frei, dieses durch das Organ der gelehrten Anzeigen für sich zu tun.

Dem Dr. Mayer soll durch den Klassensekretär gedankt werden.“

Die im Protokoll erwähnte Randbemerkung des „Akademikers“ Ohm lautet:

„Diese Schrift knüpft sich an einen von demselben Verfasser in Liebigs Annalen der Chemie und Pharmacie, Band XLII, 1842 unter dem Titel ‚Bemerkungen über die Kräfte der unbelebten Natur‘ erschienenen Auf-

satz und scheint Prioritätsreklamationen hinsichtlich des in neuerer Zeit eingeführten Begriffes vom mechanischen Effekt der Wärme zum Zwecke zu haben, zu deren Unterstützung der Herr Verfasser ganz allgemein gehaltene Betrachtungen in großer Menge vorbringt. gez. Ohm.“

GEORG SIMON OHM\* (1787–1854; Akademiemitglied 1845) war 1850 als „Konservator und Akademiker“ an die mathematisch-physikalische Sammlung des Staates gekommen. Sein wissenschaftlicher Leidensweg glich in etwa dem von J. R. Mayer. Aber die Widerstände, die sich ihm entgegenstellten, hatten gewissermaßen das entgegengesetzte Vorzeichen. Argwöhnten die „Päpste“ der Physik in Mayer und Helmholtz Hegelschen Geist, so unterdrückten die Hegelianer den reinen Experimentator Ohm. Die große Ohmsche Entdeckung (1826) war der einzige bedeutendere Beitrag der deutschen Physiker zu der ersten großen Entwicklung der Elektrizitätsforschung: das Ohmsche Gesetz, heute noch so in aller Welt genannt. 1829 hatte der geborene Bayer sich aus Berlin an Ludwig I. mit der Bitte gewendet, ihm eine Lehrstelle für Mathematik und Physik, welche ihm auch „zu experimenteller Erforschung der Natur“ Zeit ließ, zu geben. Die Akademie wurde um ein Gutachten gebeten, an die er sich selbst schon um Hilfe gewandt hatte, da man ihn in Berlin allzu schlecht behandelte. Aber ihre Gutachter, der Physik fernerstehend, sahen nur auf die mathematische Umkleidung seiner Entdeckung: SIBER (O. S. B., Lyzealprofessor, Akademiemitglied 1821) erkennt in Ohms Arbeit nur den „verdienstlichen Versuch“, Mathematik auf einen Teil der Physik anzuwenden“ und STAHL, einst Professor für Mathematik und Physik in Landshut (Akademiemitglied seit 1808), der andere Gutachter, schreibt: „Auch darf ich nicht unterlassen zu bemerken, daß er der erste deutsche Analyst sei, der sich in diesem Fach versucht hat.“ Die eigentliche Leistung war vollständig verkannt.

Erst 1833 erhielt Ohm wenigstens eine Stelle an der polytechnischen Anstalt in Nürnberg, 1839 wurde er zu ihrem Direktor bestellt. Schulmäßiger Unterricht, Inspektionsaufgaben und Verwaltung – ein ganz modernes Problem! – brachten ihn immer weiter von der Wissenschaft ab. Da schreibt er am 6. Mai 1842 einen seitenlangen verzweifelten Brief an den König; gegen Schluß heißt es: „Eurer Königlichen Majestät huldvollster Gewährung im voraus fest versichert, erkühnt sich der treuehorsamste Unterzeichnete an Eure Königliche Majestät voll Vertrauen die untertänigste Bitte zu stellen: Allerhöchst dieselbe möchten ihm allernädigst erlauben einen kleinen Teil seiner Obliegenheiten auf zwei Jahre einem Stellvertreter zu übergeben. . . . Dadurch würde untertänigster Bittsteller in den Stand gesetzt, mehrere halbe Tage in der Woche jenen Versuchen zuzuwenden, die in einzelnen abgerissenen Stunden nicht durchzuführen sind und so

befähigt, wenn auch nicht die Grenzen der Elektrizitätslehre zu erweitern, doch sie gegen feindliche Angriffe sicher zu stellen.“ – „Diesen Antrag genehmigt. Rom, den 6. Juni 1842“ schrieb LUDWIG I.\* darunter.

Der „Urlaub“ hat gelohnt; zwar weiß man nichts über weitere Arbeiten über den elektrischen Stromkreis, die er ermöglichen sollte. Dafür kommt 1843 das berühmte „Ohmsche Ohr-Gesetz“. Eine physikalisch-theoretische Analyse zusammengesetzter Töne und ihrer Wahrnehmung durch das Ohr führt zur Erkenntnis, daß das Ohr nur eine reine Sinusschwingung als einfachen Ton empfindet und daß dieser „Ton“ keine Oberschwingungen hat; sie entstehen nur bei anderen periodischen Schwingungen und können vom Ohr einzeln neben dem Grundton wahrgenommen werden. Der vage Begriff „Klangfarbe“ wird erstmals physikalisch geklärt: Die Klangfarbe hängt von der Intensität des Grundtons und der Frequenz und Intensität der Obertöne ab. Daß dieses damals eine neue und gar nicht naheliegende Erkenntnis war, ersieht man aus den Einwänden, die zur Anerkennung zu überwinden waren. Ein Scherz der Weltgeschichte ist, daß Ohm völlig unmusikalisch war und sich zur Wahrnehmung der Obertöne eines Freundes bedienen mußte.

Jetzt wählte ihn die Münchner Akademie zum Mitglied (1845).

1849 kommt endlich die Berufung nach München; unter höchsten Ehrungen – unter anderem Ehrenbürger der Stadt – verläßt er Nürnberg.

Am 23. November 1849 wird Ohm zum zweiten Konservator der mathematisch-physikalischen Sammlung des Staates – als Nachfolger des nach Wien gehenden Karl August Steinheil – ernannt, am 1. Oktober 1852 zum ordentlichen Professor an der Universität München und Vorstand ihres „physikalischen Kabinetts“ berufen; am 22. März 1854 erhält Ohm als einer der ersten den gerade gestifteten „Maximiliansorden für Wissenschaft und Kunst“. Aber er ist schon ein vom Tod Gezeichneter. Kurz nach Entbindung von seinen bisherigen Verpflichtungen, die er körperlich nicht mehr erfüllen konnte, und Übertragung einer Professur für mathematische Physik schließt er am 6. Juli 1854 die Augen.

Mittlerweile hatte sich die Idee des Energie-Erhaltungssatzes langsam aber sicher durchgesetzt. Obwohl Clausius schon 1850 in seiner Annalenarbeit J. R. Mayer so zitiert hatte, daß die Priorität völlig klar war, gab Ohm noch 1851 das oben zitierte reichlich negative Gutachten ab. Man mag sich darüber um so mehr wundern, als Ohm ja selbst, wie wir sahen, Verkennung und mißgünstige Beurteilung eines neuen Weges am eigenen Leibe wahrlich genügend erfahren hatte, und so doch eher geneigt gewesen sein sollte, sich eines so schwierigen Falles, wie es der des Dr. R. J. Mayer war, etwas mehr anzunehmen.



Aber tatsächlich lagen die Verhältnisse komplizierter. Clausius hatte den Energiesatz und die Äquivalenzzahl nur für die Umrechnung von „mechanischer Kraft in Wärme“ benutzt. Dieses nennt Ohm einen „in neuerer Zeit eingeführten Begriff“. An die allgemeine Gültigkeit des Energieerhaltungssatzes in der Natur hatte Clausius beim Zitieren von Mayer bestimmt nicht gedacht; man weiß aus späteren Mitteilungen von Clausius, wann er diesen allgemeinen Teil von Mayers Schriften kennenlernte; es folgt übrigens auch aus Angriffen, welche Clausius noch 1853 gegen Helmholtz' allgemeine Betrachtungen richtete, obwohl diese doch schon in der Form wesentlich klarer, zum Teil auch besser physikalisch fundiert waren, als es dem physikalischen Autodidakten Mayer möglich war. Denn – wie schon gesagt –: jede vom Speziellen aufs Allgemeine ausgedehnte Betrachtung galt als „naturphilosophisch“ und war ab ovo suspekt.

Ende der fünfziger Jahre verbreitet sich mehr und mehr die Einsicht in die Bedeutung des Energieerhaltungssatzes und auch die Erkenntnis der Priorität Mayers und seiner großen wissenschaftlichen Leistung. 1858 spricht der Basler Chemiker CH. F. SCHÖNBEIN (1799–1868; Akademiemitglied 1854) darüber; Mayer wird – es ist die erste öffentliche Ehrung – zum Mitglied der Basler naturforschenden Gesellschaft ernannt. Im folgenden Jahr beschäftigt der Fall Mayer – nach acht Jahren – zum zweiten Male unsere Akademie.

Wir lassen wieder die Akten sprechen:

Wahlvorschlag für die mathematisch-physikalische Klasse der K. Akademie der Wissenschaften.

Zu korrespondierenden Mitgliedern erlaubt sich der Unterzeichnete vorzuschlagen die Herren:

Dr. J. R. Mayer in Heilbronn,  
Professor Dr. R. Clausius in Zürich.

Herr Dr. J. R. Mayer in Heilbronn hat in drei Monographien:

1. Die organische Bewegung in ihrem Zusammenhang mit dem Stoffwechsel,
2. Beiträge zur Dynamik des Himmels,
3. Das mechanische Äquivalent der Wärme, neue, bisher nicht betretene, äußerst fruchtbare Wege eingeschlagen, und eine Reform angebahnt, die sich schon jetzt als äußerst erfolgreich für die Wissenschaft zeigt.

München, den 2. Juli 1859

Jolly

Mayer und Clausius wurden zusammen gewählt, Helmholtz war 1858, ein Jahr vorher, in die Akademie aufgenommen worden.

## LUDWIG BOLTZMANN UND DIE ATOMISTIK

AUGUST CARL KRÖNIG und RUDOLPH CLAUDIUS (1822–1888; Akademiemitglied 1859) hatten 1856 und 1857 die erste systematische atomistische Theorie, die „kinetische Theorie der Gase“, entwickelt – mit dieser Arbeit beginnt die physikalische Atomistik.

Die Atome (oder Moleküle) eines Gases laufen in dem ihnen gebotenen Raum regellos durcheinander, stoßen gegen die Wände und ihresgleichen, wechseln von Stoß zu Stoß ihre Richtung, die Länge der Strecke zwischen zwei Zusammenstößen und ihre Geschwindigkeit, und damit ihre kinetische Energie, welche ein Maß für die Temperatur des Gases ist.

JAMES CLERK MAXWELL gab 1860 die Formel an, nach welcher bei konstanter Temperatur eines Gases die verschiedenen Geschwindigkeiten auf die verschiedenen Atome (oder Moleküle) verteilt sind; eine Geschwindigkeit ist die am häufigsten vorhandene, kleinere und größere Geschwindigkeiten werden mit Zunahme der Differenz gegen die am häufigsten vorkommende immer seltener. Dieser Zustand ist unabhängig von der Zeit, er bleibt so lange bestehen, als Temperaturgleichgewicht besteht. Wenn aber die Temperatur geändert wird, so ändert sich nur das mittlere Geschwindigkeitsquadrat, nicht aber die Art der Verteilung. Das ist das Maxwellsche Geschwindigkeitsverteilungsgesetz: die Wahrscheinlichkeit, daß ein (irgend-) Atom in einem Gas eine Geschwindigkeit in dem kleinen Intervall von  $c$  bis  $c + dc$  hat, wird berechnet; nach der Wahrscheinlichkeitsberechnung ist aber  $dW = dn/n$ ;  $n$ , d. h. die Zahl der „günstigen“ Fälle  $dn$  dividiert durch die Zahl der möglichen Fälle  $n$ .  $dn$  ist aber die Zahl der Atome mit der vorgegebenen Geschwindigkeit ( $c$  bis  $c + dc$ ),  $n$  die Gesamtzahl der Atome.

Es ist die Begründung der statistischen Mechanik. Hier setzen LUDWIG BOLTZMANN'S\* (1844–1906; Akademiemitglied 1891) Untersuchungen über die Geschwindigkeitsverteilung unter Einbeziehung der irreversiblen Zustandsänderungen ein (1868–1876). Für alle diese Arbeiten ist das in seiner Folgerichtigkeit beispielhafte Herausarbeiten unserer heutigen Begriffe und Formulierungen kennzeichnend. Eine Frage, deren Beantwortung zu den folgenreichsten Arbeiten – „dem Höhepunkt der Entwicklung der kinetischen Gastheorie“ (A. Sommerfeld) – von Boltzmann gehört, war die nach der Einstellung der Dichteverteilung in einem Gase bei Temperaturgleichgewicht, wenn eine äußere Kraft, zum Beispiel die Schwerkraft,

auf die Gasmolekeln wirkt. Es ergab sich die Maxwellsche Verteilungsformel, aber mit einer Exponentialfunktion, in deren Exponent die Summe der kinetischen und der (von der äußeren Kraft gegebenen) potentiellen Energie, multipliziert mit einer Konstanten mal  $1/T$ , dem reziproken Wert der absoluten Temperatur steht.

Angewendet auf die vertikale Dichteverteilung in der Atmosphäre ergibt sich die Zahl der Moleküle der Masse  $\mu$  in einer Höhengschicht zwischen  $h$  und  $dh$  proportional zu  $\exp$  (potentielle Energie ( $\mu g h$ ) dividiert durch Konstante mal der abs. Temperatur). Der Nenner bedeutet nichts anderes als die (kinetische) Temperaturenergie, die Konstante wird als „Boltzmann-Konstante  $k$ “ bezeichnet. Erst MAX PLANCK (1858–1947; Akademiemitglied 1911) hat allerdings in seiner berühmten Arbeit von 1900, welche die Begründung der Quantentheorie enthält, erstmals das Wesen und die Bedeutung dieser Konstanten – die „absolute Gaskonstante“ – erkannt und ihren Zahlenwert aus den experimentellen Daten berechnet.

Zwischen den Arbeiten von Boltzmann und Planck bestehen überhaupt zahlreiche Beziehungen. Bei der gerade genannten Ableitung des Strahlungsgesetzes griff Planck nämlich zurück auf die Boltzmannschen Arbeiten über den Zusammenhang von Entropie  $E$  und Wahrscheinlichkeit  $W$ , also – man kann sagen – die Verbindung von Thermodynamik und Atomistik: die Entropie wird von Planck als  $S = k \log W$  gesetzt, wo  $k$  eben jene Konstante ist.

Es mag nicht ohne allgemeines Interesse sein, daß diese Plancksche Idee so sehr Boltzmanns begeisterte Zustimmung fand, daß eine jahrelange wissenschaftliche Gegnerschaft, die sogar in scharfen Bemerkungen in Boltzmannschen Publikationen zum Ausdruck kam, damit beendet wurde. Der sachliche Grund für die Mißachtung lag letzten Endes darin, daß Planck der atomistischen Gas-Theorie Boltzmanns etwas ablehnend gegenüberstand, weil sie nicht ohne weiteres zu der von Planck vertretenen Allgemeingültigkeit des Prinzips der Vermehrung der Entropie führte. Aber die Mißstimmung schwand, als die Boltzmannschen Arbeiten das Fundament der Ableitung des Planckschen Strahlungsgesetzes wurden. Dieses aber führt zu der großartigen neuen Entwicklung und Fundierung der Atomistik. Es liefert zugleich auch die Formel für die Gesamtstrahlung des schwarzen Körpers, welche Boltzmann schon 1884 abgeleitet hatte – eine jener in Durchsichtigkeit und Einfachheit unübertrefflichen theoretischen Arbeiten.

Aus seinen Münchner Jahren (1889–1894) stammen zahlreiche, zum Teil in den Akademie-Berichten veröffentlichte Arbeiten. Es sind im wesentlichen abschließende Arbeiten zur kinetischen Theorie; dann folgt seine



Beschäftigung mit Maxwells elektromagnetischer Theorie, unter anderem der vergebliche Versuch im Sinn der damals herrschenden Vorstellungen über die Aufgabe der Physik, einen „Aether“ zu erdenken, dessen mechanische Eigenschaften auf Maxwells elektromagnetische Gleichungen führen. Maxwells Theorie hatte ihn schon lange beschäftigt; historisch interessant ist die Erinnerung an einen Besuch bei Helmholtz, bei welchem sie versuchten, die Maxwellsche Beziehung zwischen (optischem) Brechungsexponenten  $n$  und Dielektrizitätskonstanten  $\epsilon$  nach den vorliegenden Messungen zu prüfen – ein experimentum crucis für die Theorie. Sie benützten Messungen an Gasen und fanden, daß die Theorie nicht stimmt! Kurze Zeit später – Boltzmann war wieder abgefahren – fällt ihm ein, daß sie die Gleichung  $n = \epsilon$  statt  $n^2 = \epsilon$  geprüft hatten; die letztere, aus Maxwells Theorie folgende, stimmte glänzend. So wenig war damals die Kenntnis der Maxwellschen Theorie Allgemeingut – heute würde ein Diplomkandidat mit einem solchen „Irrtum“ kaum das Examen bestehen. Aber noch etwas scheint wichtig: Boltzmann wählte zur Prüfung der Theorie die Gase, den ihm als einfachsten und geklärt bekannten Zustand der Materie. Er hatte Glück – bei vielen anderen Substanzen wäre das Ergebnis negativ gewesen – aus dem heute gut bekannten Grund der großen Dispersion.

Die wertvollste und reife Frucht der Münchner Zeit sind die zwei Bände „Vorlesungen über Maxwellsche Theorie der Elektrizität und des Lichtes“ (1891–1893), geschrieben in der Hoffnung, daß „durch dieses Werkchen mancher Leser im Studium der Elektrizitätstheorie eher gefördert als gehindert würde“ – denn damals war Maxwells Theorie noch keineswegs die Grundlage jedes Studiums der Elektrizität. In den Einleitungen – wie überhaupt oft und besonders in seinen herrlichen „Populären Schriften“ – zitiert er Klassiker, mit Vorliebe Goethe und Schiller, weil „ein bißchen Poesie zur Einleitung der trockenen Formeln“ nichts schaden könne. Vor Maxwells Gleichungen steht „War es ein Gott, der diese Zeichen schrieb“ – und er fügt hinzu: „so zitiere ich abermals unseren Altmeister; warum wußte der auch alles so unübertrefflich zu sagen, und zwar nicht nur, was ihm bekannt war, sondern auch das, wovon er selbst keine Ahnung hatte!“

Boltzmann besuchte gerne die Versammlungen der Gesellschaft Deutscher Naturforscher und Ärzte; er war (wie auch in seinen Publikationen) ein lebhafter, oft ungemein scharfer, ja sarkastischer und auch wieder humorvoller Kritiker und Diskussionsredner. Plancks Schüler Zermelo nannte er (auch in der Literatur) nur den „Pestalutz“ (mit dem ausgesprochenen Hinweis auf diese zweifelhafte Person in Schillers Wallenstein!); Oswaldts Energetik brachte ihn zum Toben – eine ungemein scharfe Zurückweisung seiner energetischen Theorie des Glücks ist in den „Populären Schriften“

enthalten. Die Mengenlehre des Mathematikers Cantor fand sein Gefallen nicht, Cantor demonstrierte etwas mit zwei Äpfeln; als er wieder an der Tafel rechnete, aß Boltzmann sie schnell auf und frug dann: wo sind denn jetzt Ihre Mengen? – Aber ebenso konnte er in größter Begeisterung Leistungen anderer anerkennen – van der Waals nennt er „den Newton der realen Gase“.

Er legte nicht viel Wert auf Formen und Kleidung – und es ist wohl keine erfundene Anekdote, daß er einen Ruf nach Berlin nicht bekam, weil nach einem „Besichtigungs“-Essen die Kritik lautete: „wie er ißt! – und nicht einmal einen Frack hat er“. Zahllos waren die Erzählungen über Erlebnisse mit ihm, daß er sein gesamtes Geld in einer offenen Tischlade aufhob, wie er sich, um frische Milch zu haben, in Wien eine Kuh kaufte, die – in der Wohnung stehend und in die Akademie mitgenommen – bald einging, und er dem Tierarzt auf die Frage nach dem Füttern antwortete: da hab ich ganz darauf vergessen – aber man braucht nur seine „Reise eines deutschen Professors ins Eldorado“ zu lesen, um diese Seite seines Wesens zu erkennen, jenes in Scherz, Satire, Ironie und tieferer Bedeutung wahre Kabinettstück deutscher Feuilletonistik.

1889 wurde Boltzmann an die Universität München berufen, 1891 kam er in die Akademie. Er ging auf seinen Wunsch 1895 nach Wien zurück, aber bald reute es ihn. Der Versuch, ihn wieder zu holen, scheiterte, weil die Professur für theoretische Physik mittlerweile mit einem Philologen besetzt war. Erst Röntgen erreichte 1906 wieder die Berufung eines Theoretikers – da war Boltzmanns Leben durch seinen tragischen Tod schon beschlossen. So wurde Arnold Sommerfeld der unmittelbare Nachfolger Ludwig Boltzmanns.

#### WILHELM CONRAD RÖNTGEN

Die Entdeckung einer neuen Strahlenart, der „X-Strahlen“, war Ende 1895 in Würzburg erfolgt, ein Sonderdruck von wenigen Seiten aus den Sitzungsberichten der Physikalisch-Medizinischen Gesellschaft zu Würzburg wurde zu Neujahr 1896 verschickt und hatte neben bewunderndem Staunen auch manches Kopfschütteln erregt. Die im März 1896 veröffentlichte zweite Mitteilung beseitigte alle Zweifel. Unmittelbar darauf wählte die Akademie Röntgen zum Mitglied. Nur wenige Forschungsergebnisse sind sofort und in aller Welt so populär geworden wie die Röntgenstrahlen.

WILHELM CONRAD RÖNTGEN\* (1845–1923; Akademiemitglied 1896) war ein Naturforscher, welcher Erscheinungen, die von ihm oder anderen

beobachtet waren, und Vorstellungen, die man sich darüber bildete, bis in die letzten Einzelheiten und Konsequenzen verfolgte – um des Wissens willen zu wissen. Immer wieder hat er Versuche, welche andere beschrieben, nachgemacht, um sich ein sicheres Urteil bilden zu können; und die Theorie, zuerst Thermodynamik und kinetische Gastheorie, dann insbesondere die Maxwellsche Theorie durchforschte er nach den Grundlagen, welche der experimentellen Bearbeitung zugänglich waren – diese zu prüfen, unbeeinflusst und unbeeinflussbar durch Meinungen. Man kann sich schwer in die Erschütterung hineindenken, welche Röntgen beim erstmaligen Sehen des Knochengerüsts seiner Hand befallen haben muß; und wohl niemand kann daran zweifeln, daß er die Bedeutung der geheimnisvollen „Strahlen“ – zu diesem Namen für das geheimnisvolle Agens veranlaßte ihn u. a. diese ganz regelmäßige Schattenbildung durch „mehr oder weniger“ durchlässige Körper auf der photographischen Platte – für die Medizin erkannte.

Was tat er? Er versuchte die Art der Strahlung zu ergründen, und nicht ihre Verwendbarkeit. Das was unmittelbar nach der ersten Veröffentlichung alle Welt interessierte, ist die eine kurze Bemerkung gegen Ende der ersten Mitteilung: „so besitze ich z. B. Photographien von den Schatten der Handknochen“ – sonst nichts. Eineinviertel Jahre später kommt er in der dritten Mitteilung darauf zurück mit dem beiläufigen kurzen Hinweis, daß man durch geeignete Röhren die Schatten schwer durchdringbarer Gegenstände wie Knochen mehr oder weniger kontrastreich machen kann. Aber das Röntgenstrahlschattenbild von dem Doppellauf seines Jagdgewehrs mit eingesteckten Patronen, auf welchem er alle Details der Patronen und zu seinem Schrecken innere Fehler des Damaststahles sehen konnte, wird direkt liebevoll beschrieben!

Von dem der Entdeckung folgenden Erfinderwettlauf hielt Röntgen sich ganz fern; das Geldverdienen mit seiner Leistung überließ er anderen – allerdings hatte er durch seine ausführlichen Publikationen wohl manches Geschäft verdorben.

Nach der im März 1897 erschienenen dritten Mitteilung in den Würzburger Sitzungsberichten und einer kurzen Notiz in der Berliner Akademie hat Röntgen nichts mehr über seine Strahlen veröffentlicht.

1900 war er nach München übersiedelt; die Röntgenstrahlen benutzte er nur als Hilfsmittel für seine Kristallarbeiten, in welchen er u. a. die Veränderung ihrer elektrischen und optischen Eigenschaften durch Bestrahlung und Verfärbung mit Röntgenstrahlen untersuchte. Sein Interesse an dem Problem der Strahlen sieht man nur aus den Arbeiten seiner Schüler, welche er weitere Grundversuche zur Physik der Röntgenstrahlen machen ließ.



Als 1911 MAX VON LAUE (Akademienmitglied erst seit 1944) im Sommerfeldschen Institut unter experimenteller Mitarbeit von Röntgens Schülern Friedrich und Knipping die Interferenz der Röntgenstrahlen entdeckt hatte, fördern besonders seine Schüler Richard Glocker und der so früh verstorbene Ernst Wagner die durch sie neu erschlossenen Methoden der experimentellen Atomistik.

Über Röntgens vorakademisches Leben sind viele Darstellungen verbreitet. Ich habe mir eine Abschrift des anscheinend einzigen von ihm geschriebenen Lebenslaufs aus den Akten der Züricher philosophischen Fakultät besorgt, welche manche Dinge nicht enthält, die man so erzählt, und weil Angaben darin stehen, die fast nicht bekannt sind.

#### *Curriculum vitae*

„Wilhelm Conrad Röntgen, geboren 27. März 1845 zu Lennep (Rheinpreußen), erhielt im Jahre 1848 die holländischen Bürgerrechte und besuchte bis 1861 in dem Wohnort seiner Eltern, Apeldorn (Holland), die Primar- und Sekundarschule, ward dann Schüler an der Technischen Schule zu Utrecht (Holland), wo er bis 1863 hauptsächlich in folgenden Fächern unterrichtet wurde: Trigonometrie, Stereometrie, deskriptive Geometrie, Algebra, Experimentalphysik, Chemie, Technologie. Indem er zu weiterer theoretischer Ausbildung Lust hatte, widmete er das Jahr 1863–1864 dem Privatstudium der lateinischen und griechischen Sprache und ließ sich im Jahre 1864 an der Universität zu Utrecht als Student bei der philosophischen Fakultät einschreiben, und hörte während zwei Semestern folgende Hauptfächer: Analysis, Prof. Dr. Buys-Ballot; Physik, Prof. Dr. van Rees; Chemie, Prof. Dr. Müller; Zoologie, Prof. Dr. Harting; Botanik Prof. Dr. Miquel. – Nicht zufrieden jedoch mit dem Gang der Studien an genannter Universität wurde er durch den Ruf, welchen die Züricher Schule hat, bestimmt, dahin zu ziehen und sich speziell der angewandten Mathematik zu widmen. Zu dem Zweck trat er in die mechanisch-technische Abteilung des Eidgenössischen Polytechnikums ein, besuchte während des vorgeschriebenen regelmäßigen Kurses außer den obligatorischen Vorlesungen hauptsächlich noch folgende: Cinematik, Privatdozent Hauffe; mechanische Wärmetheorie, Prof. Dr. Clausius; Elastizität und elastische Schwingungen, derselbe; Riemannsche Funktionentheorie, Prof. Dr. Prym; bestimmte Integrale, derselbe; analytische Mechanik, Prof. Dr. Reye. Am Ende des Kurses legte er in folgenden, zur Bewerbung des Diploms benötigten Fächern Examen ab: analytische Geometrie der Ebene, Differential- und Integralrechnung, Methode der kleinsten Quadrate, analytische Geometrie des Raumes,

Darstellende Geometrie, Geostatik, Hydrostatik, Geodynamik, Hydrodynamik, Allgemeine Physik, Wärmelehre, Elektrizität, Optik, Theoretische Maschinenlehre, Maschinenbaukunde, Mechanische Technologie, Chemische Technologie der Baumaterialien, Metallurgie und Civilbau. Im August 1868 erhielt er das Diplom als Maschineningenieur und war von dann an bis dato als Zuhörer von einigen mathematischen Vorlesungen am Eidgen. Polytechnikum eingeschrieben.“

Soweit der Lebenslauf bis zum 22. Juni 1869, dem Tag seiner Promotion an der Universität Zürich – an der er nicht studiert hatte (und ein „Abitur“ hatte er auch nicht!). Seine gedruckte Dissertation (Zürich, Druck von Zürcher und Furret 1869) hat den Titel „Studien über Gase“, eine wesentlich theoretisch-thermodynamische Arbeit. Der „Doktorvater“ war Gustav Zeuner, Professor für technische Mechanik und theoretische Maschinenlehre am Eidgenössischen Polytechnikum von 1855–1871 (damals Direktor desselben, später in Dresden, wo er 1890 die technische Hochschule organisierte). Die erste große Experimentalarbeit über die Bestimmung des Verhältnisses der spezifischen Wärmen der Luft wurde im Labor des Eidgen. Polytechnikums in Zürich begonnen, aber erst in Würzburg 1870 vollendet. Sie ist in den Annalen der Physik und Chemie 141, S. 552–566/1870 veröffentlicht und „Dr. W. C. Röntgen aus Holland“ gezeichnet.

In einem späten Brief (12. 7. 1919) schreibt er an Magret Boveri über diese Zeit: „Als ich vor 50 Jahren mein Doktordiplom eingehändigt bekam, rannte ich damit auf den Ütliberg hinauf. Ich hatte zwar zwei Diplome – eines als Ingenieur, eines als Dr. phil. – in Händen . . . In dieser kritischen Zeit lernte ich einen jungen Professor der Physik Kundt kennen.“

AUGUST KUNDT (1838–1894; Akademiemitglied 1874) war gerade als Nachfolger von Clausius, dem Röntgen viel verdankte, nach Zürich berufen worden: der Entdecker vieler berühmter Effekte war bis zu seinem allzufrühen Tod ein Feuerkopf – ihm schloß Röntgen sich an.

Sein akademisches Leben enthält – bis auf den Anfang – wenig Bemerkenswertes. In Würzburg, wohin Kundt ihn 1870 als Assistent mitgenommen hatte, mußte er sich über die Engherzigkeit der Universitätsbürokratie ärgern: sein holländisches Schulzeugnis berechtigte ihn nicht zur Habilitation! Als Kundt bald darauf (1872) nach Straßburg ging, nahm er Röntgen mit (man war dort liberaler und fragte nach der Leistung); er wurde, obwohl er keine Prüfung in lateinischer Sprache hatte (!), Privatdozent; 1875 wird er Professor in Hohenheim (landwirtschaftliche Akademie), 1879 in Gießen, 1888 in Würzburg, wo er 1895 die neuen Strahlen entdeckte, und schließlich 1900 bis 1920 in München. Bis zu seinem Tode blieb er Direktor des „metronomisch-physikalischen Instituts des Staates“,

das aus den mathematisch-physikalischen Sammlungen der Akademie hervorgegangen zu dieser gehörte, eigenen Etat und Mechaniker und einige Räume im Universitätsinstitut hatte; 1936 wurde es aus nichtsachlichen Gründen aufgelöst.

Erinnerungsstücke an Röntgens Arbeit gibt es nur wenige. Dem Deutschen Museum übergab er eine ganze Anzahl Nachbildungen der Gasentladungsröhren, Nachbildungen von solchen, mit welchen er 1895 Versuche gemacht hatte; von einem birnenförmigen Rohr (Aluminiumkathode, seitliche Anode, „Brennfleck“ der Kathodenstrahlen auf der Glaswand) waren hier im Institut eine größere Anzahl aus älterer Zeit, wahrscheinlich von dem verstorbenen Dr. Fomm angeschafft: es war die Form, welche (nach Fomms Angaben) die Münchener Firma Poeller schon im Januar 1896 als „Röntgenröhre“ verkaufte. Mit welcher Röhre die erste Beobachtung der X-Strahlen gemacht wurde, hat er nie gesagt; sicher ist nur, daß sie keine „Antikathode“ hatte, sondern daß die Röntgenstrahlen von der Glaswand ausgingen. Das steht klar in seiner Arbeit. Alles andere darüber Gedruckte ist reine Phantasie – es ist physikalisch auch vollständig uninteressant; vielleicht löst sich dieses „Geheimnis“ sehr einfach so, daß er es selbst gar nicht mehr wußte! Eine „Originalröhre“ gibt es auf jeden Fall nicht!

Eine Reihe von Kristallpräparaten aus seinen späteren Münchener Versuchen über die Beziehung zwischen elastischen, optischen und elektrischen Erscheinungen an Kristallen sind noch vorhanden, beschriftet mit den zierlichen Buchstaben seiner Handschrift. Der schriftliche Nachlaß besteht aus einigen Entwürfen zu Anträgen oder Streit mit Behörden, insonderheit mit dem Universitätsbauamt, mit dem er in ständiger Fehde lebte. Fast alle Briefe hatte er vor seinem Tode vernichtet, nur drei Briefe von Lenard und seine Antwort darauf verschloß er in einem Umschlag mit der Aufschrift: „Briefe von P. Lenard, von einigem Interesse für die Beurteilung des Verf.“ Sie enthalten u. a. die Mitteilung Lenards vom 21. 5. 1897, daß er sich überzeugt habe, daß seine Versuche mit Kathodenstrahlen nicht durch die gleichzeitig entstandenen neu entdeckten X-Strahlen gefälscht waren!

Das wertvollste und wohl sehr charakteristische Erinnerungsstück des Münchener physikalischen Universitäts-Instituts an Röntgen ist leider in den Kriegswirren verlorengegangen; eine leere, schwarze Thermometerhülse, mit einem von seinem Mechaniker Eichenseher beschriebenen Zettel: „Von Sr. Excellenz zerbrochen am 3. März 1902“.

Die Entdeckung der Röntgenstrahlen erfolgte in einer Zeit, in welcher das Gebiet der Physik als ein im grundsätzlichen abgeschlossenes wissenschaftliches System angesehen werden durfte. „Es gibt in der Physik nur



noch Dinge zum Ausarbeiten, aber nichts Wesentliches mehr zu entdecken“ ist ein bekannter Ausspruch des Vorvorgängers von Röntgen auf seinem Münchener Lehrstuhl, PHILIPP JOLLY (1809–1884; Mitglied der Akademie 1856), bekannt durch das „Jollysche Luftthermometer“, die Jollysche Federwaage und die berühmte erste „Wägung der Erde“ mit der Jollyschen Doppelwaage, wozu in München ein heute noch im Universitätskomplex stehender Turm von über 25 m Höhe gebaut wurde. Die Ergebnisse sind 1878 und 1883 in den „Abhandlungen der Bayerischen Akademie der Wissenschaften“ veröffentlicht.

Die Entdeckung der Röntgenstrahlen brach das Eis; ein Vierteljahr später entdeckt Becquerel in Paris – in Idee und Methodik eine unmittelbare Folge von Röntgens Arbeit – die Radioaktivität des Urans; und hiermit beginnt die moderne Atomistik der Elementarteilchen und die Analyse der Materie, in welcher die Röntgenstrahlen die Rolle eines der wichtigsten Hilfsmittel übernehmen.

Für den Physiker ist Röntgen aber nicht nur der Entdecker der Röntgenstrahlen; hätte er sie nicht gefunden, so wäre dennoch sein Werk ein glanzvolles und folgenreiches Kapitel unserer Wissenschaft. Zahlreiche andere Arbeiten befassen sich mit der Grundfrage der damaligen Zeit: den Gesetzen des Aufbaus der Materie; Gase, Flüssigkeiten und vor allem Kristalle, seine Lieblinge, werden hinsichtlich ihrer Reaktionen auf Druck, Temperatur, elektrische Felder untersucht.

Aus diesem Werk ragt eine Leistung hervor, welche auch in aller Welt seinen Namen trägt: der Röntgenstrom. Es ist der Nachweis, daß ein im elektrischen Kondensatorfeld bewegter Isolator ein magnetisches Feld erzeugt. Diese experimentell ungemein schwierige Arbeit ist die Frucht langer Bemühungen in seiner Gießener Zeit. Es war – und dieses hatte Röntgen gereizt – die letzte fehlende Konsequenz der Maxwellschen Theorie. Aber er kehrte den Versuch auch um: er frug, ob ein bewegtes Kondensatorfeld auch ein magnetisches Feld liefert – als Folge des durch ihn dann strömenden „Ätherwindes“. Damit hat Röntgen zuerst eine der Grundfragen gestellt und experimentell bearbeitet, von welchen Einsteins Relativitätstheorie ausgeht. So war er auch einer der ersten, welcher sich bald nach deren Erscheinen 1906 für diese vertiefte Auffassung der Grundlage der Physik einsetzte.

Wir schließen diese Erinnerungen mit einem Ausspruch von Athanasius Kircher (1601–1680), einem der ersten Physiker unserer Universität aus ihrer Ingolstädter Zeit, den Röntgen in seiner Würzburger Rektoratsrede 1894 ausdrücklich als seine Auffassung wiedergibt: „Die Natur läßt oft staunenswerte Wunder selbst an den gewöhnlichen Dingen hervorbringen,

welche jedoch nur von Leuten erkannt werden, die mit scharfen, zum Forschen geschaffenen Sinnen bei der Erfahrung, der Lehrmeisterin aller Dinge, sich Rat holen.“

Ein Jahr später wurde ein solches Wunder erkannt – die Entstehung der Röntgenstrahlen in einer der gewöhnlichen Entladungsröhren, wie sie seit drei Jahrzehnten vielfach benutzt worden waren.

#### ATOMBAU UND SPEKTRALLINIEN

Die Entwicklung der Spektralanalyse bis zur Aufklärung des Atombaus stammt in ihren Hauptphasen von Forschern, welche Mitglieder der Bayerischen Akademie der Wissenschaften waren.

1802 hat WILLIAM HYDE WOLLASTON (1766–1828; Akademiemitglied 1808) das erste reine Sonnenspektrum gesehen, als er aus großem Abstand einen schmalen, von der Sonne beleuchteten Spalt durch ein Prisma betrachtete; so sah er auch schon „schwarze Linien“ in den Farben, beachtete sie jedoch nicht weiter. Mit dem Wollastonschen Spalt, von welchem fast parallele Strahlen durch das Prisma gingen (aber zunächst nicht mit Collimator, wie oft behauptet wird), dabei das Spektrum mit einem größeren auf Unendlich eingestellten Fernrohr betrachtend, entdeckte 1814 JOSEF FRAUNHOFER (s. S. 80) viele Hunderte schwarzer Linien in dem kontinuierlichen Farbenband und vermaß ihre relative Lage: sie sind heute in aller Welt als Fraunhofersche Linien bekannt – mit Recht; denn er ging als erster dieser Beobachtung nach: sie wurden in gleicher Art in dem Spektrum des Planeten Venus, nicht aber in dem der Fixsterne und auch nicht im Spektrum von im Laboratorium erzeugten Leuchten gefunden. Im Spektrum des Sirius sieht er nur drei breite Streifen, in anderen hellen Fixsternen (doch an der Grenze des von ihm Beobachtbaren) wenige schwarze Streifen an anderen Stellen des Spektrums. Interessant für uns heute ist sein Problem: Feststellung, ob das Licht der Sterne im Prisma genau so gebrochen wird wie das Sonnenlicht! – „Das Licht der Elektrizität“, erzeugt durch eine längs eines Glasfadens geführte Entladung von Konduktoren, zeigte kein Kontinuum, sondern nur einige sehr helle Linien in verschiedenen Farbbereichen; im Spektrum des „Lampens Lichts“ sieht er im Kontinuum zwei feine helle Linien, genau da, wo im Sonnenlicht die beiden schwarzen Linien D<sub>1</sub> und D<sub>2</sub> liegen.

Über vier Jahrzehnte untersuchten vor allem englische Physiker die Spektren aller möglichen Lichtquellen: DAVID BREWSTER (1781–1868; Aka-

<sup>7</sup> Akademie-Festschrift II

demiemitglied 1850), JOHN TALBOT, JOHN FREDERIC WILLIAM HERSCHEL (1792–1871; Akademiemitglied 1849), A. J. ÅNGSTRÖM, CHARLES WHEATSTONE (1802–1874; Akademiemitglied 1854), FOUCAULT, SWAN u. a.

Oft waren sie der Erklärung der Herkunft und der Erkenntnis der Bedeutung der Spektrallinien ganz nahe – doch immer verhinderte eine ungeklärte oder falsch gedeutete Beobachtung den endgültigen Schluß. 1857 begann GUSTAV ROBERT KIRCHHOFF (1824–1887, Akademiemitglied 1861) zusammen mit ROBERT WILHELM BUNSEN (1811–1899, schon damals ein berühmter Chemiker, Akademiemitglied 1854) eine genaue Untersuchung der alten Fraunhoferschen – und mehrfach von anderen geprüften – Beobachtung der gleichen Lage der in so vielen Lichtquellen, besonders bei Anwesenheit von Natrium auftretenden gelben Linien mit den Fraunhoferschen D-Linien, nachdem es ihm nach langem Bemühen gelungen war, ein großes, besonders gutes, noch von Fraunhofer hergestelltes schweres Flintglasprisma zu erhalten. Ein besonders glücklicher Zufall war es, daß Bunsen gerade den berühmten „Bunsenbrenner“ erfunden hatte, mit welchem sie eine mit Kochsalz beschickte äußerst hell leuchtende, ruhig brennende Flamme erzeugen konnten. Zuerst gelang der Nachweis der genau gleichen Lage der zwei gelben Spektrallinien des Natriumlichts und der zwei D-Linien im Sonnenspektrum.

Im zweiten Versuch durchlief das Sonnenlicht vor Eintritt in den Spektralapparat eine mit Kochsalz gelb gefärbte Flamme, wobei die D-Linien noch viel schwärzer und breiter wurden. „Das scheint mir eine fundamentale Geschichte“, soll Kirchhoff zu Bunsen gesagt haben. Der dritte Versuch gab das fundamentale Ergebnis: ein hell glühender Körper gab im Spektralapparat ein kontinuierliches Spektrum; ging sein Licht aber zuerst durch eine Kochsalzflamme, so traten im Spektrum die beiden schwarzen Fraunhoferschen D-Linien auf: der Natriumdampf im Bunsenbrenner absorbierte die gleichen Spektrallinien, welche er emittierte.

Damit waren erstmals nach über 40 Jahren die Fraunhofer-Linien erklärt: das Licht des Sonnenkerns wird in der Sonnenatmosphäre absorbiert und in dieser ist Natriumdampf; die Grundlage für die Spektralanalyse der Gestirne, für die Feststellung der in ihnen vorhandenen Atomsorten war geschaffen, aus der in späteren Jahrzehnten die physikalische Analyse der Fixsterne sich entwickelte.

Die physikalische Behandlung der Emission und Absorption führte zu dem berühmten Kirchhoffschen Strahlungsgesetz, zum Begriff des „schwarzen Körpers“ und der „schwarzen Strahlung“ – die Grundlage, die dann zu Wiens Strahlungsgesetz (s. S. 114) und schließlich zu Max Plancks Quantentheorie und Strahlungsarbeiten führte.



Mit dem Bau des „Kirchhoffschen Spektralapparates“ mit vier Fraunhofer-Prismen war das Instrument für die Spektralanalyse geschaffen, für den Nachweis, daß die Lage der Spektrallinien eines Atoms im Spektrum „so unwandelbarer und fundamentaler Natur ist wie das Atomgewicht“, und daß unvorstellbar geringe Mengen – von der Größenordnung ein Milliardstel Gramm – in einer heißen Flamme schon für das Erscheinen der Spektrallinien genügen. Hier war Bunsens Domäne: schon wenige Tage nach dieser Erkenntnis entdeckte er in dem Dürkheimer Mineralwasser das neue Element Caesium, bald das Rubidium; hiermit war die chemische Emissionsspektralanalyse begründet.

1859 – genau vor 100 Jahren – wurden diese wundervollen Entdeckungen von G. R. Kirchhoff und R. W. Bunsen veröffentlicht.

Die folgenden Jahrzehnte dienten der immer genaueren Festlegung der Spektren der Elemente in thermischen und elektrischen Lichtquellen, wobei das Leuchten verdünnter Gase beim Stromdurchgang in den sogenannten Geißlerschen Röhren, von JULIUS PLÜCKER (1801–1868; Akademiemitglied 1859) besonders erforscht, bis heute eine wichtige Rolle spielt. Es war klar, daß die für jedes Element charakteristischen Spektrallinien etwas mit dem Bau der Atome zu tun haben mußten – aber „die Sprache der Atome“ war zunächst nicht entzifferbar. Im Jahre 1896 machte PIETER ZEEMAN (1865–1943; Akademiemitglied 1932) in Amsterdam eine besonders wichtige Entdeckung: er fand die Beeinflussung der Spektrallinienemission durch Magnetisierung der Lichtquelle, den Zeemaneffekt. Eine äußerst einfache Erklärung der beobachteten Erscheinung mit der relativ neuen „Elektronentheorie“ lieferte HENDRYK ANTOON LORENTZ (1853–1928; Akademiemitglied 1895). In dieser waren als Strahlungszentren in den Atomen schwingende Elektronen angenommen worden; diese reine Hypothese erfuhr nun eine gewichtige Stütze, weil die durch ein Magnetfeld eintretenden Änderungen der Spektrallinien gerade den Änderungen der Bewegung eines Elektrons durch ein magnetisches Feld entsprachen. Hieraus berechnete er das Verhältnis von Ladung zu Masse derselben und fand den gleichen gerade an Kathodenstrahlen von JOSEPH JOHN THOMSON (1857–1939; Akademiemitglied 1907) gemessenen Wert.

Nach diesem ersten Hinweis auf einen Baustein der Atome, ein schwingendes Elektron, wuchs die Bedeutung umfassender Kenntnis der Linienspektren der Elemente.

Es waren in erster Linie Heinrich Kayser, Carl Runge und ganz besonders FRIEDRICH PASCHEN (1865–1946; Akademiemitglied 1922), welche mit den Präzisionsmessungen der Spektrallinien und ihrer formalen Einordnung in die „Spektralserien“ die Erkenntnisse schufen, welche Niels Bohr zur

ersten Prüfung seiner Theorie des Atombaus (1913) und vor allem Arnold Sommerfeld zu seiner umfassenden Analyse des Atombaus das Material lieferten; diese schlechthin klassischen Arbeiten sind größtenteils in den Berichten der Bayerischen Akademie seit 1915 veröffentlicht und 1919 in der ersten Auflage seines Werkes „Atombau und Spektrallinien“, der Bibel einer ganzen Physiker-Generation, zusammenhängend bearbeitet.

#### ARNOLD SOMMERFELD

Als ARNOLD SOMMERFELD\* (1868–1951; Akademiemitglied 1908) 1906 Professor für theoretische Physik an der Universität München wurde, war er zugleich zum Konservator der mathematisch-physikalischen Staatssammlung bei der Bayerischen Akademie ernannt worden. Erst unter dem 17. 11. 1909 wurde das Institut für theoretische Physik der Universität begründet, das er bis zur Emeritierung 1938 leitete und das er – wie es nur wenigen gelingt – zum Abbild seiner Persönlichkeit in wissenschaftlicher und menschlicher Beziehung machte.

Eine anschauliche Darstellung seines wissenschaftlichen Wegs gibt die im folgenden erstmals veröffentlichte, von Sommerfeld kurz vor seinem Tode vervollständigte

#### *Autobiographische Skizze*

„Mein Vater, der praktische Arzt Dr. med. Franz Sommerfeld in Königsberg i. Pr., war ein leidenschaftlicher Sammler von Naturalien (Bernstein, Muscheln, Mineralien, Käfern etc.) und ein großer Freund der Naturwissenschaften. Unendlich viel verdanke ich meiner geistvollen und energischen Mutter. Auf der Schule (Altstädtisches Gymnasium, welches gleichzeitig mit mir Hermann Minkowski, Max und Willy Wien besuchten) interessierte ich mich fast mehr für Literatur und Geschichte als für die exakten Wissenschaften; ich war in allen Fächern einschließlich der alten Sprachen gleichmäßig gut. Das Zeugnis der Reife erhielt ich 1886.

An der Universität meiner Vaterstadt ließ ich mich nach einigem Schwanken für Mathematik einschreiben. Daneben hörte ich u. a. Nationalökonomie und Philosophie. Die vorzügliche Besetzung der mathematischen Lehrstühle (Lindemann als Ordinarius, Hurwitz als Extraordinarius, Hilbert als Privatdozent) hinderten mich, die Universität zu wechseln; dies war insofern bedauerlich, als ich gleichzeitig Burschenschaftler war und dadurch von einem

konsequenten Studium immerhin abgezogen wurde. Als ich bei Hilbert Idealtheorie hörte, glaubte ich, daß mein Interesse vornehmlich nach der abstraktesten Mathematik ginge.

Die Tradition der Neumannschen Schule in Königsberg hielt damals nach Kräften P. Volkmann hoch. Damals handelte sich alles um den Umschwung, den gerade während meiner Studienzeit die Hertzschen Versuche in die Elektrodynamik brachten. Als ein Ausfluß der von Neumann ausgeübten Autorität war es anzusehen, daß Königsberg ein eigenes Institut für theoretische Physik besaß, ebenbürtig dem für experimentelle Physik.

In diesem Institut wurde nach Angaben von Wiechert und mir 1890 ein harmonischer Analysator gebaut, fast so ungefüge wie der erste, von W. Thomson ersonnene, mir übrigens bei der Konstruktion unseres Apparates unbekanntes Typ dieser Integriermaschine. Von Wiechert habe ich auch sonst viel Anregung erfahren. Er hatte sich, ganz auf sich gestellt und zur wissenschaftlichen Vereinsamung neigend, in der Königsberger Stille zu einem tiefen mathematisch-physikalischen Denker ausgebildet, als welcher er mir in meinen älteren Studienjahren als höchstes Vorbild vorschwebte.

Der harmonische Analysator galt ursprünglich der Auswertung von Erdthermometer-Beobachtungen einer alten, noch von Neumann eingerichteten Station im Botanischen Garten. Die „Physikalisch-Ökonomische Gesellschaft“, der mein Vater als Mitglied angehörte, hatte für 1891 einen Preis auf die Bearbeitung dieser Beobachtungen gesetzt. Die Station war in der Nähe eines Abhanges angelegt; es ergab sich daher das Problem, die Wärmeleitung zu untersuchen und die betr. Differentialgleichung zu integrieren in einem von zwei beliebig gegeneinander geneigten Halbstrahlen begrenzten Winkelraum. Schon damals führte ich das Problem nach der Spiegelungsmethode zurück auf eine Riemannsche Fläche mit Windungspunkt, ohne aber noch die Integration der Wärmeleitungsgleichung für eine solche Fläche leisten zu können. Die von mir eingereichte Preisarbeit enthielt methodisch manch Eigenes und, wie mir damals schien, Neues, war aber in einem wesentlichen Punkte bei der Erfüllung der Randbedingungen inkorrekt und mußte daher von mir zurückgezogen werden. Bis zur numerischen Behandlung war meine Arbeit nicht vorgedrungen, sondern bezeichnenderweise in den mathematischen Allgemeinheiten stecken geblieben.

Meine Doktorarbeit, Königsberg 1891, behandelte „Die willkürlichen Funktionen in der mathematischen Physik“ und berührte sich, wie ich später sah, mit einem Weierstrassischen Gedankengange. Ich habe sie in wenigen Wochen konzipiert und niedergeschrieben.



Auf das hohe Meer der eigentlichen theoretischen Physik wagte ich mich zum ersten Male hinaus mit einer in die *Annalen der Physik* (Wied. Ann.) aufgenommenen Arbeit: „Mechanische Darstellung der elektromagnetischen Erscheinungen in ruhenden Körpern“. Aus dem Studium der *Mathematical and Physical Papers* von W. Thomson hervorgegangen, suchte sie den gyrostatistischen Äther (Thomsonsches Kreiselmodell) für die mechanische Erklärung der Maxwell'schen Gleichungen nutzbar zu machen, wobei die Rolle von elektrischer und magnetischer Kraft gegenüber Thomson vertauscht war. Das Wertvollste an dieser Arbeit war für mich, daß sie mir das Interesse Boltzmanns eintrug; daß im übrigen bei derartigen mechanischen Erklärungsversuchen nicht viel herauskomme, wurde mir bald klar.

Nachdem ich 1892 die Prüfung für das Lehramt abgelegt und darauf meiner Militärpflicht genügt hatte, ging ich Oktober 1893 nach Göttingen als dem Orte mathematischer Hochkultur. Persönliche Beziehungen fügten es, daß ich zunächst Assistent am Mineralogischen Institut bei Th. Liebisch wurde. Mein eigentliches Interesse blieb aber auf die Mathematik und mathematische Physik gerichtet. Überwältigend war der Eindruck, den ich in Vorlesungen und Besprechungen von F. Kleins großartiger Persönlichkeit empfing. Klein suchte mich zielbewußt an die Probleme der mathematischen Physik zu fesseln und für seine Auffassung dieser Probleme, die er in früheren Vorlesungen niedergelegt hatte, zu gewinnen. Ich habe Klein stets als meinen eigentlichen Lehrer angesehen, nicht nur in mathematischen, sondern auch in mathematisch-physikalischen Dingen und in der Auffassung der Mechanik. Von entscheidendem Einfluß für meine spätere Lehrtätigkeit war das Beispiel seiner hochgesteigerten Vortragskunst. 1894 wurde ich Assistent von Klein am mathematischen Lesezimmer, hatte als solcher seine Vorlesungen auszuarbeiten und habilitierte mich 1896 mit einer Arbeit „*Mathematische Theorie der Diffraktion*“ als Privatdozent der Mathematik. In dieser ersten größeren Arbeit waren die bei dem Königsberger Thermometer-Problem gefaßten Pläne zur Reife gelangt. Ich studierte die Ausbreitung des Lichts auf einer zweiblättrigen Riemannschen Fläche und gewann von da aus die erste exakte Lösung eines Beugungsproblems in der geschlossenen und für die numerische Diskussion geeigneten Form eines komplexen Integrals. Außer Klein nahm auch W. Voigt lebhaften Anteil an dieser Arbeit und hat sie in seiner Weise weitergeführt. Bald darauf knüpfte auch Poincaré in den *Acta Mathematica* an meine „*méthode extrêmement ingénieuse*“ an. Meine Beugungsarbeit erschien im Bd. 47 der *Mathem. Ann.*; im Bd. 45 derselben hatte ich auf Veranlassung von Klein meine Studien über die Wärmeleitungsgleichung dargestellt.

Mit großer Begeisterung nahm ich meine Vorlesungstätigkeit wahr. Wahrscheinlichkeitsrechnung, projektive Geometrie, Flächentheorie, Variationsrechnung, partielle Differentialgleichungen der Physik waren meine Vorlesungsthemen während meiner fünfsemestrigen Göttinger Tätigkeit. Aus einer Kleinschen Vorlesung 1895/96 entstand die Theorie des Kreisels, beendet 1910 in München. Sie spiegelt in den ersten beiden Heften das überwiegende mathematische Interesse wider, von dem ich ausging; im dritten und vierten Heft wird der Nachdruck auf die Anwendungen in Geophysik, Astronomie und Technik gelegt. Kleins Tendenz, von mir mit Überzeugung aufgenommen, war dabei, die anschauliche Behandlung der mechanischen Probleme in Deutschland in Ehren zu bringen. Aus meiner eigenen Göttinger Vorlesungstätigkeit entstanden die Arbeiten: Über das Gaußsche Fehlergesetz (Boltzmann-Festschrift), Über das Dupin'sche Theorem (Deutsche Mathematiker-Vereinigung 1897), Über die Fortpflanzung elektrodynamischer Wellen längs eines Drahtes (Ann. d. Phys. 1898). Die letztere Arbeit führte das Problem der Drahtwellen, von Hertz experimentell geklärt, aber theoretisch nur gestreift, zum guten Ende und brachte mich zum erstenmal mit den aktuellen Fragen der experimentellen Physik in Berührung. Daß ich selbst niemals die erforderliche Zeit und Kraft gefunden habe, mich experimentell zu betätigen, habe ich stets bedauert; eine Assistentenstelle bei Voigt, die mir hierzu Gelegenheit geboten hätte, hatte ich leider wegen meiner damals überwiegenden mathematischen Interessen abgelehnt. Alles in allem glaube ich aber, daß ich durch Beschränkung auf die theoretische Arbeit bei enger Fühlungnahme mit den experimentellen Ergebnissen anderer meine Kräfte am besten ausgenützt habe.

1897 wurde ich Professor der Mathematik an der Bergakademie in Clausthal im Harz. Meine dortige Vorlesungstätigkeit betraf hauptsächlich die Elementarmathematik. Als größere Arbeit entstand in dieser Zeit die „Beugung der Röntgenstrahlen“ (Zeitschr. f. Mathematik und Physik 1900), welche die Methoden meiner Lichtdiffraktion auf die Beugung eines unperiodischen Vorganges („Röntgenimpulses“) übertrug. Ferner begann ich in Clausthal die Redaktion des Bd. V (Physik) der Mathematischen Enzyklopädie, die in der Folge viel Arbeit beanspruchen sollte.

Im Jahre 1900 wurde ich als Professor der technischen Mechanik an die Aachener Hochschule berufen. Dadurch wurde ich für einige Jahre gezwungen, den Schwerpunkt meiner Arbeiten auf die technischen Probleme zu legen. Ich hatte dabei die Genugtuung, daß meine Aachener Kollegen und Studenten, die zunächst den „reinen Mathematiker“ mit Mißtrauen betrachteten, mich alsbald als nützliches Glied nicht nur im Unterricht, sondern auch im praktischen Ingenieurwesen anerkannten, so daß ich zu Gutachten,

zur Mitarbeit im Ingenieurverein etc. herangezogen wurde. Ich konstruierte u. a. Unterrichtsapparate zur Darstellung der Schwingungsvorgänge (Resonanzfedern in der Wüllner-Festschrift), publizierte über den dynamischen Ausbau der Festigkeitslehre, über das Pendeln von Dynamomaschinen, über die Bremswirkung bei Eisenbahnen. Meine wichtigste Arbeit auf diesem Gebiet war die „Hydrodynamische Theorie der Schmiermittelreibung“, Ztschr. f. Math. und Phys. 1904, in der ältere Ansätze von Petroff und Osborne Reynolds bis zum Vergleich mit neueren Erfahrungen von Striebeck durchgebildet wurden. Ich hatte die Freude, auch auf diesem, der exakten Behandlung scheinbar unzugänglichen Gebiete der Macht des mathematisch-physikalischen Gedankens zum Siege zu verhelfen.

Neben diesen technischen Interessen ließen sich auf die Dauer meine theoretischen Interessen nicht zurückdrängen. Ich behandelte auf Anregung meines Aachener Kollegen M. Wien den Wechselstromwiderstand der Spulen (Ann. d. Phys. 1904 und 1907), vor allem aber die Dynamik des Elektrons in drei umfangreichen Arbeiten (Göttinger Nachr.), die auf der Theorie des absoluten Äthers fußten und das starre Elektron zugrunde legten. Die letzte von ihnen erschien im kritischen Jahre 1905, dem Geburtsjahre der Relativität; infolgedessen waren jene schwierigen und langwierigen Studien, auf die ich anfangs großen Wert legte, zur Unfruchtbarkeit verurteilt.

Herbst 1906 wurde ich auf Veranlassung von Röntgen nach München als indirekter Nachfolger Boltzmanns berufen. Es war für mich und meinen damaligen Assistenten Debye selbstverständlich, daß dieser Ruf uns beiden galt, d. h. daß Debye mich nach München begleitete. In München kam ich zum ersten Male dazu, Vorlesungen über die verschiedenen Gebiete der theoretischen Physik und Spezialvorlesungen über die im Fluß befindlichen Fragen zu halten. Ich habe von Anfang an dahin gestrebt und habe es mich keine Mühe verdrießen lassen, in München durch Seminar- und Colloquiumbetrieb eine Pflanzstätte der theoretischen Physik zu gründen.

Schließlich stelle ich die wichtigsten wissenschaftlichen Daten aus meiner Münchener Zeit zusammen: Dispersion eines begrenzten Wellenzuges (1907 und H. Weber-Festschrift 1912). Fortpflanzung der Wellen in der drahtlosen Telegraphie 1909 (mit mehreren anschließenden Schülerarbeiten), Einseitigkeit der Emission von Röntgen- und  $\gamma$ -Strahlen (1909 und 1911), Erste Vorlesung über Relativität 1908, nachdem ich in Köln Minkowskis Vortrag „Raum und Zeit“ gehört hatte; anschließende Arbeiten in den Ann. d. Phys. 1910, erstes Zusammentreffen mit Einstein in Salzburg 1910. Vortrag in Karlsruhe über Quantentheorie 1911, Solvay-Kongreß 1911 und 1913. Quantitative Bestimmung der Wellenlänge („Impulsbreite“) der Röntgenstrahlen nach Beugungsaufnahmen von Walter und Pohl 1912, daran anschließend



Laues Entdeckung in meinem Institut, Frühjahr 1912 (Dr. Friedrich war damals Assistent bei mir). Mein Ausbau der Bohrschen Theorie (Ellipsenbahnen, Feinstruktur) bereits Winter 1914/15 im Kolleg vorgetragen, aber erst Anfang 1916 veröffentlicht. Ruf nach Wien Sommer 1917.

Von weiteren Arbeiten zur Bohrschen Theorie der Spektrallinien, die mich und meine Schüler auch in den folgenden Jahren vornehmlich beschäftigt haben, nenne ich: Die zusammenfassende Darstellung über Feinstruktur und Röntgenspektren, *Annalen d. Phys.* Bd. 51, 1916, Theorie des normalen Zeemaneffektes, *Physik. ZS* 1916, Epsteins Theorie des Starkeffektes, *Ann.* Bd. 50, 1916, Auswahlprinzip und spektroskopischer Verschiebungssatz, gemeinsam mit W. Kossel, *Verhandlungen d. d. phys. Ges.* 1919, Allgemeine spektroskopische Gesetze, insbesondere ein magnetooptischer Zerlegungssatz, *Ann. d. Phys.* 63, 1920 (Einführung der inneren Quantenzahl = Quantenzahl des gesamten Impulsmomentes), Deutung verwickelter Spektren (*Ann.* 70, 1923) (Anfänge der Multiplett-Theorie, im Anschluß an Catalàns Ordnung des Mn-Spektrums).

Im Jahre 1922/23 war ich als Carl-Schurz-Professor an die Wisconsin-Universität nach Madison berufen und wurde mit einer großen Zahl amerikanischer Kollegen befreundet. Insbesondere lernte ich Arthur Compton und seinen Quanteneffekt kennen. Seitdem war ich von der Notwendigkeit der dualistischen Auffassung des Lichtes (Welle und Korpuskel) durchdrungen, zumal eine frühere Arbeit vom Jahre 1911 (zusammen mit Debye) mich von der Unmöglichkeit der Wellentheorie des Photoeffektes überzeugt hatte. Aus Pasadena brachte ich die Zeemaneffekt-Aufnahmen der Sonne mit, die Laporte in seiner Dissertation zur Entwirrung des Eisenspektrums verhalfen. In unserem Münchner Colloquium stieß ich bei W. Wien und Zenneck mit meiner Auffassung des Compton-Effektes auf stärksten Widerspruch. Wir ahnten nicht, wie bald sie durch die neue Quantentheorie legitimiert werden sollte.

Die Arbeiten der nächsten Jahre waren hauptsächlich den Intensitätsfragen der Spektren gewidmet, in engem Zusammenwirken mit den experimentellen Ergebnissen des Ornsteinschen Instituts in Utrecht. Hierher gehören eine korrespondenzmäßige Untersuchung zusammen mit Heisenberg über die Intensität der Mehrfachlinien und ihre Zeemaneffekte, *Z. f. Phys.* 10, 1922, über die Intensität der Röntgenlinien, *Ann.* 76, 1925, über die Intensität der Multiplettlinien, zusammen mit H. Hönl, *Berliner Akad.* 1925, eine Arbeit von London und Hönl über Bandenspektren.

Ein neues Thema bot sich mir dar in der Anwendung der Fermi-Statistik auf die Metall-Elektronen: Vortrag in Como 1927, *Z. f. Phys.* 47, 1928, mit Beiträgen von Eckart und Houston. Zusammenfassende Darstellung von Sommerfeld und Bethe im Handbuch der Physik, 1933.

Die inzwischen entstandene neue Quantentheorie beschäftigte mich vor allem in der ihr von Schrödinger gegebenen analytischen Form, die ich in vielen Spezialvorlesungen meinen Studenten und mir klarzumachen suchte. Aus diesen Vorlesungen entstand 1927 der „Wellenmechanische Ergänzungsband“ zu meinem Buch „Atombau und Spektrallinien“, das 1919 in erster Auflage, 1944 in sechster Auflage erschienen ist. Der „Ergänzungsband“ wurde 1944 als Band II des Atombaus in dritter Auflage veröffentlicht, wobei er leider auf das Dreifache angewachsen ist. Der Grund hiervon ist, daß er reichliche Gelegenheit bot, alle die Methoden der partiellen Differentialgleichungen auf wirkliche physikalische Probleme anzuwenden, mit denen ich mich ein Leben lang beschäftigt hatte.

Bei meiner Weltreise 1928/29 (Indien, Japan, Amerika) konnte ich mit Genugtuung die allgemeine Anerkennung genießen, die die deutsche Wissenschaft genoß. Sie sollte bald darauf durch das verbrecherische Hitler-System vernichtet werden.

Mit 70 Jahren trat ich von meinem Lehramt zurück und erhielt den denkbar schlechtesten Nachfolger, der nunmehr einer jungen Kraft weichen mußte. In den Kriegsjahren entschloß ich mich auf Zureden, meine alten Kursus-Vorlesungen in vervollständigter Form herauszugeben. Der vorletzte Band dieser Reihe kommt jetzt in Druck. Ohne diese Arbeit hätte ich die politischen Erschütterungen der Kriegszeit kaum überstehen können.

Wenn ich auf meine wissenschaftliche Laufbahn zurückblicke, muß ich dankbar sein, daß sie in eine für die mathematische Physik so ungeheuer fruchtbare Zeit gefallen ist. Der Ausbau der Maxwellschen Theorie, der in der Relativitätstheorie gipfelte, die Plancksche Entdeckung und ihre Anwendung auf die Enträtselung des Atoms boten mir unaufhörlich neue Aufgaben. Ein großer Kreis dankbarer Schüler, bevorzugte Berufsbedingungen, internationale Anerkennungen wie die mir kürzlich verliehene Ehrenmitgliedschaft der Wiener Akademie, ein glückliches Familienleben haben meine Tätigkeit bis in mein hohes Alter hinein gefördert.“

Soweit Sommerfelds eigene Darstellung, der wir noch einige Bemerkungen anfügen. Über viele Einzelheiten des umfassenden wissenschaftlichen Werkes ist in den zahlreichen Nachrufen geschrieben worden.

Vielleicht verdient besondere Beachtung einer derselben, der wenig bekannt sein dürfte, in der Zeitschrift „Lubrication Engineering“ 11, 229 (1955) erschienen. Hier steht natürlich Sommerfelds Arbeit über die Schmiermittelreibung im Vordergrund, die noch heute grundlegend ist und die nach zwei Seiten hin für seine Arbeitsweise charakteristisch erscheint.

Erstens war er technischen Fragen gegenüber stets aufgeschlossen. Wehe dem Studenten, der es in snobistischer Verkennung des Wesens der theoreti-

schen Physik ablehnte, sich für technische Fragen zu interessieren. Bei Sommerfeld hat sich diese Seite seines Wesens besonders deutlich in seiner Aachener Tätigkeit ausgeprägt; sie findet aber auch Ausdruck z. B. in der späteren Zusammenarbeit mit dem Erfinder des Kreiselkompasses Hermann Anschütz-Kämpfe zur Anwendung der mit F. Klein erarbeiteten Kreiseltheorie.

Zweitens begegnen wir in seiner Schmiermitteltheorie zwar nicht zum ersten Male, aber doch in höchst charakteristischer Weise seiner Meisterschaft in der Anwendung funktionentheoretischer Methoden auf physikalische Probleme. Tatsächlich hat auf dem Felde der Schmiermitteltheorie schon vor ihm Osborne Reynolds schöne Früchte geerntet. Doch war die Brauchbarkeit seiner Ergebnisse durch mangelnde Konvergenz beeinträchtigt. Sommerfeld konnte diese Schwierigkeiten überwinden und die Lösungen in geschlossener Form angeben.

Diese Meisterschaft finden wir in zahlreichen Arbeiten, wie den Untersuchungen über die Beugung an einer Halbebene, über die Ausbreitung von Wellen auf Kugeloberflächen und längs Leitern ebenso wie in zahlreichen Beiträgen zur älteren Quantentheorie und zur Wellenmechanik. Zweifellos ist es seine Vertrautheit mit den Methoden der Analysis, die ihn zeit seines Lebens die Wellenmechanik mehr als die Matrizenmechanik lieben läßt.

So sehr das Mathematische und insbesondere die Analysis im Zentrum seiner Arbeiten steht, so sehr diese ausreichen würden, seinen Ruf zu begründen, an entscheidenden Stellen hat er immer wieder Grundlegendes und Weiterwirkendes zur eigentlich physikalischen Diskussion beigetragen. Wir verdanken ihm entscheidende Impulse für die Erkenntnis der elektromagnetischen Natur der Röntgenstrahlen. Bereits zwei Jahre vor Bohr hat er auf der Naturforschertagung in Karlsruhe (1911) gezeigt, daß die Plancksche Konstante atomare Größen verständlich macht. Allgemein bekannt sind seine Arbeiten, die schließlich zur Einführung der inneren Quantenzahl geführt haben, allerdings ohne daß er bis zur Entdeckung des Elektronenspins durchgedrungen wäre. Schließlich gehört hierhin die Entdeckung, daß die Drudesche Theorie der Metallelektronen verbunden mit der Quantenmechanik besser ist, als ihr Ruf zu jener Zeit war.

Ähnlich wie Galilei den Trägheitssatz, ohne ihn selbst aussprechen zu können, so fest in Händen hatte, daß er seinen Schülern selbstverständlich erschien, war es Sommerfeld in dem gerade genannten Bereich seines Schaffens, außer in der Theorie der Metallelektronen, nicht vergönnt, den letzten Schritt zu machen. Nicht er hat das Bohrsche Atommodell gefunden; und heute ist es für uns aufregend, das Kapitel über innere Quantenzahlen in der 4. Auflage von „Atombau und Spektrallinien“ zu



lesen, in der so vieles, was man über den Spin weiß, enthalten ist, ohne daß der Spin konzipiert wird.

Mit einer gewissen Skepsis steht Sommerfeld philosophischen Diskussionen in der Physik gegenüber. Charakteristisch hierfür ist seine Einstellung zu den Versuchen von Kirchhoff und Hertz, den Begriff Kraft aus der Mechanik zu eliminieren. Bewundernd steht er diesem großartigen Versuch gegenüber. Doch schüttelt er ihn mit der Bemerkung ab: „Aber zu fruchtbaren Folgerungen ist seine (nämlich Hertz') Methode nicht gelangt.“ Deutlicher tritt seine verhaltene Philosophie bei der Zurückweisung der Hertzschen Ablehnung des Begriffes der Zentrifugalkraft hervor, wo er sagt: „Der Name Zentrifugalkraft bedarf keiner Rechtfertigung, weil er wie der allgemeinere der Trägheitswiderstände auf einer klaren Definition beruht.“

In diesem Zusammenhang bleibe eine charakteristische Episode nicht unerwähnt. Ein junger Philosoph, Schüler von NICOLAI HARTMANN, tritt während der Physikertagung in Bad Nauheim, 1950, an Sommerfeld mit der Bitte heran, ihm einige für seine Philosophie wichtigen Fragen zu beantworten. Sie vereinbarten ein Gespräch, das der 82jährige Sommerfeld mit den Worten eröffnet: „Wir haben uns unter der Voraussetzung verabredet, daß Sie mich nicht belehren wollen.“ Nach dieser Eröffnung ging das Gespräch eine Weile schleppend hin und her. Es konnte nicht ausbleiben, daß der junge Mann für seine Ideen oder für die seines Lehrers warb, so daß es schließlich Sommerfeld, sich erhebend, mit den Worten beendete: „Nun wollen Sie mich doch belehren!“ – Stehend verfolgte er den Abgang des jungen Mannes und schwemmte danach das Unbehagen, das ihm das Gespräch bereitet hatte, mit einem Glase Wein fort.

Zwei Rufe lehnte Sommerfeld ab: 1917 nach Wien als Nachfolger von Hasenöhrle und Boltzmann und 1928 nach Berlin auf den Lehrstuhl von Planck. Aus der Zeit des Wiener Rufes verdient ein Brief von Röntgen Beachtung, weil er Einblick gewährt in die Zeit der Beendigung des Interregnums 1906, über die offensichtlich irri- g Anschauungen existieren. Die Briefstelle lautet: „Als Professor Sommerfeld nach München kam, wurde mit ihm die seit vielen Jahren verwaiste und eigentümlicher Weise nur einmal für sehr kurze Zeit von Boltzmann besetzte Professur für mathematische Physik wieder besetzt. Nicht ohne Mühe wurde damals dieses mir bei meiner Berufung nach München in Aussicht gestellte Ziel erreicht: Es bedurfte der Ablehnung eines an mich ergangenen Rufes und insbesondere der energischen Stellungnahme des höchstseligen Prinz-Regenten LUITPOLD\*, um die Professur wieder einrichten zu können; auch fehlte es nicht an Widerstand bei Stellen, die doch an dieser Entwicklung das größte Interesse haben mußten. Nachdem Professor Lorentz aus Leiden eine Anfrage nach reif-

licher Überlegung ablehnend beantwortet hatte, wurde die Professur Herrn Sommerfeld übertragen.“

Jedem, der Sommerfeld kennenlernen durfte, ist seine warme Menschlichkeit vertraut. Einen schönen Ausdruck findet diese in der Grabrede für einen früheren Feinmechaniker der Staatssammlung. Kaum an anderer Stelle sind bei dem stilistisch so Gewandten beschwingtere und wärmere Worte zu finden: „Ein Vierteljahrhundert hat Herr Wendelin Sinz an dieser Sammlung gewirkt. . . . Und wie hat er gewirkt! Nicht nur mit der Kunst seiner Hände, mit der Gewissenhaftigkeit und Geschicklichkeit, welche den Präzisionsmechanikern vor allen anderen Berufen zu eigen sind, sondern mit der ganzen Wärme seines Herzens, mit ganzer Hingabe seiner Persönlichkeit. . . . Mit mir selbst verband ihn seit dem Tage, da ich zum erstenmal in das Institut kam und auf der Treppe von Herrn Sinz mit warmem Händedruck willkommen geheißen wurde, ich darf wohl sagen, gegenseitiges Vertrauen und Zuneigung.“

Schmerzlich hat ihn nach dem Kriege der Verlust seiner Heimat und die Zerschlagung Preußens getroffen. In der Einleitung seiner Elektrodynamik hat er der ostpreußischen Heimat ein Denkmal gesetzt. Und es ist nicht allein zur Kennzeichnung von Felix Klein gesagt, wenn er zu dessen hundertstem Geburtstag 1949 schreibt: „Er war nicht nur ein deutscher, sondern auch preußischer Patriot. . . . Am Ausgang des Weltkrieges nahm er wie wir alle leidenschaftlichen Anteil. Als aber die Katastrophe entschieden war, sagte er: ‚Jetzt kommt es darauf an, treu weiterzuarbeiten.‘ Er verwirklichte das, indem er seine Gesammelten Abhandlungen in drei Bänden herausgab.“ Etwa in jene Zeit fällt ein Wort, das ich nur noch dem Inhalt nach zitieren kann: Früher sagte man zum Lobe, Norditalien sei das Preußen Italiens. Heute will man die Tugenden Preußens nicht mehr wahr haben, und man hat dieses Land zerschlagen. – Zweifellos hat hier der Enkel des ostpreußischen Hof-Postsekretärs Friedrich Wilhelm Sommerfeld und des königlichen Baumeisters Albert Mathias gesprochen.

*Fritz Bopp*

#### CARL VON LINDE

Die Wirkungsstätte CARL V. LINDES\* (1842–1934; Akademiemitglied 1896), des Pioniers der Kältetechnik, dem 1897 der persönliche Adel verliehen wurde, lag hauptsächlich in München, wodurch die Akademie eng mit ihm verbunden war. So konnte sie 1912 Linde bitten, in der öffentlichen Sitzung der Akademie die Festrede zu halten, der Linde den Titel

gab „Physik und Technik auf dem Wege zum absoluten Nullpunkt der Temperatur“.

Damals war es schon siebzehn Jahre her, daß Linde, 53 Jahre alt, sein berühmtes einfaches Luftverflüssigungsverfahren schuf. Er wurde zu ihm durch Beschäftigung mit der Theorie der Kohlensäure-Kompressionskältemaschine geführt. In ihr waren weit oberhalb des kritischen Punktes noch Kälteleistungen erzielt worden, die auf dem Thomson-Joule-Effekt bei der Expansion im Entspannungsventil beruhten. Dies brachte, wie Linde selbst in einer Veröffentlichung angibt, ihn auf den Gedanken, den Thomson-Joule-Effekt zur Luftverflüssigung zu benutzen. Außerdem kam er selbständig darauf, das Gegenstrom-Verfahren zur weiteren Senkung der durch den Thomson-Joule-Effekt erniedrigten Temperatur zu verwenden, das vor ihm schon Wilhelm Siemens angegeben hatte: Die zum Entspannungsventil hinströmende Druckluft wird durch die vom Ventil durch ein das Druckluftrohr umgebendes Rohr zurückströmende etwas kältere Luft vorgekühlt, so daß die Temperatur vor dem Ventil und infolgedessen auch hinter ihm allmählich sinkt, bis die Kondensationstemperatur der Luft ( $-193^{\circ}$  C. bei 1 Atm. Druck) erreicht ist.

Schon bei seinem ersten Versuchsapparat verwendete Linde außerdem den sogenannten Hochdruckkreislauf, bei dem die hochgespannte Luft nicht auf 1 Atm., sondern auf einen höheren Druck entspannt wird. Man erhält dabei, wie die Heranziehung der Theorie Linde zeigte, z. B. die 20fache Temperatursenkung bei gleichem Arbeitsaufwand, wenn man von 200 auf 20, statt von 10 auf 1 Atm. entspannt. Eine weitere Verbesserung erreichte Linde dadurch, daß er am warmen Ende des Gegenströmers mit einer Ammoniak-Kältemaschine vorkühlte.

Wie bei seiner genialen Methode der Luftverflüssigung, so ging Linde auch bei allen anderen technischen Arbeiten, die er in Angriff nahm, wissenschaftlich vor. So war er es, der die günstigste Arbeitsweise bei Eis- und Kühlmaschinen in jungen Jahren wissenschaftlich erforschte. Auch führte er schon 1875 erstmalig an Stelle des Druck-Volumen-Diagramms das Temperatur-Entropie-Diagramm ein, dessen Benutzung jetzt bei den Kälteingenieuren allgemein üblich ist. Durch seine grundlegenden Untersuchungen und die auf sie aufgebauten konstruktiven Maßnahmen erreichte Linde, daß der Wirkungsgrad der Kompressions-Kältemaschine, bei deren Betrieb man bald zu Ammoniak überging, auf das Mehrfache des Früheren stieg und die Kältetechnik einen ungeheuren Aufschwung nahm.

Als Linde dann die Tieftemperaturtechnik durch sein Luftverflüssigungsverfahren in ein ganz neues Fahrwasser gebracht hatte, begnügte er sich



nicht mit der eigentlichen Luftverflüssigung. Er erkannte sofort, daß ein Hauptanwendungsgebiet der Luftverflüssigung die Trennung der Luft in ihre Bestandteile sei. Auf wissenschaftlicher Grundlage gewann er zunächst durch fraktionierte Verdampfung der Luft die sauerstoffreiche „Linde-Luft“. Da bei der fraktionierten Verdampfung ein großer Teil des Sauerstoffs mit den Dämpfen abzieht, griff Linde dann den Gedanken auf, die in anderen Fällen, z. B. bei der Alkoholgewinnung, schon benutzte Rektifikation für die Trennung der Luft in Sauerstoff und Stickstoff zu verwenden. Allerdings tritt dabei das Problem auf, Kondensation und Verdampfung beide bei sehr tiefen Temperaturen zu bewirken. Es ist ein wesentliches wissenschaftliches Verdienst Lindes und seiner Mitarbeiter, Wege gefunden zu haben, um für die Kondensation und Verdampfung die flüssige Luft selbst zu benutzen. Insbesondere wird dabei Stickstoff von etwa 5 Atm. Druck durch flüssigen Sauerstoff von 1 Atm. Druck kondensiert. Bald wurde dann weiter dazu übergegangen, auch die Edelgase Argon, Neon, Helium, Krypton und Xenon aus der Luft abzuscheiden.

Hochprozentiger Sauerstoff wurde zur Gewinnung von Wassergas aus Braunkohle verwendet. Aus Wassergas und Koksofengas wurde bei tiefen Temperaturen Wasserstoff gewonnen. Dieser wird zusammen mit Stickstoff zur Herstellung von Ammoniak, Dünger und Sprengstoffen benutzt, durch Hydrierung von Kohle zur Erzeugung von Benzin. Aus Koksofengas wird durch tiefe Temperaturen das für Kunststoffe wichtige Äthylen gewonnen. – So wirkten sich die durch Linde erschlossenen Temperaturen technisch immer mehr und mehr aus.

Dadurch, daß Linde mit großer wissenschaftlicher und technischer Begabung ein großes Organisationstalent verband, konnte er seinem Unternehmen zur Weltgeltung verhelfen.

Erst die Lindesche Gasverflüssigungsmethode hat auch den Weg zu den allertiefsten Temperaturen eröffnet. Nach dem Lindeschen Verfahren erfolgt allgemein heute auch die Verflüssigung von Wasserstoff bei  $-253^{\circ}\text{C}$ ., nur daß am warmen Ende des Gegenströmers mit flüssiger Luft oder wegen der Gefahr von Wasserstoffexplosionen mit flüssigem Stickstoff vorgekühlt wird. Auch bei der Gewinnung von flüssigem Helium, mit dem man bis herunter in die Nähe des absoluten Nullpunktes ( $-273^{\circ}\text{C}$ .) kommt, wird stets die Linde-Methode mitbenutzt: Entweder es wird am oberen Ende des untersten Gegenströmers, der zum Entspannungsventil für Helium führt, mit flüssigem, unter stark vermindertem Druck siedendem Wasserstoff vorgekühlt, oder mit Heliumgas, das durch Arbeitsleistung in einer Expansionsmaschine bei Vorkühlung mit flüssiger Luft das komprimierte Helium auf die Temperatur flüssigen Wasserstoffs oder tiefer vorkühlt.

Schließlich sei noch darauf hingewiesen, daß Linde auch indirekt zu wissenschaftlichen Fortschritten in großem Maße geholfen hat: 1902 veranlaßte er die Gründung des Lehrstuhls und des Laboratoriums für technische Physik der Technischen Hochschule München. Er wünschte, daß der Leiter des Laboratoriums ein Physiker sei, der sich nach den technisch-physikalischen Wünschen der Technik umsehen sollte. Das ist zweifellos so zu verstehen, daß der Laboratoriumsleiter die wissenschaftlichen Grundlagen für technische Probleme behandeln und dadurch der Technik zu schnellen Fortschritten helfen sollte. So war Linde auch an der Technischen Hochschule wegbahnend.

Wer wie ich den Vorzug hatte, Linde persönlich zu kennen, weiß, ein wie überragender, edler Mensch er war. Als Angehöriger der Physikalisch-Technischen Reichsanstalt habe ich erfahren, wie er jedem, der ihn um Rat bat, sein reiches wissenschaftliches Wissen als Kurator der Reichsanstalt mündlich und schriftlich zur Verfügung stellte. Wie sehr sein menschlicher und wissenschaftlicher Rat geschätzt wurde, geht z. B. auch daraus hervor, daß Oskar v. Miller Linde oft bei schwierigen Fragen bat, ihn zu beraten. – Und auch als Großindustrieller blieb er der einfache, schlichte, gerade Mensch, der er vor seinen großen Erfolgen gewesen war.

*Walther Meißner*

#### OSCAR KNOBLAUCH UND WILHELM NUSSELT

OSCAR KNOBLAUCH (1862–1946; Akademiemitglied 1936) wurde als erster Leiter des auf Lindes Veranlassung gegründeten Laboratoriums für Technische Physik der Technischen Hochschule München berufen. Er war deshalb, wenn er die Aufgabe löste, die ihm nach dem vorhergehenden Artikel von Linde gestellt wurde, schon zum Akademiemitglied prädestiniert, das ja wissenschaftliche Leistungen aufweisen soll, die eine wesentliche Erweiterung des vorhandenen Wissensbestandes darstellen: In verschiedener Hinsicht hat Knoblauch zusammen mit seinen Mitarbeitern der Technik neue Wege eröffnet. Durch grundlegende Untersuchungen über die Eigenschaften des hochgespannten Wasserdampfes wurde die Hochdruckdampftechnik ermöglicht. Durch theoretische und experimentelle Arbeiten wurden die Gesetze aufgestellt, die die Schalldämmung beherrschen, insbesondere das „Bergersche Gesetz“. Auch über Strömungserscheinungen und Wärmedurchgang wurden grundlegende Arbeiten durchgeführt.

Knoblauch verstand es auch, Schüler zu finden und auszubilden, die in ähnlicher Weise wie er selbst wichtige Arbeiten im Interesse der Weiterentwicklung der Technik durchführten.

Einer seiner befähigsten Schüler war WILHELM NUSSELT (1883–1957; Akademiemitglied 1953), der zwar nicht das Laboratorium für Technische Physik, aber lange Zeit das Institut für Theoretische Maschinenlehre der Münchener Hochschule leitete. Seine neue Wege weisenden Arbeiten betrafen die bei Wärmekraftmaschinen auftretenden Probleme des Wärmeaustausches, des Stoffaustausches und der Verbrennung. Bei seinen Arbeiten über den Wärmeaustausch in Rohren, die von Gas oder Flüssigkeit durchströmt werden, führte er eine „Kennzahl“ ein, die international als „Nusseltsche Kennzahl“ bezeichnet wird. Die Technik erkannte Nusselts Leistungen auch durch Verleihung der Grashof-Denk Münze an.

*Walther Meißner*

#### JOHANN OSSANNA

JOHANN OSSANNA (1870–1952; Akademiemitglied 1942) war einer der Pioniere der elektrischen Starkstromtechnik in ihrer Entstehungszeit. Seine grundlegenden Arbeiten betrafen u. a. die Theorie des Drehstrommotors, die Fernübertragung großer Energiemengen, die Spannungsänderungen in Wechselstromnetzen, die Kupplung von Stromnetzen verschiedener Frequenz (Kraft- und Bahnnetze) mit Hilfe von Maschinensätzen.

Auch als Lehrer und Mensch ragte Ossanna hervor: Nahezu 50 Jahre hat er an der Technischen Hochschule München als Lehrer und Forscher gewirkt. Als Dekan und Rektor betätigte er sich auch erfolgreich organisatorisch.

*Walther Meißner*

#### ROBERT EMDEN

Eine Persönlichkeit eigenwilliger wissenschaftlicher Prägung hatte die Akademie in dem Astrophysiker ROBERT EMDEN\* (geb. 4. 3. 1862 in St. Gallen, gest. 8. 10. 1940 in Zürich, ao. Mitglied 1916, o. Mitglied 1920). Man kann heute rückblickend sagen, daß Emden seiner Zeit um Jahrzehnte voraus war. Ideen brauchen Zeit zum Reifen. Als Emden 1921 eine Ableitung des Strahlungsgesetzes gab, die rein auf der Lichtquantenvorstellung basierte, wandte er eine Abzählung an, die einer Statistik für nicht unterscheidbare

<sup>8</sup> Akademie-Festschrift II



Teilchen entsprach. Viele Jahre später ging diese Statistik als Bose-Einstein-Statistik in den festen Bestand der Physik ein, ohne daß jemand die Emdensche Arbeit beachtet hätte. Sein 1906 erschieneenes Buch „Gaskugeln“ enthielt die grundlegenden Ansätze für eine Thermodynamik der Sterne, es gibt kein astrophysikalisches Werk, das nicht auf dem Emdenschen Buch aufbaut. Wer aber hätte unter dem bescheidenen Titel „Gaskugeln“ ein so großartiges Thema erwartet? In den „Gaskugeln“ ist zwar der Strahlungsdruck noch nicht explicit in Rechnung gestellt, bei der Einführung der „polytropen Zustandsänderungen“ ist aber auch rein mathematisch der Exponent behandelt, der sich beim Strahlungsdruck ergibt. Daß diese außerordentlich originellen Arbeiten zu ihrer Zeit wenig Beachtung fanden, lag auch an der ungewöhnlichen Bescheidenheit Emdens, der, selbst finanziell unabhängig, jeden Schein des Sichvordrängens vermied. So war ihm trotz einer Fülle hervorragender Publikationen aus den verschiedensten Gebieten, z. B. auch der Schallausbreitung in der Atmosphäre und der Freiballontechnik, die er mit größter Begeisterung betrieb, nie eine planmäßige Professur beschieden. Eine Ironie des Schicksals bewahrte ihn 1933 vor materiellem Ruin: Infolge formaler Schwierigkeiten war ihm 1916 die deutsche Staatsbürgerschaft nicht erteilt worden; so wurde er, der längst zum Urmünchner geworden war, zwar tief verletzt, aber als Schweizer Bürger wenigstens vor großen Verlusten bewahrt, als man ihm 1933 die Tür zum Ort seines selbstlosen Wirkens zuschlug.

*Georg Joos*

#### WILHELM WIEN

WILHELM WIEN\* (1864–1928; Akademiemitglied 1907) wurde am 13. 1. 1864 auf dem Gute Gaffken bei Fischhausen in Ostpreußen geboren. Seine Eltern waren beide Mecklenburger. Das Studium der Physik mußte er sich einigermaßen erkämpfen. Er promovierte indessen bei Helmholtz in Berlin schon 1886 mit einer Arbeit über Lichtbeugung, die mancherlei Interessantes enthält. Seine wichtigen theoretischen Arbeiten über die Gesetze der Temperatúrausstrahlung, die ihm erst im Jahre 1911 den Nobelpreis einbrachten, als ihre große Bedeutung sich klar erwiesen hatte, stammen bereits aus den Jahren 1893–96. Damals arbeitete er experimentell an der Physikalisch-Technischen Reichsanstalt während der Präsidentenzeit von Helmholtz und F. KOHLRAUSCH. Hier gelang ihm auch gemeinsam mit Lummer eine wegen ihrer Einfachheit geniale Verwirklichung des „schwarzen Körpers“.

1896 folgte er einem Ruf nach Aachen, 1898 nach Gießen, 1900 nach Würzburg, wo er bis 1920 blieb. Dann erhielt er einen Ruf als Nachfolger Röntgens nach München. 1928 erlag er unerwartet einem tödlichen Leiden, allzufrüh für alle, die ihn kannten und liebten und viel zu früh für die Physik, in der er bis zuletzt unermüdlich als Lehrer und Forscher tätig war. Der Bayerischen Akademie der Wissenschaften gehörte er seit 1907 an.

Von Wiens sehr zahlreichen experimentellen Arbeiten, von denen viele von großer Bedeutung für die Physik waren, ist indessen keine größere in den Berichten der Bayerischen Akademie erschienen. Dagegen hat er mehrere in den Berichten der Berliner Akademie veröffentlicht, der er ebenfalls angehörte. Die meisten seiner Arbeiten finden sich in den Annalen der Physik, deren Herausgeber er lange Jahre war.

In Aachen hatte Wien mit Arbeiten über Kathodenstrahlen und dann auch über Kanalstrahlen begonnen. Er hatte als erster gezeigt, daß die Kanalstrahlen aus schnellbewegten Ionen bestehen. Das Studium dieser Strahlen hat ihn sein ganzes Leben lang beschäftigt. Er hat es verstanden, diesem Gebiet die Lösung der eigenartigsten Probleme abzugewinnen. Wir nennen als eine der originellsten Anwendungen den Nachweis, daß die Serienlinien des Wasserstoffs in den bewegten Kanalstrahlen, wenn sie ein transversales Magnetfeld durchlaufen, bei Anvisierung in der Feldrichtung die gleiche Aufspaltung zeigen, die J. Stark bei ruhenden Wasserstoffatomen im elektrischen Feld beobachtet hatte. Bei diesem Versuch von Wien zeigt sich die elektrische Komponente, die das vom Experimentator angelegte Magnetfeld in einem mit den Strahlen bewegten Bezugssystem besitzt, wie es die Relativitätstheorie verlangt. Dies war ein Meisterstück der theoretischen Erkenntnis und des experimentellen Könnens.

Der erste Weltkrieg, der Wien in große Besorgnis versetzte, so daß der Nierastende zeitweise sogar nicht zu arbeiten vermochte, brachte ihm neue Aufgaben, als er auf die Veranlassung seines Vetters Max Wien die Untersuchung der damals neuen Elektronenröhrentechnik übernahm. Viele Physiker wurden damals nach Würzburg kommandiert, um an den Forschungen teilzunehmen. Wien persönlich erhielt durch diese Arbeiten die Gelegenheit die Hochvakuumtechnik kennenzulernen, die eben erst im Entstehen war. Nach dem Kriege kehrte er sofort zu seinen wissenschaftlichen Arbeiten zurück und ersann eine Apparatur, mit der er das im Hochvakuum ungestörte Leuchten der Atome der Wasserstoffkanalstrahlen untersuchte und aus der Abnahme des Leuchtens auf ihrem Wege die Leuchtdauer der Atome ermittelte. Diese Experimente haben ihn jahrelang auch noch in der Münchener Zeit beschäftigt. Hier hat er auch die Leuchtdauer der ultravioletten Linie der Wasserstoff-Lymanserie mit einem Vakuum-Spektrographen unter-

sucht, eine schwierige und mühevoll Aufgabe. Die Ergebnisse dieser Arbeiten stimmen nicht völlig mit den Erwartungen der klassischen Theorie des Lichtvorganges überein und sind wohl bis heute nicht vollständig gedeutet worden. Eine besonders schöne Untersuchung mit ähnlichen experimentellen Mitteln, die er ebenfalls in München ausführte, war die rein experimentelle Unterscheidung zwischen geladenen und ungeladenen Trägern der Spektrallinien. Er entwickelte ferner eine Methode, um Kanalstrahlen im Hochvakuum nachzubeschleunigen, und gewann so die Möglichkeit, Strahlen sehr großer und einheitlicher Geschwindigkeit zu erhalten. Die erste Atomkernumwandlung durch Wasserstoffatome ist später von J. E. Cockroft und E. T. S. Walton mit solchen nachbeschleunigten Kanalstrahlen erzielt worden.

In dem letzten Jahre seines Lebens hat Wien sich noch ganz neuen Untersuchungen zugewandt, nämlich dem Versuch, die Beugung der Kathodenstrahlen mit einem Gitter nachzuweisen. Solch eine Beugung war dank der Wellennatur der Kathodenstrahlen nach de Broglie zu erwarten. Eine von Wiens letzten Arbeiten ist kurz in den Berichten der Bayerischen Akademie mitgeteilt. Wien zeigt darin, daß solche Spektrallinien des Heliums, die nur im elektrischen Felde entstehen, beim Eintritt der im Felde angeregten Heliumatome des Kanalstrahls in einen feldfreien Raum keine meßbare Lebensdauer mehr besitzen.

Wie man sieht, hat Wien auch in München Zeit zu eifrigem eigenen Experimentieren gefunden, obwohl er durch zahlreiche Pflichten außerordentlich belastet war. Das Institut war für seine Zwecke neu einzurichten. Die Zahl der Doktoranden wuchs stark an. 1923 war er Dekan, 1925/26 Rektor. Er hat ein großes Handbuch der Experimentalphysik in dieser Zeit herausgegeben und mehrere große Beiträge selbst verfaßt. Ferner war er der erste Vorsitzende der nach dem Weltkrieg neu organisierten Deutschen Physikalischen Gesellschaft, endlich war er an der Gründung der sog. Helmholtz-Gesellschaft zur Linderung der finanziellen Not der Wissenschaft maßgebend beteiligt. Er besaß in außerordentlichem Maße die Fähigkeit der Konzentration und raschen Umstellung. Wien war einer der letzten Physiker, die um die Jahrhundertwende noch die gesamte Physik ihrer Zeit beherrschten.

*Eduard Rüchardt*



# DIE MECHANIK

## IN DEN VERÖFFENTLICHUNGEN DER AKADEMIE

*Von Ludwig Föppl*

Wie bei allen Wissenschaften hat sich auch das Arbeitsgebiet der Mechanik im Laufe der hier in Betracht gezogenen Zeitspanne mächtig erweitert. Während die in den Akademieschriften veröffentlichten Arbeiten über Probleme der Mechanik bis gegen das Ende des 19. Jahrhunderts fast ausschließlich Fragen der Grundlagen der Newtonschen Mechanik betreffen, ändert sich dies allmählich, indem sich die Entwicklung der Elastizitätstheorie und der Strömungslehre in zunehmendem Maße in den Vorträgen und Berichten in der Akademie widerspiegelt. Zugleich macht sich der Einfluß der Relativitätstheorie dadurch bemerkbar, daß die Unstimmigkeiten, die sich aus der Newtonschen Mechanik durch das Postulat des absoluten Raumes und der absoluten Zeit gegenüber gewissen astronomischen Beobachtungen ergeben hatten, zunächst verschiedene theoretische Erklärungsversuche herausforderten, die aber seit der Deutung dieser Unstimmigkeiten durch die Einsteinsche Relativitätstheorie verstummt sind. Die Schriften der Akademie geben ein treues Bild der jeweiligen wissenschaftlichen Strömungen.

Die in den Akademie-Schriften erschienenen Arbeiten werden, soweit sie sich auf Mechanik beziehen, hier in vier Gruppen zusammengefaßt.

Die Arbeiten noch lebender Mitglieder sind dabei gar nicht oder (falls es zweckmäßig erschien) nur ganz kurz erwähnt.

### 1. GRUPPE: ARBEITEN ÜBER GRUNDLAGEN DER MECHANIK

Während in den Jahrzehnten nach der Mitte des 19. Jahrhunderts Fragen über die Grundlagen der Mechanik in den Akademieschriften nicht behandelt werden, so daß man zu der Anschauung kommen kann, die Grundlagen der Mechanik seien damals als abgeschlossenes Wissenschaftsgebiet angesehen worden, ändert sich das Bild gegen Ende des 19. Jahrhunderts. Der Anstoß hierzu ging teilweise von den Astronomen aus, die vor allem bei der Perihelbewegung des Planeten Merkur einwandfreie Beobachtungen angestellt hatten, die sich aus dem Newtonschen Gravitationsgesetz nicht er-

klären ließen. Es stellte sich immer deutlicher die Notwendigkeit einer Korrektur des Gravitationsgesetzes heraus. In den Akademieschriften kommt diese Erkenntnis zum erstenmal 1896 in der Arbeit des Astronomen HUGO v. SEELIGER\* (1849–1924; Akademiemitglied 1883) „Über das Newtonsche Gravitationsgesetz“ zum Ausdruck, worin nachgewiesen wird, daß bei Annahme einer unendlich großen Gesamtmasse des Weltsystems das Newtonsche Gravitationsgesetz einer Erweiterung bedarf. Diese bedeutende Arbeit hat verschiedene andere zur Folge gehabt, in denen versucht worden ist, der Forderung Seeligers nach Ergänzung des Gravitationsgesetzes gerecht zu werden. Hierzu gehört die 1897 erschienene Arbeit von AUGUST FÖPPL\* (1854–1924; Akademiemitglied 1903) „Über eine mögliche Erweiterung des Newtonschen Gravitationsgesetzes“. Er nimmt an, daß neben den sich gegenseitig anziehenden Massen in unserem Weltsystem auch solche vorhanden sind, die sich gegenseitig abstoßen, so daß der Kraftfluß durch die Oberfläche einer Kugel, die mit wachsendem Radius schließlich alle Massen einschließt, Null wird, so wie bei elektrischen und magnetischen Feldern, mit denen das Gravitationsfeld gewisse Ähnlichkeiten besitzt. Die positiven Massen entsprechen dabei den Quellen des Kraftflusses.

Auf Veranlassung von H. v. Seeliger hat A. Korn 1903 eine Arbeit „Über eine mögliche Erweiterung des Gravitationsgesetzes“ veröffentlicht, in der er ein widerstehendes Mittel im Weltall annimmt, so daß das Gravitationsgesetz folgendermaßen lauten würde:

$$K = f \cdot \frac{m_1 m_2}{r^2} e^{-\mu r}$$

Der im Zusatzfaktor  $e^{-\mu r}$  auftretende Wert  $\mu$  sollte Art und Größe des widerstehenden Mittels charakterisieren.

Einen weiteren Versuch zur Überwindung der Schwierigkeiten, die das Newtonsche Gravitationsgesetz in der Himmelsmechanik brachte, machte A. Föppl 1904 in der Arbeit „Über absolute und relative Bewegung“ durch die Annahme von Zusatzkräften, die von der Geschwindigkeit der Körper gegen das Inertialsystem abhängen.

H. v. Seeliger (1906, „Über die sogenannte absolute Bewegung“) tritt mit der Erkenntnis, daß die Newtonsche Definition des „absoluten Raumes“ sinnlos sei, in die Spuren von ERNST MACH und wird damit ebenso wie dieser zum Schrittmacher für die Einsteinsche Relativitätstheorie. Einstein bezieht sich auch auf diese Arbeiten und weist in seiner allgemeinen Relativitätstheorie insbesondere auf die obenerwähnte Arbeit von Seeliger aus dem Jahre 1896 hin.

In diesem Zusammenhang verdient noch eine weitere Arbeit Seeligers (1909, „Über die Anwendung der Naturgesetze auf das Universum“) Er-

wöhnung, in der er die Frage, ob das Newtonsche Gravitationsgesetz ein überall anwendbares, absolut genaues Naturgesetz sei, ebenso verneint wie die Frage, ob die Erscheinungen am Himmel dazu nötigen, die Zahl der leuchtenden Sterne als endlich annehmen zu müssen. Schließlich verneint er auch die Notwendigkeit, die beiden Hauptsätze der Wärmelehre als für das ganze Universum gültig annehmen zu müssen.

Die Klärung dieser Fragen ist durch die Einsteinsche Relativitätstheorie weitgehend gelungen. Seitdem sind diese Fragen in den Schriften der Akademie nicht mehr aufgetaucht.

Zu den Arbeiten über die Grundlagen der Mechanik gehören auch solche, die zu den Prinzipien der Mechanik Stellung nehmen.

1901 hat AUREL VOSS\* (1845–1931; Akademiemitglied 1886) in den beiden Arbeiten „*Bemerkungen über die Prinzipien der Mechanik*“ und „*Über ein energetisches Grundgesetz der Mechanik*“ die Zusammenhänge zwischen dem d'Alembertschen, dem Gaußschen, dem Hamiltonschen Grundgesetz und dem Energieprinzip aufgezeigt und bewiesen, wie man das eine aus dem anderen gewinnen kann. In gleicher Richtung liegt auch die Arbeit „*Über das d'Alembertsche Prinzip*“ (1904) von FERDINAND LINDEMANN\* (1852–1939; Akademiemitglied 1894; s. Seite 31).

Nach 1909 sind bisher keine Arbeiten über die Grundlagen der Mechanik in den Akademieschriften veröffentlicht worden.

## 2. GRUPPE: ARBEITEN ZUR ELASTIZITÄTSTHEORIE

In der zweiten Hälfte des 19. Jahrhunderts hat die Elastizitätstheorie einen großen Aufschwung genommen. Es sei nur an die in der Mitte des Jahrhunderts entdeckten Gesetze von Castigliano über das Minimum der Formänderungsarbeit sowie an die Hertzsche Härte (1883) erinnert, die für die Anwendungen der Elastizitätstheorie im Maschinenbau und für die Baukonstruktionen von großer Bedeutung geworden sind. Auf diesen Grundgesetzen ruhend ist die Statik und Festigkeitslehre in der zweiten Hälfte des 19. Jahrhunderts ausgebaut worden. Diese große Entwicklung findet aber in den Schriften unserer Akademie zunächst keinen Niederschlag. Es dürfte dies damit zusammenhängen, daß die neu entstandenen technischen Wissenschaften damals noch nicht allgemein voll gewürdigt wurden und daß erst gegen Ende des Jahrhunderts Vertreter dieser Wissenschaften als Akademiemitglieder berufen worden sind. Infolgedessen ist die Ausbeute an Arbeiten über Elastizitätstheorie und allgemeine Fragen der Festigkeitslehre, die in den Schriften der Akademie erschienen sind, bis zur Jahrhundertwende gering. Bis dahin ist an theoretischen Arbeiten über



Elastizität wesentlich nur die Elastizitätstheorie der Kristalle zu erwähnen, die durch die Ergebnisse der Kristallphysik von WOLDEMAR VOIGT (1850 bis 1919; Akademiemitglied 1909) angeregt worden sind. Der Münchener Mineraloge PAUL v. GROTH\* (1843–1927; Akademiemitglied 1881) hat selbst oder durch Mitarbeiter Versuche durchgeführt (1884, *P. Groth*, „Über die Bestimmung der Elastizitätskoeffizienten der Kristalle“ und 1888, *P. Groth*, „Über die Elastizität der Kristalle“), die nach anfänglichen Zweifeln schließlich doch alle das von W. Voigt vorausgesagte elastische Verhalten für die verschiedenen Kristallsysteme bestätigt haben.

Auf Veranlassung von P. Groth hat 1888 SEBASTIAN FINSTERWALDER\* (1862–1951; Akademiemitglied 1899) in der Arbeit „Über die Verteilung der Biegungselastizität in dreifach symmetrischen Kristallen“ von ihm angefertigte Gipsmodelle für die Elastizitätsmoduln in den verschiedenen Richtungen von Flußspat (regulärer Kristall), Quarz (hexagonaler Kristall) und Baryt (rhombischer Kristall) beschrieben, denen die Theorie von W. Voigt zugrunde liegt.

In diesen Zeitraum fallen auch einige experimentelle Arbeiten über den Elastizitätsmodul und die elastische Nachwirkung von Drähten aus verschiedenen Werkstoffen, die auf Zug beansprucht wurden. Sie stammen von *Andreas Miller* 1885, „Beitrag zur Kenntnis der Molekularkräfte“ und in den Abhandlungen 1886 und 1888 „Der primäre und sekundäre longitudinale Elastizitätsmodul und die thermische Konstante des letzteren“. In diesen Arbeiten untersucht Miller unter anderem den Einfluß einer vorausgehenden Zug- oder Druckbeanspruchung der Versuchsstäbe auf den Elastizitätsmodul. Er zeigt, daß nach wiederholter Belastung eines Stabes über die ursprüngliche Elastizitätsgrenze hinaus sich ein vollkommen elastisches Verhalten bis zu dieser Belastungshöhe einstellt. Damit nimmt der Verfasser Resultate vorweg, die mehrere Jahre später neu entdeckt worden sind und heutzutage in der Plastizitätstheorie eine große Rolle spielen. Die Arbeiten Millers sind daher als Pionierleistung zu werten.

Mit Beginn unseres Jahrhunderts bekam die Elastizitätstheorie in unserer Akademie einen Auftrieb durch das Akademiemitglied *A. Föppl*. In der Arbeit „Über die Torsion von runden Stäben mit veränderlichem Querschnitt“ (1905) gibt er ein Verfahren an, um die elastischen Spannungen in einem rotationssymmetrischen Stab, der um seine Achse auf Torsion beansprucht wird, zu bestimmen. Außer der strengen Lösung dieser Aufgabe enthält die Arbeit für einen praktisch wichtigen Sonderfall eine Näherungslösung.

Weitere praktisch wichtige Lösungen von Aufgaben der Elastizitätstheorie, die von *A. Föppl* in den Berichten der Akademie erschienen sind:

1912, „*Die Biegung einer kreisförmigen Platte*“. Während bis dahin nur die strenge Lösung für die eingespannte Platte bekannt war, wird hier die strenge Lösung für die frei aufliegende Platte abgeleitet. Für den Fall einer Einzellast wird eine Lösung entwickelt, die auch noch in der Umgebung der Last brauchbar ist.

1915, „*Über die Lösung der Spannungsaufgabe für das Ausnahmefachwerk*“. Das Ausnahmefachwerk ist dadurch gekennzeichnet, daß die reinen Gleichgewichtsbedingungen auf unendlich große Spannungen führen. Berücksichtigt man die elastische Gestaltänderung des Fachwerkes, die hier besonders groß ist, so kommt man zu endlichen Spannungswerten. Es wird ein allgemein anwendbares Verfahren angegeben, die Spannungen im Ausnahmefachwerk zu berechnen. Sie wachsen mit der zweidrittelten Potenz der Lasten.

1917, „*Über den elastischen Verdrehungswinkel eines Stabes*“. Es werden Näherungsformeln für den Verdrehungswinkel und die größte Schubspannung in prismatischen Stäben abgeleitet, deren Querschnitte sich aus schmalen Rechtecken zusammensetzen. Dabei wird von dem hydrodynamischen Gleichnis zur Torsionsaufgabe Gebrauch gemacht. Die Ergebnisse sind von großer praktischer Bedeutung.

Neben den obenerwähnten theoretischen Arbeiten zur Elastizitätstheorie hat *A. Föppl* folgende experimentelle über die Festigkeit der Werkstoffe in den Akademieberichten veröffentlicht:

1911, „*Die Sprödigkeit von Glas*“. Er berichtet über Versuche an Jenaer Gläsern. Die Sprödigkeit wurde an Glaswürfeln ermittelt. Es zeigte sich, daß die meisten Gläser spröder waren als Granit.

1921, „*Versuche über die Drehfestigkeit der Walzeisensträger*“. Die Versuche, die er mit T-, I-, E-Eisen, Winkeleisen und Z-Eisen durchgeführt hat, stehen in guter Übereinstimmung mit seinen Näherungsformeln von 1917 (s. oben).

1923 gibt er in seiner Arbeit „*Der Schubmesser, ein neues Feinmeßgerät für Festigkeitsversuche*“ eine Beschreibung des in seinem Laboratorium entwickelten Gerätes.

1920, „*Über die Beanspruchung eines Stabes von elliptischem Querschnitt auf Drillen bei behinderter Querschnittswölbung*“. Die Spannungen und Formänderungen werden nach dem Ritzschen Näherungsverfahren berechnet. Die größten Spannungen treten an bestimmten Stellen des Umfanges der Ellipse im Einspannquerschnitt auf.

Weitere Arbeiten zur Elastizitätstheorie, die von anderen Autoren stammen, sind folgende:

*A. Korn* (vorgelegt von F. Lindemann, 1906, „*Abhandlungen zur Elastizitätstheorie I und II*“) gibt eine allgemeine Lösung der elastischen Grund-

gleichungen mit Hilfe von unendlichen Reihen, deren Konvergenz bewiesen wird. Der Wert dieser Untersuchungen liegt weniger in der Möglichkeit, auf diesem Wege spezielle Aufgaben der Elastizitätstheorie zu lösen, als vielmehr in dem Nachweis der Existenz solcher Lösungen. Die Untersuchungen beziehen sich auf den Fall, daß die Verschiebungen an der Oberfläche des Körpers vorgeschrieben sind.

HEINRICH LIEBMANN (1874–1939; Akademiemitglied 1917; vgl. das Kapitel „Mathematik“ S. 5; 1920, „*Ausnahmefachwerke und ihre Determinanten*“) hat unter Bezugnahme auf die obenerwähnte Arbeit von A. Föppl (1915) eine Reihe von Sätzen über die Grenzfälle statisch bestimmter Fachwerke bewiesen.

Der Verfasser dieses Beitrages, Ludwig Föppl, knüpfte an die elastizitätstheoretischen Arbeiten seines Vaters und Vorgängers August Föppl im Amt an der Techn. Hochschule München an und veröffentlichte in den Akademieberichten verschiedene Arbeiten zur Elastizitätstheorie.

Die Lösung einer elastizitätstheoretischen Aufgabe verdankt man ARNOLD SOMMERFELD\* (1868–1951; Akademiemitglied 1908; vgl. den Beitrag „Physik“, S. 100) 1949, „*Spezielle Lösungen des Problems der elastischen Eigenschwingungen beim Quader und Würfel*“. Es handelt sich dabei um Dehnungs-Kürzungsschwingungen, die dilatationsfrei und bei vorgeschriebener Spannungsfreiheit der Grenzebenen in allen zu diesen parallelen Flächen Schubspannungsfrei sind.

### 3. GRUPPE: ARBEITEN ZUR STRÖMUNGSLEHRE

Für die Strömungslehre gilt ungefähr dasselbe, was zu Anfang des zweiten Abschnittes über die Elastizitätstheorie gesagt worden ist. Auch in der Strömungslehre, unter der die Hydrodynamik und die Aerodynamik zusammengefaßt werden, zeichnet sich in der zweiten Hälfte des 19. Jahrhunderts eine große Entwicklung ab; es braucht nur an die Helmholtzschen Wirbelsätze erinnert zu werden. Dieser mächtige Aufschwung macht sich in den Akademiearbeiten nur zögernd bemerkbar.

1881 berichten *W. Braun* und *A. Kurz* „*Über den Luftwiderstand bei kleinen Geschwindigkeiten*“. Es wird unter Zugrundelegung des Newtonschen Widerstandsgesetzes der Widerstandsbeiwert für einige Körper experimentell bestimmt.

1884, *WILHELM V. BEZOLD* (1837–1907; Akademiemitglied 1875), „*Über Strömungsfiguren in Flüssigkeiten*“. Er untersucht die Strömung im Wasserbassin, in das er Hektographen-Tinte tropfenweise einführte und dadurch



die stationäre oder nahezu stationäre Strömung sichtbar machte. Dabei stellte er Schichtenbildungen im Wasser fest und konnte die Entstehung von Wasserwirbeln durch kleine Temperaturunterschiede hervorrufen.

1887 erscheint eine Arbeit von OSKAR EMIL MEYER (1834–1909; Akademiemitglied 1879) „Über die Bestimmung der inneren Reibung nach Coulombs Verfahren“, in der sorgfältige Schwingungsversuche mit Scheiben zur Bestimmung des Reibungsbeiwertes für Luft und Flüssigkeiten angestellt wurden.

Die genannten drei Arbeiten sind Vorläuferinnen zahlreicher Arbeiten über Wasser- und Luftströmungen und über Widerstandsmessungen, die in unserem Jahrhundert in Wasser- und Windkanälen angestellt worden sind und die die experimentellen Grundlagen für die Luftfahrt geliefert haben.

Mit dem Jahre 1904, in dem LUDWIG PRANDTL, Göttingen (1875–1953; Akademiemitglied 1942) seine Grenzschichtentheorie bekanntgegeben hat, setzte die neuere Strömungslehre ein. Sie machte sich auch bald in den Arbeiten unserer Akademie bemerkbar, wenn auch zunächst noch auf der klassischen Grundlage der reibungsfreien Strömung.

Hier sind vor allem die Arbeiten von W. A. Kutta zu nennen. 1910 untersuchte er in der von S. Finsterwalder vorgelegten Arbeit „Über eine mit den Grundlagen des Flugproblems in Beziehung stehende zweidimensionale Strömung“ die Potentialströmung quer zu einer unendlich langen Platte für verschiedene Neigungen der Platte gegen die Parallelströmung im Unendlichen. Ihr wird eine Zirkulationsströmung um die Platte überlagert, deren Stärke aus der Bedingung folgt, daß am Profilende die Abströmgeschwindigkeit endlich bleibt. Dieser Potentialströmung entspricht kein Widerstand des Profils, wohl aber ein Auftrieb, der proportional der Stärke der Zirkulationsströmung ist. Letztere hängt von der Form des Profils und dessen Neigung gegen die Strömung ab. Dieses Ergebnis kommt in der für die Flugtechnik grundlegenden Formel von Kutta-Joukowski zum Ausdruck, die Kutta als erster 1902 in seiner Habilitationsschrift an der Techn. Hochschule München veröffentlicht hat und die unabhängig davon und auf anderem Wege von Joukowski 1906 veröffentlicht worden ist.

Eine Fortsetzung der Akademiarbeit aus dem Jahr 1910 bildet die Arbeit von Kutta (1911) „Über ebene Cirkulationsströmungen nebst flugtechnischen Anwendungen“, in der die ebene Strömung um sichelförmige Konturen, dünne ebene und gewölbte und auch übereinander angeordnete Platten theoretisch untersucht und der Auftrieb berechnet wurde.

Neben diesen beiden, für die Entwicklung der Strömungslehre bedeutungsvollen Arbeiten von Kutta sind noch die folgenden Arbeiten zur Strömungslehre in den Schriften der Akademie in den ersten zwei Jahrzehnten unseres Jahrhunderts herausgekommen:

1911, *Gans* (vorgelegt von A. SOMMERFELD), „*Wie fallen Stäbe und Scheiben in einer reibenden Flüssigkeit?*“, worin die bekannte Formel von Stokes für den Widerstand von Kugeln in strömender Flüssigkeit auf Stäbe und Scheiben erweitert wird.

1913 zeigt *L. Föppl* in der von S. Finsterwalder vorgelegten Arbeit „*Wirbelbewegung hinter einem Kreiszyylinder*“, wie sich ein Wirbelpaar beim Anfahren eines kreiszyllindrischen Körpers in einer Flüssigkeit in Richtung senkrecht zur Zylinderachse hinter dem Kreiszyylinder ausbildet und daß die symmetrische Gleichgewichtslage des Wirbelpaares instabil ist und zu einer beiderseits des Zylinders abwechselnden Ausbildung weiterer Einzelwirbel führt, die ihrerseits die bekannte Kármánsche Wirbelstraße aufbauen. Angeregt wurde diese theoretische Arbeit durch Versuche von Rubach, die der Verfasser im Institut von Prof. Prandtl (Göttingen) von ihren Anfängen an verfolgt hatte.

In der damaligen Zeit bewegte die Frage, weshalb eine laminare Flüssigkeitsströmung wie z. B. die Poiseuille-Strömung in einem geraden Rohr beim Überschreiten einer bestimmten Höhe der Reynoldsen Zahl instabil wird und in eine turbulente Strömung übergeht, zahlreiche Gelehrte. In den Akademieschriften kommt dieses Streben, ohne daß die Schwierigkeiten überwunden werden konnten, in folgenden zwei Arbeiten zum Ausdruck:

1913, *Fritz Nöther* (vorgelegt von A. Sommerfeld), „*Über die Entstehung einer turbulenten Flüssigkeitsbewegung*“ und in

1913, *O. Blumenthal* (vorgelegt von A. Sommerfeld), „*Zum Turbulenzproblem*“.

Die Weiterentwicklung der Strömungslehre kommt zunächst in den Akademieschriften durch Arbeiten von M. Lagally (vorgelegt von S. Finsterwalder) zu Geltung:

1914, *M. Lagally*, „*Systeme von Potentialflächen und Stromflächen*“. Drei zu einer räumlichen Potentialströmung gehörige Flächensysteme können den Raum so in Zellen einteilen, daß deren Erstreckung in Richtung der Strömung überall proportional ihrem Querschnitt senkrecht hierzu ist, eine Eigenschaft, die als Erweiterung der quadratischen Einteilung durch Potentiallinien und Stromlinien einer ebenen Strömung auf den Raum erscheint.

1915, *M. Lagally*, „*Über die Bewegung einzelner Wirbel in einer strömenden Flüssigkeit*“. Während HELMHOLTZ und KIRCHHOFF Wirbel nur in einer sonst ruhenden, unendlich ausgedehnten Flüssigkeit untersucht haben, wird hier eine Bewegung der Flüssigkeit zugelassen und außerdem der Raum der Flüssigkeit teilweise begrenzt.

1915, *M. Lagally*, „*Zur Theorie der Wirbelschichten*“. Durch periodische Störungen kann sich eine Wirbelschicht in Einzelwirbel auflösen.

1921, *M. Lagally*, „Über den Druck einer strömenden Flüssigkeit auf eine geschlossene Fläche“. Im allgemeinen läßt sich die auf eine geschlossene Fläche von der Flüssigkeit ausgeübte Druckkraft nach Größe und Richtung aus den in der Flüssigkeit vorhandenen Quellen und Wirbeln ableiten. Die Formel von Kutta-Joukowsky stellt nur einen Sonderfall der von Lagally allgemein abgeleiteten Sätze dar.

Eine Ergänzung zu der Arbeit von *M. Lagally* gab *H. Liebmann*:

1922, „*Die Lagallysche Formel für den Flüssigkeitsdruck*“. Es wird eine einfache Ableitung dieser Formel gegeben und außerdem das auf die geschlossene Fläche von der Flüssigkeit ausgeübte Moment berechnet.

Nach einer längeren Pause kommt die Strömungslehre erst wieder nach der Wahl von *WALTHER KAUFMANN* zum Akademiemitglied (1940) zur Geltung, der verschiedene Arbeiten in den Schriften der Akademie veröffentlichte.

#### 4. GRUPPE: SONSTIGE ARBEITEN ÜBER MECHANIK

An Arbeiten auf dem Gebiet der Mechanik, die sich nicht in eine der ersten drei Gruppen einreihen lassen, sind die folgenden zu nennen:

1889, *F. Lindemann*, „Über die Drehung eines starren Körpers um seinen Schwerpunkt.“ Es werden in dieser Arbeit die Eulerschen Gleichungen, bezogen auf ein im Körper festes Koordinatensystem, integriert. Die Lösung führt im allgemeinen Fall des dreiachsigen Trägheitsellipsoides auf elliptische Funktionen.

1899 und 1901, *K. Koch* und *C. Cranz* (vorgelegt von *F. Lindemann*), „*Untersuchungen über Vibration des Gewehrlaufes*“ (in den Abhandlungen erschienen). Das Gewehr führt beim Schuß Schwingungen aus, die die Neigung der Geschoßbahn beim Austritt des Geschosses aus dem Gewehrlauf gegenüber der Visierlinie beeinflussen. Diese Schwingungen werden durch Momentaufnahmen der Bewegung einzelner Punkte des Gewehrlaufes beim Abschuß und unmittelbar danach photographisch ermittelt. Die beobachteten Schwingungen konnten mit Hilfe der Grundschwingung und der ersten Oberschwingungen des Gewehrlaufes theoretisch einwandfrei gedeutet werden. Während in der ersten Arbeit nur die vertikalen Schwingungen des Gewehrlaufes untersucht worden sind, ist in der zweiten Arbeit von 1901 die Untersuchung auch auf die horizontalen Schwingungen ausgedehnt worden. Es zeigte sich, daß die einzelnen Punkte des Gewehrlaufes beim Abschuß und unmittelbar danach elliptische Schwingungen ausführen.

1903, *S. Finsterwalder* (s. die Beiträge „*Mathematik*“, S. 34 und „*Topographie*“, S. 65), „*Bemerkungen zur Analogie zwischen Aufgaben der Ausgleichsrechnung und solchen der Statik*“. Geometrische Aufgaben



der Ausgleichsrechnung, die auf die Bedingung zurückgeführt werden können, daß die Summe der Quadrate gewisser Abstände zum Minimum wird, lassen sich mit statischen Gleichgewichtsaufgaben vergleichen, in denen die Abstände durch elastische Fäden ersetzt werden. Aus dem Castiglianoschen Satz vom Minimum der Formänderungsarbeit folgt der Minimumsatz der Ausgleichsrechnung.

1904, A. Föppl, „Über einen Kreiselversuch zur Messung der Umdrehgeschwindigkeit der Erde“. Es wurde ein an drei langen Drähten im Schwerpunkt aufgehängtes Schwungrad mit zwei Schwungmassen, deren Achsen in der horizontalen Ebene in die Ost-West-Richtung fallen, durch elektrischen Strom in Drehung versetzt. Mit zunehmender Winkelgeschwindigkeit des Schwungrades weicht die Schwungradachse immer weiter von ihrer ursprünglichen Lage ab in dem Bestreben, die Nord-Süd-Richtung einzunehmen, woran sie aber durch die Aufhänge-drähte, die dabei auf Torsion beansprucht werden, gehindert wird. Es stellt sich die Schwungradachse unter einem bestimmten Winkel zwischen der Ost-West und der Nord-Süd-Richtung ein, der aus der Kreiseltheorie sich berechnen läßt. In diese Gleichung geht neben der Winkelgeschwindigkeit des Schwungrades, das als Kreisel wirkt, auch die Winkelgeschwindigkeit der Erde ein, die sich aus dem gemessenen Ausschlag des Schwungrades ziemlich genau berechnen läßt. Das Experiment wurde zum Vorläufer des Kreiselkompasses, bei dem das Schwungrad nicht an Drähten aufgehängt wird, sondern in einem Gehäuse gelagert ist, das in einem Quecksilberbad schwimmt, so daß sich der Einstellung der Schwungradachse in die Nord-Süd-Richtung kein Widerstand entgegensetzt.

Außer durch die in den vorhergehenden vier Teilen aufgeführten Akademie-Veröffentlichungen haben die in diesen Teilen gewürdigten Akademie-mitglieder auch durch Veröffentlichungen in Fachzeitschriften und Jahrbüchern Anteil an der Entwicklung der Mechanik gehabt, ja, dieser Anteil war vielfach größer als die Wirkung durch die Akademie-Schriften. Doch soll hierauf nicht näher eingegangen werden.

## METEOROLOGIE

*Von Rudolf Geiger*

Die Meteorologie stand in den ersten 50 Jahren der Akademie, also im 18. Jahrhundert, im Vordergrund des Interesses. Dann trat sie fast genau ein Jahrhundert lang ganz zurück. Erst in den letzten 50 Jahren hatte sie erneut an den Arbeiten der Akademie wesentlichen Anteil. Ihre erste Blütezeit verdankt sie der Popularität ihres Gegenstandes und der Einfachheit, mit der bei einem geringen Instrumentenaufwand brauchbare Beobachtungen zu gewinnen waren. Die letztvergangenen Jahrzehnte spiegeln das Bemühen der Meteorologie wider, als eine der jüngsten naturwissenschaftlichen Disziplinen in den Kreis der angesehenen älteren Geschwister aufgenommen zu werden.

Im 18. Jahrhundert gab es noch keine meteorologische Wissenschaft im heutigen Sinne. Man fing erst an, sich der Notwendigkeit bewußt zu werden, regelmäßige, nach einheitlichen Richtlinien mit Hilfe von Meßinstrumenten ausgeführte Wetterbeobachtungen zu sammeln. Der unter dem Kurfürsten Karl Theodor gegründeten Mannheimer Akademie gebührt das unbestrittene Verdienst, durch die ihr angeschlossene Meteorologische Gesellschaft, die Societas Palatina, das erste wirklich brauchbare Wetterbeobachtungsnetz in Europa ins Leben gerufen zu haben. An 34 Orten (in einem Raume, der heute 3370 synoptische Stationen beherbergt!) wurden dreimal täglich alle Witterungselemente beobachtet. Die für die Jahre 1781–89 veröffentlichten Ephemeriden stellen eine bedeutende historische Quelle dar.

Naturgemäß förderte Karl Theodor auch in unserer Akademie, der Schwester und in gewissem Sinne Nachfolgerin der Mannheimer Akademie, die meteorologischen Bestrebungen. Sie wurden getragen von geistlichen Herren, die meist als Mathematik- und Physiklehrer an den Klosterschulen tätig waren.

Der berühmte Mathematikprofessor JOHANN HEINRICH LAMBERT\* (1728–1777; Akademiemitglied 1759; s. den Beitrag „Mathematik“ S. 1), der bereits im Gründungsjahr der Akademie Mitglied geworden war, entwarf von Augsburg aus, „welche Stadt zu verlassen und seinen Wohnsitz in München aufzuschlagen ihn alle möglichen Vorstellungen des Herrn von Lori niemals bewegten“, bereits im Jahre 1761 ein umfangreiches „Beobachtungs- und Tagesregister der Witterung“, das L. WESTENRIEDER\* in seiner

Geschichte der Akademie abgedruckt hat (Band I, 1784, Seite 523–531). Es war zugleich Darlegung des damaligen Wissensstandes und Anleitung für Beobachter in jener Zeit, da man „allenthalben anfang, die Akademie bei gemeinnützigen Dingen zu Rat zu ziehen“ und in München selbst im Kadettenhause mit meteorologischen Beobachtungen begonnen wurde (das Samenkorn eines militärischen Wetterdienstes?). Aber der Anleitung fehlte noch das notwendige Mindestmaß an Klarheit. H. Lambert befaßte sich mit allzu viel Problemen und löste, nachdem er in die Schweiz gegangen war, „um sich daselbst des Pfefferbades zu bedienen“, im folgenden Jahr die Beziehungen zur Akademie ganz.

Träger der folgenden ersprießlichen Entwicklung wurde der geistliche Rat und Physiker FRANZ XAVER EPP (1733–1789; Akademiemitglied 1774), der in einer öffentlichen Rede „Über die Wetterbeobachtungen“ 1780 in einer heute noch lesbaren Weise die Notwendigkeit brauchbarer Beobachtungen hervorhob, um festzustellen, ob es einen „regelmäßigen Gang“ des Wetters gebe oder ob die Witterung „zu vielen Veränderungen und Einwirkungen unterworfen sei, als daß man jemals hoffen könnte, auf eine regelmäßige Wiederkehr antragen zu können“. 1781 ließ die Akademie einen gedruckten Aufruf zur Durchführung regelmäßiger Wetterbeobachtungen verteilen und stellte zugleich bei 50 Dukaten Belohnung die Preisfrage: „Hängt das Steigen und Fallen des Quecksilbers in dem Barometer von zufälligen oder periodisch wirkenden Ursachen ab? Wenn letzteres: welche ist die wahre Ursache? . . .“ Eine Luftdruck-Vorhersage-Tabelle für ein ganzes Jahr sollte beigegeben werden! Als (selbst damals) niemand zu antworten wagte, wurde der Preis auf 80 Dukaten erhöht, da die Lösung des Problems der Akademie „äußerst wichtig“ erschien. Es konnten aber an die Bearbeiter zum Trost nur einige Medaillen verteilt werden. 1785 wurde wieder eine meteorologische Preisaufgabe gestellt: „Was für eine Wirkung hat das Abfeuern des Geschützes auf Wetterwolken? . . .“, auf die wir später zurückkommen.

Wichtiger als solche Diskussionen war das Anlaufen meteorologischer Beobachtungen an 37 bayerischen Orten, die von F. X. Epp offenbar aufs beste betreut wurden. Zumeist stellten die Klöster und Klosterschulen die Beobachter. Schon 1781 begann man auf dem Hohenpeißenberg mit Beobachtungen, von denen heute eine geschlossene, in der Welt einzigartige 175jährige Reihe vorliegt. Leider wurden die Ergebnisse nicht wie bei der Societas Palatina in extenso veröffentlicht, ausgenommen den letzten Jahrgang 1789; es war bezeichnenderweise das Todesjahr von F. X. Epp. Der nachmalige Direktor der Bayerischen Meteorologischen Centralanstalt Carl Lang (1849 bis 1893) hat im Jahre 1890 – obwohl selbst nicht Mitglied der Akademie –



in deren Sitzungsberichten (20, 11–33, 1890) eingehend „die Bestrebungen Bayerns auf meteorologischem Gebiet im 18. Jahrhundert“ behandelt, worauf hier hingewiesen sei.

Jenes erste Interesse der Akademie an meteorologischen Fragen fand nach der Jahrhundertwende gleichsam als Nachklang seinen Ausdruck in zwei akademischen Festreden der Jahre 1811 und 1815, die der Meteorologie gewidmet waren. 1811 sprach der geistliche Rat, Kanonikus und Professor für Physik und Mathematik am Augustinereremitenkloster München MAXIMUS IMHOF\* (1758–1817; Akademiemitglied 1791) „Über das Schießen gegen heranziehende Donner- und Hagelgewitter“. Er bezog sich darin auf die genau 25 Jahre vorher gestellte, schon oben erwähnte Preisaufgabe der Akademie zu diesem Thema. In einer 144 Seiten langen preisgekrönten Schrift<sup>1</sup> hatte der Professor der Physik und Mathematik zu St. Emmeram (Regensburg) PLACIDUS HEINRICH (1758–1825; Akademiemitglied 1789) bewiesen, daß das Schießen (im Gegensatz zum Glockenläuten) erfolgreich sei, falls die Gewitter nicht allzu schwer seien. Aber er hatte doch davon abgeraten, weil es nicht genug Kanonen gebe, das notwendige Pulver unbezahlbar sei und die Aufstellung von Blitzableitern ein wesentlich besseres Hilfsmittel darstelle.

M. Imhof konnte im Gegensatz zu P. Heinrich an einen Erfolg des Schießens nicht glauben und kam zu dem guten Schluß, es „gehe aus Theorie und Erfahrung ganz einleuchtend hervor, daß das bisher übliche Schießen mit Pöllern gegen die von ferne heranziehenden Donner- und Hagelwetter auch auf Bergen und Anhöhen nichts wirken könne“. Diese Erfahrung wurde gestützt durch Versuche, die er „nach eingeholter allergnädigster Genehmigung Sr. Majestät unseres Königs“ mittels vier Kanonen und zwei Pöllern unter dem kgl. Artillerieregiments-Oberleutnant von Molzberger durchführen ließ mit Maximalladungen von drei Pfund. Was würde er sagen, könnte er 1959 die Silberjodid-Raketen-Batterien im Landkreis Rosenheim sehen, die zur Hagelabwehr aufgestellt sind?!

Am Maximilianstag 1815 hielt der „Mathematiker und Meteorologe“ von Wessobrunn ANSELM ELLINGER (1758–1815; Akademiemitglied 1792) die Festrede „Von den bisherigen Versuchen über längere Voraussicht der Witterung“. Nach einer bis zu den Chinesen und Ägyptern zurückgehenden historischen Rückschau versuchte er, aus den Akademiebeobachtungen in Bayern die ersten Regeln über die Beziehung von Luftdruck und Witterung abzuleiten und ähnliche anderweitige Erfahrungen bekanntzugeben.

Mit den Kriegsstürmen, die Napoleon über das Land brachte, und mit der Säkularisation der Klöster, welche bislang die meisten meteorologischen Beobachter gestellt hatten, brach das Beobachtungsnetz zusammen. Fortan

blieb es der Initiative einzelner Persönlichkeiten oder Institutionen überlassen, ob die Beobachtungen fortgeführt wurden. In der Stadt München wurde die Meteorologie vor allem durch den Direktor der Sternwarte und Professor der Astronomie JOHANN VON LAMONT\* (1805–1879) gefördert, der seit 1827 Mitglied der Akademie war. Sogar eine Festrede zum Stiftungsfest, nämlich diejenige des Jahres 1854 von KARL KUHN (1816–1869; Akademiemitglied 1857), Professor für Mathematik und Physik im kgl. bayerischen Kadettenkorps, war dem Klima von München gewidmet.

Erst verhältnismäßig spät nahm sich der Staat der Einrichtung von Beobachtungsnetzen an. In Bayern wurde hierfür im Jahre 1878 die Bayerische Meteorologische Zentralstation gegründet. Ihr erster Direktor war WILHELM VON BEZOLD (1837–1907), der 1875 Mitglied der Akademie geworden war, aber bald nach Berlin übersiedelte. Um jene Zeit begannen mit der Anhäufung eines brauchbaren Beobachtungsmaterials die ersten systematischen Bearbeitungen und damit die Anfänge einer Meteorologie als Anwendung physikalischer Gesetze auf die Atmosphäre. HEINRICH WILHELM DOVE (1803 bis 1879), der Berliner Experimentalphysiker, den die Engländer den Vater der Meteorologie genannt haben, war einer der bekanntesten Vertreter dieser Richtung und gehörte seit 1839 auch unserer Akademie an.

Eine wirklich ersprießliche Bearbeitung der atmosphärischen Probleme war jedoch erst möglich, als der freie Luftraum auch in großer Höhe der Beobachtung zugänglich wurde. Nach dem stillen Jahrhundert ist es wie Morgendämmerung einer neuen Zeit, als der Physiker der Technischen Hochschule München, Prof. LEONHARD SOHNCKE\* (1842–1897; Akademiemitglied 1887), in der Festrede der Akademie von 1894 „Über die Bedeutung wissenschaftlicher Ballonfahrten“ sprach. Lag diesem Vortrag auch in erster Linie das große Erleben der Luftschiffer-Generation zugrunde und wollte er auch mit dem Vortrag danken für die finanzielle Beihilfe der Akademie zu dem Freiballon, der den Namen „Akademie“ trug, so wies er darin doch schon auf die Bedeutung solcher Luftfahrten für die Kenntnis der Winde in der höheren Atmosphäre und der Wanderung hoher Druckgebilde hin. Vorher hatte L. Sohncke als Physiker in Karlsruhe die Leitung des badischen meteorologischen Dienstes in Händen gehabt und kannte daher die meteorologischen Anliegen. In den Sitzungen der Akademie trug er mehrmals auch über luftelektrische Probleme vor.

Die beginnende neue Zeit der Meteorologie aber hielt ihren Einzug in die Akademie, als in der Sitzung vom 1. 2. 1913 Sebastian Finsterwalder eine Arbeit des Professors für Physik an der Technischen Hochschule München ROBERT EMDEN\* (1862–1940; Akademiemitglied 1916; s. den Beitrag „Physik“ S. 113): „Über Strahlungsgleichgewicht und atmosphärische Strah-

lung“ vorlegte (Sitzungsberichte 1913 S. 55–142). Hier wurde zum erstenmal versucht, die im Jahre 1902 entdeckte Zweiteilung der Atmosphäre in eine untere Troposphäre mit rascher Temperaturabnahme mit der Höhe und eine obere Stratosphäre mit einer konstanten Temperatur von etwa  $-60^{\circ}$  physikalisch zu erklären. Die Rechnungen erwiesen, daß die stratosphärischen Temperaturen angenähert dem Strahlungsgleichgewicht entsprechen, während in der Troposphäre die Strahlung allein eine instabile Temperaturschichtung bewirken würde und auch der Wasserdampf durch die frei werdende Kondensationswärme ein Strahlungsgleichgewicht nicht zuläßt.

R. Emden hat die Wellenlängenabhängigkeit der Absorption von Wasserdampf und Kohlensäure unberücksichtigt gelassen und auch die Diffusion der Strahlungsströme vernachlässigt. Sein allzu einfaches Modell der grau absorbierenden Atmosphäre hat, wie wir heute wissen, nur durch die zufällige Wahl des Absorptionskoeffizienten zu der überraschenden Übereinstimmung von berechneter und beobachteter Stratosphärentemperatur geführt. Für die damalige Zeit bedeutete aber seine aufsehenerregende Arbeit einen gewaltigen Fortschritt. Sie gab insbesondere der inzwischen so fruchtbar gewordenen atmosphärischen Strahlungsforschung den ersten kräftigen Impuls.

Erst 1935 kam ein Gelehrter in die Akademie, der zwar auch von der Physik kam, aber „nur“ Meteorologe war, AUGUST SCHMAUSS\* (1877–1954). Er hatte als Direktor der Bayerischen Landeswetterwarte, der Nachfolgerin der obengenannten Meteorologischen Zentralstation, noch die Leitung des bayerischen meteorologischen Beobachtungsnetzes mit seinen wissenschaftlichen Forschungsaufgaben als Professor für Meteorologie an der Universität München verbunden. Aber gerade in jenem Jahre wurde ihm durch die Schaffung eines Reichswetterdienstes das bayerische Beobachtungsnetz weggenommen. Damit trat jene bedauerliche Trennung der Hochschulmeteorologie und des praktischen Wetterdienstes ein, die sich inzwischen in fast allen Ländern der Erde zwangsläufig durchgesetzt hat.

In jener Zeit des sich rasch entwickelnden Luftverkehrs und des für den synoptischen Dienst so wichtigen Nachrichtenwesens, auch unter den notvollen Forderungen der beiden Weltkriege, machte die wissenschaftliche Meteorologie rasche Fortschritte. A. Schmauß, der als einer der letzten noch das Gesamtgebiet der Meteorologie zu überschauen vermochte, hat der Akademie in 24 Sitzungen über diese Fortschritte berichtet, zumal er als ein Vertreter der „universitas litterarum“ viele daran teilnehmen lassen wollte. Auch über seine eigenen Forschungen: über die Singularitäten der Witterung, über Barometerwellen, über Probleme der Wettervorhersage, über die Ähnlichkeit der Wettererscheinungen mit biologischen Vorgängen und anderes mehr trug er in den Jahren 1936–1951 vor.



Wenig später wurde auch zum korrespondierenden Mitglied erstmals ein nicht von der Physik herkommender Fachmeteorologe gewählt, nämlich 1942 der Direktor der Wiener Zentralanstalt für Meteorologie und Geodynamik, HEINRICH VON FICKER (1881–1957). So hielt die junge Fachwissenschaft der Meteorologie zum Ende unseres Berichtzeitraumes ihren ersten Einzug in die Akademie. Seit den populären Anfängen im ausgehenden 18. Jahrhundert und nach der fast hundertjährigen Sammlung der Beobachtungsgrundlagen setzte sich die physikalische Arbeitsmethode durch. Sie hat allerdings durch die Unmöglichkeit einer analysierenden experimentellen Arbeitsmethode und durch die schweren Randbedingungen, welche die überaus vielgestaltige und einflußreiche Erdoberfläche einerseits und der freie Weltraum andererseits für die atmosphärischen Vorgänge liefern, ungewöhnliche Schwierigkeiten zu überwinden. Es gibt eine Überfülle von Aufgaben, die der Lösung harren.

<sup>1</sup> „Abhandlung über die Wirkung des Geschützes auf Gewitterwolken“. Neue philosoph. Abh. 5, 1–144, München 1789.

## CHEMIE

*Von Rudolf Pummerer*

Die Pflege der Chemie in München wurde sehr gefördert im Rahmen der von der Bayerischen Akademie der Wissenschaften im Jahre 1807 gegründeten Sektion für Chemie. Aber erst dem zweiten Professor für Chemie, HEINRICH AUGUST VOGEL\*, wurde nach dem Tode des zunächst berufenen ADOLPH FERDINAND GEHLEN\* ein ziemlich mißglückter Hörsaal und ein kleines Laboratorium gebaut, wo er ab 1820 chemische Vorlesungen und analytische Übungen abhalten konnte.

1845 schrieb Liebigs großer Freund FRIEDRICH WÖHLER an Berzelius, „daß man in München wohl die herrlichsten Kunstschatze, aber die schlechtesten Laboratorien sehen könnte.“ Dagegen konnte der Baseler Chemiker, CHRISTIAN FRIEDRICH SCHÖNBEIN, der Entdecker des Ozons, im Jahre 1855 rühmend hervorheben: „München ist wohl die Stadt in Europa, welche die meisten gelehrten Chemiker hat, denn irre ich nicht, so leben dort nicht weniger als sieben Professoren, welche ihre eigenen Laboratorien besitzen.“ Welch ein Umschwung in zehn Jahren! Er war der Berufung Justus von Liebigs zu verdanken, die 1852 auf dringende Empfehlung MAX VON PETTENKOFERS, des großen Hygienikers und Gießener Schülers Liebigs, von KÖNIG MAXIMILIAN II.\* veranlaßt worden war.

### JUSTUS VON LIEBIG

#### *Jugendentwicklung und Gießener Professur*

JUSTUS LIEBIG\* (1803–1873; Akademiemitglied 1838) wurde als zweiter Sohn des Darmstädter Drogisten und Farbwarenhändlers Georg Liebig und seiner Frau, Marie Karoline, geb. Moser, im Jahre 1803 geboren. Der Sohn hatte schon als Schüler Gelegenheit, dem Vater in dessen Laboratorium zu helfen und auch selbst nach chemischen Büchern, die er wahllos verschlang, Versuche anzustellen. Einem Jahrmarktsgaukler zuschauend, erriet er auf Grund seiner Kenntnisse, wie dieser das von Howard entdeckte Knallquecksilber für seine Knallerbsen herstellte, und erarbeitete bald selbst eine gute Methode für dessen Darstellung. Als Liebig

in der Schule erklärte, Chemie studieren zu wollen, ein damals unbekanntes Fach, wurde er ausgelacht. Man kannte höchstens das Fach der Pharmazie.

Ohne Abitur konnte er dennoch bei Professor Kastner in Bonn und Erlangen (1820–1822) studieren. Von Erlangen schreibt er nach Hause: „Seit zwei Monaten ist mein Frühstück Butterbrot und Wasser, mein Abendessen Butterbrot und Bier.“ Mit eisernem Fleiß, in steter Geldknappheit, bewältigt er sein Studium, wobei er auch die Gymnasiallücken in Mathematik und in Sprachen ausfüllt. Vom väterlichen Geschäft her gingen seine Interessen sehr nach der technischen Chemie, aber KASTNER, der Liebig sofort zu Sonderarbeiten heranzog, bestimmte ihn dazu, sich dem Lehrberuf und damit der Wissenschaft zu widmen. Er verschaffte „seinem durch Fleiß und Experimentierfertigkeit ausgezeichneten Schüler“ zu diesem Zweck ein halbjähriges hessisches Staatsstipendium für Paris, wo zu systematischem Studium bei den dortigen Physikochemikern bessere Gelegenheit war. Aber das Stipendium von 330 fl., das später noch verlängert wurde, reicht nicht aus, Liebig wird „Werkstudent“ und schließt mit einer Farbenfabrik einen Vertrag zur Entwicklung eines „Pariser Grün“ aus Arsenik, Kupfersalz und Essigsäure.

Wissenschaftlich setzt er dort (1822/23) seine Arbeit über Knallquecksilber und andere Salze der Knallsäure erfolgreich fort. Als sie Gay-Lussac in der Akademie vorgetragen hatte, nahm ALEXANDER VON HUMBOLDT großes Interesse an Liebig und brachte ihn in das Privatlaboratorium von Gay-Lussac, wo die Untersuchung gemeinsam beendet und mit der Analyse des knallsauren Silbers gekrönt wurde. Sie brachte das aufsehenerregende Ergebnis, daß dieses explosive Salz dieselbe Bruttozusammensetzung hatte wie das harmlose cyansaure Silber von FRIEDRICH WÖHLER (1800–1882; Akademiemitglied 1839). Humboldt empfahl dann den Einundzwanzigjährigen als Professor nach Gießen: „Ce sera un professeur qui honorera notre patrie“.

Das Stoffpaar Knallsäure-Cyansäure war das erste Paar „isomerer“ Verbindungen, die bei gleicher Zusammensetzung und gleichem Molekulargewicht durch die verschiedene Anordnung der Atome ganz verschiedene Eigenschaften zeigen – eine in der organischen Chemie vielfach anzutreffende Erscheinung.

Liebigs großartige Leistung in Gießen war zunächst die Schaffung eines Unterrichtslaboratoriums. „Die ersten Jahre meiner Laufbahn in Gießen verwendete ich fast ausschließlich auf die Verbesserung der Methoden der organischen Analyse, und mit den ersten Erfolgen begann jetzt an dieser kleinen Universität eine Tätigkeit, wie sie die Welt noch nicht gesehen.“ Begabte Schüler aus aller Herren Ländern strebten zu ihm, weil hier ein hervorragender praktischer Unterricht im Laboratorium gegeben wurde,



dessen Gang Liebig ersonnen und sorgfältig erprobt hatte. Das gab es auch in Paris noch nicht. Die organische Chemie als Unterrichtsfach war begründet. Der Analyse und Untersuchung von Naturprodukten wie der Harnsäure, verschiedener Alkaloide und des Bittermandelöls folgte bald der Aufbau, die Synthese neuer organischer Verbindungen. Acetaldehyd, Chloral, Chloroform wurden entdeckt. Das Chloroform ermöglichte die spätere Entwicklung der Narkose. Alle Ergebnisse Liebigs wurden – genau reproduzierbar – in den von Liebig herausgegebenen „Annalen der Pharmacie und Chemie“ beschrieben, so daß ein großes Material anwuchs.

Damit war die Aufgabe der Ordnung des neuerschlossenen Gebietes gegeben. Liebig bahnte sie an in der berühmten gemeinsamen Arbeit mit seinem Freund Wöhler „Über das Radikal der Benzoesäure“ (1831 und 1837), das Benzoyl,  $C_6H_5CO$ , das zwar nicht selbständig existierte, von dem sich aber eine Reihe zusammengehöriger Verbindungen durch Vereinigung mit einfachen Gruppen wie H, OH,  $NH_2$ , Cl, Br, CN ableitete. (Man denke in grobem Vergleich an den Stamm eines Zeitworts, aus dem durch Konjugation zahlreiche Personen- und Zeitformen hervorgehen können.) Dieses Ordnungsprinzip bildet noch heute einen wichtigen Bestandteil der Denkweise der Organiker, der Theorie, Nomenklatur und Registratur der Kohlenstoffverbindungen. Zunächst wurde freilich von I. B. A. Dumas in Paris das Prinzip der Substitution entwickelt, nach dem in einer organischen Verbindung wie der Essigsäure z. B. Wasserstoff durch Chlor ersetzt werden könne ohne wesentliche Änderung der Eigenschaften der Verbindung. Damit wurde der dualistischen (elektrochemischen) Theorie der organischen Verbindungen von J. J. BERZELIUS der Todesstoß versetzt. Von dem Elsässer K. Gerhardt wurde die Typentheorie erfunden, nach der die organischen Verbindungen schematisch auf die drei anorganischen Typen  $CIH$ ,  $OH_2$  und  $NH_3$  zurückgeführt wurden. Hier knüpft dann Kekulé's Strukturlehre an (S. 156). So trat Liebig's Radikaltheorie in dem Streit der Theorien zunächst in den Hintergrund.

Bei der Klassifikation der organischen Säuren, die Liebig in ein, zwei- und dreibasische einteilte, bewährte sich wieder seine besondere Fähigkeit, vielfach zerstreutes Material in einer klaren Theorie zu ordnen, in der auch der Unterschied zwischen Molekular- und Äquivalentgewicht im Wesen, wenn auch mit anderen Worten, erfaßt war.

Der Streit um die theoretischen Entwicklungen in der organischen Chemie wurde Liebig allmählich unleidlich, auch die gigantische, mit Mitarbeitern aller Nationen geleistete Experimentalarbeit hatte ihn dermaßen erschöpft, daß er sich 1840 von der reinen Chemie ab- und ihren Anwendungen zuwandte. Seine Schüler besetzten damals die chemischen Lehrstühle Europas. 1838 wurde Liebig zum korr. Mitglied unserer Akademie gewählt.

*Berufung nach München (1852)*

Liebig stand mit neunundvierzig Jahren bereits auf der Höhe seines Ruhms, als er sich 1852 entschloß, seine achtundzwanzigjährige Tätigkeit in Gießen aufzugeben und nach München zu übersiedeln. Vorausgegangene Rufe nach Wien (1840) und Heidelberg (1851) hatte er abgelehnt. Daraus kann man entnehmen, wie eindringlich und verständnisvoll Pettenkofer und Maximilian II. um Liebig werben mußten, um ihn für München zu gewinnen. Liebigs schwere Hauptbedingung war, daß er sich in München auf den theoretischen Unterricht und sein Privatlaboratorium beschränken durfte und keinem großen Unterrichtslaboratorium mehr vorstehen mußte wie in Gießen. Aus den obigen Ausführungen geht hervor, was ihn dazu bewogen hatte, diese schwere Forderung zu stellen. Mancher spätere begeisterte Hochschullehrer – auch sein Nachfolger – hat das Liebig sehr verübelt. Tiefere Gründe für das frühe Nachlassen seiner wissenschaftlichen Schöpferkraft auf organischem Gebiet kann man in seiner überaus impulsiven Arbeitsweise, in seiner Kämpfernatur und in literarischer Überanstrengung suchen, die mit viel Streit verbunden war. Auch gesundheitliche Störungen haben mitgewirkt.

Liebigs noch heute überall wirksames Vermächtnis und seine unvergänglichen Verdienste um die chemische Wissenschaft sind zur Ehren seines 150. Geburtstages von Richard Kuhn und Rolf Huisgen in Festvorträgen gewürdigt worden (s. Literatur S. 152). In diesem Aufsatz soll daher vor allem seine Münchner Arbeitsrichtung und seine Wirksamkeit als Präsident unserer Akademie geschildert werden.

*Agrikulturchemie*

Ab 1840 und in München richtet sich Liebigs Hauptinteresse auf die Anwendungen der Chemie. „Alles was wir tun und treiben, schaffen und entdecken, scheint mir unbedeutend gegen das gehalten, was der Landwirt erzielen kann. Unsere Fortschritte in Kunst und Wissenschaft vermehren nicht die Bedingungen der Existenz der Menschen. Ein Hungernder geht nicht in die Kirche, und ohne ein Stück Brot geht kein Kind in die Schule. Der Fortschritt der Landwirtschaft hingegen lindert die Not und die Sorgen der Menschen und macht sie empfänglich für das Gute und Schöne, was Kunst und Wissenschaft erworben.“

1840 erschien Liebigs Aufsehen erregendes Buch „Die organische Chemie in ihrer Anwendung auf Agrikultur und Physiologie“ (Friedr. Vieweg & Sohn, Braunschweig), das bis 1846 schon die sechste Auflage erlebte. Die siebente, stark erweiterte Auflage, die mir vorliegt, ist ein zweibändiges Werk von 900 Seiten und wurde 1862 in München geschrieben, die achte Auflage erschien

1865. Von dem brennenden Interesse und riesigen Beifall, den Liebigs Werk sofort in aller Welt fand, zeugt die große Zahl von Ausgaben in fremden Sprachen (vier englische, eine amerikanische, je eine französische, holländische, italienische, polnische und russische). R. Kuhn hat von dem Botaniker Professor Goddard gehört, daß Liebigs Buch um die Mitte des vorigen Jahrhunderts das meist verkaufte, der „Bestseller“ in den Vereinigten Staaten war. So wurde Liebig zum erfolgreichsten Herold der wissenschaftlichen Bodenpflege und der Pflanzenernährung mit Mineraldünger. Dadurch nimmt er eine Ausnahmestellung als Gelehrter ein, da er so erfolgreich wie kein anderer der Not des Hungers und damit namenlose menschlichem Elend gesteuert hat. Noch 1838 erschien ein Lehrbuch, das die Entbehrlichkeit der Mineralstoffe behauptete, und im gleichen Jahr stellte die Universität Göttingen die Preisfrage, ob der vegetabilische Organismus unorganische Elemente zu seiner völligen Ausbildung brauche. So wenig waren die diesbezüglichen Ansichten von Saussure, Sprengel und Lampadius durchgedrungen.

Liebigs Buch stellt die Probleme lebendig, oft spekulativ, aber immer anregend dar, zieht auch die Verhältnisse anderer Kontinente wie des Ozeans heran und stützt sich auf eine ungeheure Zahl eigener und fremder kritisch gesichteter Analysen der Pflanzensubstanz, der Samen und des Bodens.

Liebigs Buch rief manche Prioritätsreklamationen hervor. Für diese Fragen sei auf Max Trénel's Aufsatz „Zur Frühgeschichte der Agrikulturchemie“ in einer Festschrift der Humboldt-Akademie (s. Seite 152 unten) verwiesen.

Liebig baute mehr auf ältere Naturforscher wie Senebier, de Saussure, Ingen-Housz auf als auf die deutsche landwirtschaftliche Literatur der dreißiger Jahre. So hat er sicher manches unabhängig und gleichzeitig mit anderen gefunden, weil die Zeit für solche Erkenntnisse reif war. Seit Lavoisier die quantitative Methode in die Chemie eingeführt hat, mußten derartige Betrachtungen allmählich auch in die Pflanzenernährungsprobleme und die Landwirtschaft eindringen. Schon um 1800 äußert sich G. Rückert, Direktor der K. K. Salmiak- und Salzfabrik, sehr verständig über den Nutzen der Erden (= Metalloxyde) für die Pflanzenernährung und deren empfehlenswerte Nachschaffung, wenn der Acker fruchtbar bleiben soll. Joh. Rud. Glauber kennt schon 1656 die Bedeutung des Salpeters für die Pflanzenernährung, H. DAVY 1812 auch die anderer Salze.

Von Liebigs deutschen Vorgängern, denen er in späteren Auflagen auch durchaus gerecht wurde, mögen hier zwei genannt sein: Der Arzt Albrecht Thaer aus Celle, der dort 1806 eine Landwirtschaftliche Akademie gründete und 1810–12 ein vierbändiges Werk „Grundsätze der rationellen Landwirtschaft“ geschrieben hat. Ferner dessen Schüler Carl Sprengel, der auf Thaer



erfolgreich aufbauen konnte und einige wichtige agrikulturchemische Bücher verfaßt hat. Beide kannten wie Saussure die Bedeutung der Erden für die Pflanzenernährung und die Assimilation der atmosphärischen Kohlensäure wie der Bodenkohlensäure, die durch Verwesung des Humus entsteht. Die Bezeichnung Humus für die organische Substanz des Bodens stammt von Thaer.

Zwei Hauptsätze aus Liebigs Buch seien hervorgehoben:

1. „Die Nahrungsmittel aller grünen Gewächse sind unorganische oder Mineralsubstanzen. Die Pflanze lebt von Kohlensäure, Ammoniak (Salpetersäure), Wasser, Phosphorsäure, Schwefelsäure, Kieselsäure, Kalk, Bittererde, Kali (Natron), Eisen, manche bedürfen Kochsalz.

Der Mist, die Exkremente der Tiere und Menschen wirken nicht durch ihre organischen Elemente auf das Pflanzenleben ein, sondern indirekt durch die Produkte ihres Fäulnis- und Verwesungsprozesses, infolge also des Überganges ihres Kohlenstoffs in Kohlensäure und ihres Stickstoffs in Ammoniak (oder Salpetersäure). Der organische Dünger, der aus Überresten von Pflanzen und Tieren besteht, läßt sich demnach ersetzen durch die unorganischen Verbindungen, in welche er im Boden zerfällt.“

Liebig betonte also – vereinfachend und über seine Vorgänger hinausgehend – die ausschließliche Wirkung der anorganischen Nährstoffe. Gegen jede beträchtliche oder ausschließliche unmittelbare „Humusernährung“ bringt er mancherlei Gründe vor. In späteren Auflagen wird die Bedeutung des Stalldüngers stärker hervorgehoben, er wird bei entsprechender Zusammensetzung als Volldünger gewertet, der die Fruchtbarkeit eines Feldes erhalten kann.

2. „Dem Boden muß das an Nährsubstanzen wiedergegeben werden, was ihm die Ernte der Nutzpflanzen jährlich entzieht. Da nicht alle Ernteprodukte verfüttert werden und als Dünger auf das Feld zurückkehren, muß man mit natürlichen (Guano, Knochenmehl) oder künstlich hergestellten Düngemitteln (Superphosphat, Ammonsulfat, Chilesalpeter, Kalisalze) den Ausgleich herstellen.“

Die Forderung des Nährstoffersatzes findet sich auch bei Sprengel, ist auch schon bei Rückert (s. o.) angedeutet.

Für die Frage der Nachlieferung von Stickstoff war Liebigs alte Beobachtung (1827) wichtig, daß die Atmosphäre Spuren von Ammoniak und Salpetersäure enthält, die mit dem Regen herunterkommen, ein Faktor, den er allerdings überschätzte. Über die Wirkung von Ammoniak auf die Düngesalze und umgekehrt wie über die Ernährung durch Humus hielt der Streit der Parteien noch über zwei Jahrzehnte an, doch hatten sich die anfangs extremen Standpunkte wesentlich genähert. Aber beiden Parteien fehlte ja damals noch die Kenntnis der Bodenbiologie (s. Anmerkung S. 153).

*Das Gesetz vom Minimum*

Eine besonders wichtige und prägnante Formulierung gelang Liebig in einem Gesetz, das er selbst später das Gesetz vom Minimum genannt hat. „Für eine jede Culturpflanze besteht ein solches Gesetz. Dieser Zustand der Erschöpfung tritt unabwendbar ein, auch wenn in einer Reihenfolge von Culturen dem Boden nur ein einziger von allen den verschiedenen für die Ernährung der Gewächse notwendigen mineralischen Nahrungsstoffen entzogen worden ist, denn der eine, welcher fehlt oder mangelt, macht alle anderen wirkungslos oder nimmt ihnen ihre Wirksamkeit.“ (Von Liebig gesperrt).

Wie bedeutungsvoll gerade das Gesetz vom Minimum im Lauf der letzten Jahrzehnte für die Erklärung der Mangelkrankheiten bei Mensch, Tier und Pflanze, bei Vitaminen und den für die Pflanzen noch nötigen „Spurenelementen“ (B, Co, Cu, J, Mg, Mn, Mo, Zn) für die Ausbildung von Testverfahren geworden ist, hat RICHARD KUHN (korr. Mitglied der Akademie seit 1938) in seiner Münchener Festrede 1953 „Das Vermächtnis Justus von Liebig“ eindrucksvoll auseinandergesetzt. Ich verdanke ihm dazu noch folgende weitere Ausführungen:

„Was Liebig erstmals ausgesprochen hat, ist der Nachsatz in seinem oben angeführten Zitat ‚Denn der eine, welcher fehlt oder mangelt, macht alle anderen wirkungslos, oder nimmt ihnen ihre Wirksamkeit.‘ Diese erstmalige Erkenntnis ist nicht nur für die Entwicklung der Agrikulturchemie, sondern weit darüber hinaus für die Entwicklung der physiologischen Chemie d. h. für die wissenschaftliche Bearbeitung sämtlicher Probleme, bei denen sogen. Wirkstoffe im Spiel sind, grundlegend geworden und wirkt ganz stark auch heute noch in der Wissenschaft weiter.

Ein Amerikaner (ich weiß nicht mehr welcher) hat einmal gesagt: ‚Die größte Entdeckung der Menschen sei es gewesen, entdeckt zu haben, wie man Entdeckungen macht.‘ Im Fall der Wirkstoffe – unabhängig davon, ob es sich um Düngemittel, Vitamine, bakterielle Wuchsstoffe usw. handelt – beruht nahezu jede Entdeckung der letzten Jahrzehnte auf der Formulierung des Minimumgesetzes, wie Liebig sie vorgenommen hat.

Ich selbst habe dies im Laufe der Jahre immer wieder persönlich neu erkennen müssen. Wenn man z. B. vor der Aufgabe stand, das Vitamin B<sub>2</sub> zu isolieren zu einer Zeit, als man der Meinung war, es gäbe nur 2 Vitamine der B-Gruppe (B<sub>1</sub> und B<sub>2</sub>), da konnte man schon hochaktive Konzentrate von B<sub>2</sub> in der Hand haben, die sich aber sowohl im Tierversuch als auch in bakteriologischen Testen als völlig unwirksam erwiesen haben, weil eben die weiteren, noch unbekanntenen Faktoren der B-Gruppe fehlten. Erst wenn

diese reichlich bzw. im Überschuß zugesetzt wurden, wurde die Wirksamkeit der B-Konzentrate klar. Solche Phasen haben viele Dutzende von Untersuchungen im Laufe der letzten Jahrzehnte durchlaufen. Immer wieder traten Situationen auf, in denen man sich fragen mußte, ob die gesuchte Substanz, die einem unter den Händen zu entschwinden schien, nicht so labil war, daß man sie gar nicht fassen konnte. Und es lag doch immer wieder nur daran, daß man die kompletierenden Faktoren noch nicht genügend kannte und sie nicht in den erforderlichen Mengen zusetzen konnte, um den Bedingungen des Minimumgesetzes gerecht zu werden. Man darf behaupten, daß Liebig als erster und einziger das klar erkannt hat, worauf alle Isolierungen von Wirkstoffen der angeführten Art letztlich beruhen; daß also Liebig entdeckt hat, wie Entdeckungen auf solchen Gebieten zu machen sind.“

Gerade das hat Liebig noch durch weitere Beiträge zur Wissenschaft der organischen und physiologischen Chemie erreicht. Er hat erkannt, daß es nicht genügt, pro Woche ein bis zwei organische Analysen machen zu können wie bisher, sondern daß ein Massenbedarf an diesen Bestimmungen auftreten wird, wenn sich die Gebiete weiterentwickeln. Seine Rationalisierung der organischen Elementaranalyse vergrößerte die Kapazität eines Analytikers auf das etwa Zehnfache. Auch seine Radikaltheorie (siehe S. 135) war eine praktisch zweckmäßige Betrachtung bei Umsetzungen innerhalb einer Familie verwandter Substanzen und stellt eine Ökonomie des Geistes dar, um die es ihm immer besonders zu tun war (siehe Seite 148).

*Die Bedeutung Liebigs für die Begründung der Kunstdüngerindustrie  
(und indirekt auch der Farbenindustrie) in England*

Ein jüngstes englisches Urteil zu dieser Frage gibt L. F. Haber in einem Artikel „The chemical industry in the nineteenth century: A short survey of its growth“ (Proceedings of the Chemical Society, September 1958, S. 243 ff.). Aus ihm sei auszugsweise folgendes entnommen: “The most important results of these changes in the field of applied chemistry during the second half of the century were the establishment of the fertilizer and dyestuffs industries.

Justus von Liebig (1803–1873), more than any other chemist, gave both their original impetus: directly by his sustained interest in agricultural chemistry and his numerous writings on the subject, indirectly by establishing at Gießen a systematic laboratory course on organic chemistry. The energy and enthusiasm of the professor was imparted to his students, and they, in turn, disseminated the new teaching methods far and wide. Liebig's



work on agricultural chemistry, though incomplete owing to his underestimating the rôle of nitrogen, and controversial, since he relied on laboratory demonstrations rather than on extended field tests, was nevertheless epoch-making. In particular he drew attention to the importance of phosphatic fertilizers. Bone meal had been used for many years, but now Liebig and one of his students, I. H. Gilbert, recommended the employment of mineral phosphates. These were rendered soluble by treatment with sulphuric acid, and the first work to prepare superphosphate was started at Deptford in 1843. Eleven years later, there were six fertilizer works in Britain and several on the Continent, the first being opened in Germany in 1850. Later, large deposits of phosphate rock were found in Florida and towards the end of the century those in North-Africa began to be mined. In 1900 superphosphate was quantitatively the most important fertilizer, world production being about 4, 5 million tons.

The third important fertilizer was potash. Liebig strongly recommended the use of wood ash on light soil, but in later editions of his book on agricultural chemistry this was altered to potash salts. These had been discovered in enormous quantities in the Duchy of Anhalt and were worked commercially from 1861 onwards: production increased from 2200 tons in that year to 288 000 tons in 1870 and rose further to about 3 million tons in 1900. Potash remained a German monopoly throughout the period.

Amongst Liebig's students several were to become closely connected with the dyestuffs industry. In particular A. W. Hofmann transplanted the Gießen tradition to the College of Chemistry in London, where C. B. Mansfield isolated the principal constituents of coal tar and W. H. Perkin (1838 to 1907) prepared the first anilin dye, mauvein, in 1856."

In Bayern hat Liebig 1857 bei der Gründung der „Bayerischen Aktiengesellschaft für chemische und landwirtschaftliche Fabrikate“ in Heufeld bei Rosenheim durch Beratung mitgewirkt und dem Verwaltungsrat bis 1866 angehört. Diese Fabrik, heute Süd-Chemie, Werk Heufeld, hat zuerst Superphosphat aus Knochenmehl (bone meal s. o.), später aus mineralischem Calciumphosphat hergestellt.

In der Industrie der Kalidünger hat Liebig ein einfaches Verfahren ausgearbeitet, um den Hauptbestandteil der Staßfurter Kalisalzlager, den Carnallit, in reines Kalisalz überzuführen.

Mit seinem „Patentdünger“, der gegen die Gefahr der Regenauswaschung in den Untergrund absichtlich schwerlöslich gemacht war, hatte Liebig jahrelang Mißerfolge, da er zu langsam wirkte. Aber 1858 erkannte er durch Nacharbeitung und Bestätigung wenig beachteter Arbeiten (Bronner 1836, Huxtable u. Thompson 1848, Th. Way 1859), daß die Ackerkrume die

„wunderbare“ Fähigkeit besitzt, die wichtigsten Mineraldünger wie Phosphorsäure, Kali, Ammoniak festzuhalten, zu adsorbieren, wie wir heute sagen. Die daraufhin hergestellten leichtlöslichen Dünger wirkten nun vorzüglich.

Liebig war wie jeder richtige Chemiker durch eine große Experimentierfreudigkeit ausgezeichnet. Er ließ der Erkenntnis des Zweckmäßigen die Tat auf dem Fuße folgen und sorgte mit seiner Dynamik für die weltweite Verbreitung der Lehre und ihrer Anwendung.

Im ersten Drittel des 19. Jahrhunderts gingen die Erträge des Ackerbaues in Deutschland stark zurück, mehrfach traten Hungersnöte auf. In England schmälerte die zunehmende Industrialisierung den Ackerbau, so daß dort das Interesse an höheren Erträgen auch besonders groß war.

Die von Liebig so energisch empfohlene Verwendung des Mineraldüngers hat die weitgehende Ernährung der wachsenden deutschen Bevölkerung aus eigenem Boden ermöglicht. Freilich ist dazu die durch die Mikrobiologie neu begründete Humuslehre und die Fruchtwechselwirtschaft mit der Mineraldüngung kombiniert worden. In Deutschland sind von 1871 bis 1914 acht Millionen ha Ödland und nahezu vier Millionen ha Brache unter den Pflug genommen worden. Bei der Armut der Heide- und Moorböden an Kali- und Phosphorsäure wäre das ohne diese Zusätze unmöglich gewesen. Zum Vergleich: Die heutige landwirtschaftliche Nutzfläche der deutschen Bundesrepublik beträgt etwa vierzehn Millionen ha. Auch besonders anspruchsvolle Kulturen wie die der Zuckerrübe hätten ohne Kunstdünger nicht mit solchem wirtschaftlichem Erfolg entwickelt werden können. Die Düngung von Almen soll im Allgäu eine Verdreifachung des Ertrages bewirkt haben.

Wenn heute Reformbestrebungen im Gange sind, wie man die Chemikalienverwendung im Feld- und Gartenbau einschränken kann, so bleiben die von Liebig vertretenen Grundsätze der Hauptsache nach doch für den landwirtschaftlichen Erfolg in Großbetrieben maßgebend. Es handelt sich mehr um die Form, in der die unentbehrlichen stofflichen Rückgaben an den Acker am besten vollzogen werden. Die Bedeutung von Stallmist, Humus und Kompost für die Bedingungen des Bakterien- und Kleintierlebens im Boden, die Mikro-Biologie, der Säuregehalt ( $p_H$ ) des Bodenspielen heute zusätzlich eine wichtige Rolle.

Hellriegel und Willfahrt machten ihre große Entdeckung der Bindung des Luftstickstoffs durch die Knöllchenbakterien, die an den Wurzeln der Leguminosen leben, erst 1886 – dreizehn Jahre nach Liebig's Tod – und lenkten damit die Aufmerksamkeit auf die Bedeutung der Bodenbiologie. Sie klärten damit auch auf, wieso die Einschaltung von Leguminosen (wie Klee und Lupinen) in den Fruchtwechsel die Felder wieder mit Stickstoff anreichern

konnte. Neben Hellriegels Entdeckung tritt 20 Jahre später die technische katalytische Bindung des Luftstickstoffs an Wasserstoff zu Ammoniak durch FRITZ HABER (unser damaliges korr. Mitglied), die durch Carl Bosch und Alwin Mittasch in der Badischen Anilin- u. Soda-Fabrik zur Weltindustrie entwickelt worden ist.

In zwei Reden vom 28. 3. und 28. 11. 1861, denen einige Sätze hier entnommen seien, hat Liebig vor der Bayerischen Akademie der Wissenschaften als deren Präsident das Thema „Wissenschaft und Landwirtschaft“ behandelt: „Nach der Stiftungsurkunde vom Jahr 1759 sollte die Akademie der Ausbreitung aller nützlichen Wissenschaften und freien Künste in Bayern dienen. In der Organisationsurkunde vom 21. 3. 1827 finden sich besondere, den Mitgliedern empfohlene Aufgaben nicht mehr eingeschlossen. Früher glaubte man an den direkten Einfluß, jetzt an den indirekten durch Erhöhung der intellektuellen Kräfte des Menschen, der sich dann auch auf Landwirtschaft, Industrie und Gewerbe auswirkt.

Die einzige durch einen Verein von Gelehrten lösbare Aufgabe ist die Vermehrung des Wissens. Der Nutzen, den dieses der Bevölkerung oder dem einzelnen im Lande bringt, ist Sache der Bevölkerung oder des einzelnen.

Kein Gewerbe war von den Fortschritten der Zeit weniger berührt worden als die Landwirtschaft; in keinem war das Althergebrachte fester gewurzelt und die Hindernisse, welche einer Verbesserung entgegenstanden, größer.

Es liegen Fälle genug vor, wo Landwirte von Bildung es ablehnten, auf ihren Feldern Versuche mit Kunstdünger anzustellen, die ihnen landwirtschaftliche Vereine zum halben Handelspreis anboten. Sie wollten sie umsonst und dann noch besonderen Dank, und als man ihnen die Düngemittel umsonst gab, machten sie keinen Gebrauch davon.

Die Behörden in den Städten wenden jährlich große Summen auf, um die Exkremente von Tieren und Menschen, die sich darin ansammeln, unerreikbaar für den Landwirt zu machen, und dieser sieht mit dem Städter gleichmütig zu.

Die große Masse der Menschen hat keinen Begriff davon, mit welchen Schwierigkeiten Arbeiten verknüpft sind, die das Gebiet des Wissens tatsächlich erweitern; ja man kann sagen, daß der in den Menschen liegende Trieb nach Wahrheit nicht ausreichen würde die Hindernisse zu überwäligen, wenn dieser Trieb sich nicht in einzelnen zur mächtigen Leidenschaft, die ihre Kräfte spannt und vervielfältigt, steigerte. Alle diese Arbeiten werden unternommen ohne Aussicht auf Gewinn und ohne Anspruch auf Dank. Der, welcher sie vollbringt, hat selten das Glück, ihre nützliche Anwendung zu erleben. Er kann das, was er errungen hat, auf dem Markt des



Lebens nicht verwerten, es hat keinen Preis und kann nicht bestellt und nicht erkaufte werden.“

Aus den Sätzen dieser Rede geht deutlich der Anteil und schwere Kampf Liebigs um die Anerkennung seiner Düngerlehre hervor. Besonders schlimm lagen die Verhältnisse in Bayern trotz der klugen Anordnungen von Maximilian II., der Liebig ja auf Veranlassung Pettenkofers besonders auch wegen der Förderung der bayerischen Landwirtschaft berufen hatte. Das veranlaßte Liebig 1864 zur Abfassung eines Zeitungsartikels:

*„Die bayerische Landwirtschaft und das technische Schulwesen in Bayern“*

Dieser wirkte wie eine Fanfare, und Liebig durfte noch den Umschwung auch in Bayern in den folgenden Jahren erleben. Einige Sätze des Artikels:

„Wir müssen steigende Ernten haben . . . sonst sind die Gefahren, die unsere Zukunft bedrohen, mit Händen zu greifen. Ohne Übertreibung läßt sich behaupten, daß der Feldbau, diese Hauptquelle des Reichtums, in keinem Lande auf einer tieferen Stufe steht als in Bayern. Der Grund hierfür liegt nicht in einer geringeren Begabung des Volkes. . . Als Universitätsprofessor . . . kann ich behaupten, daß kein anderer Volksstamm den bayerischen an natürlichen Anlagen und Fähigkeiten übertrifft; wenn man Unterschiede bemerkt, so beruhen diese lediglich auf dem mangelhaften Schulunterricht.“

Liebig macht das in Bayern (wie in mehreren deutschen Staaten) übliche bürokratische Regiment dafür verantwortlich, daß die Wünsche des vorzüglichen Königs bezüglich des Unterrichts in der Düngerlehre so wenig erfüllt worden sind. Der „baumwollene“ Widerstand der Bürokratie hätte den Fortschritt vereitelt. Ein unwissender Ratgeber werde immer nur einen unwissenden Lehrer empfehlen.

Angriffe der ultramontanen Presse und eine Ergebenheitserklärung von 800 Münchener Bürgern waren die unmittelbaren Folgen dieses Artikels für Liebig.

*Physiologisch-chemische Studien*

Seit dem Erscheinen des obenerwähnten Buches über die Anwendung der Chemie auf Agrikultur und Physiologie beschäftigt sich Liebig mit der Anwendung der Chemie auf Physiologie und Pathologie in neuen Auflagen (meist „Tierchemie“ genannt) und zahlreichen Abhandlungen. Ihn interessiert die Rolle der verbrennlichen Nahrungsmittel im Organismus, deren Wirkung zur Aufrechterhaltung unserer Körpertemperatur er mit der des Heizmaterials in einem Ofen vergleicht. Die Atmung liefert den dazu nötigen

Sauerstoff, den das Blut überträgt. Carl Gotthelf Lehmann erkennt in seinem „Lehrbuch der physiologischen Chemie“, Leipzig, Engelmann 1853, beim Kapitel Respiration, tierische Wärme die hervorragende Pionierarbeit Liebig's an. Jedenfalls entwickelt sich ab 1840 die Physiologie rapide, was zum großen Teil den vielseitigen, freilich oft spekulativen Anregungen von Liebig's Studien zu danken ist. Man darf hier auch daran erinnern, daß die grundlegende Arbeit über die Äquivalente und die gegenseitige Umwandlung der Energien von ROBERT MAYER (siehe den Beitrag „Physik“ S. 82) im Jahre 1842 erschien, und daß es Liebig war, der diese von einer physikalischen Stelle abgelehnte Arbeit weitblickend in seine Annalen aufnahm.

Liebig hat den Kreislauf des Kohlenstoffs im Pflanzen- und Tierreich erkannt. Biologisch denkwürdig ist Liebig's Entdeckung des Vorkommens der Milchsäure in der Flüssigkeit des Muskelfleisches (1846), bis heute ein Kernpunkt in der Energiebilanz der Muskelarbeit. Im Fleischsaft hat er auch die Inosinsäure entdeckt – eine wichtige Modells substanz-, die mit Stoffen analogen Bauplans (aus Purin-Zucker-Phosphorsäure) in den Nukleinsäuren der Zellkerne, in Cofermenten und neuerdings auch in Viren festgestellt worden ist.

Liebig's Ansicht über die Entstehung der Fette im tierischen Organismus hat sich gegenüber J. B. DUMAS und Payén durchgesetzt. Tierisches Fett könne wohl aus Nahrungsmittelfett entstehen, aber die Kohlenhydrate der Nahrung seien die Hauptlieferanten des Fetts. Liebig hat frühzeitig die den einzelnen Nährstoffgruppen zukommenden Funktionen erkannt und hiermit die wissenschaftlichen Grundlagen für den weiteren Ausbau der Tierernährungslehre geschaffen. Der Mineralstoffwechsel des tierischen Organismus, der trotz Liebig's Hinweisen bis in die jüngste Zeit stark vernachlässigt wurde, steht heute wieder im Mittelpunkt agrikulturchemischer und physiologischer Forschungen.

### *Lebensmittelchemie und Technologie*

Auf dem Gebiet der Lebensmittelchemie hat Liebig ab 1865 wichtige Anregungen gegeben. Am berühmtesten wurde Liebig's Fleischextrakt, in Fray Bentos, Uruguay, hergestellt; Pettenkofer's Doktorarbeit hat dafür einen Anstoß gegeben (s. S. 154); auch er übte mit Liebig die Kontrolle der Handelsprodukte aus. Der Fleischextrakt war zwar kein Nahrungsmittel und Fleischersatz, wie Liebig ursprünglich glaubte, aber bald ein beliebtes, die Sekretion des Magensaftes anregendes Genußmittel, das Liebig auch endlich finanzielle Erfolge brachte. Besonders auch Teilnehmer von Forschungsexpeditionen hoben seine nachhaltige und vorzüg-

liche Wirkung hervor. Auch Liebig's in München entwickelte Kindersuppe, sein Kaffee-Extrakt und die Bestrebungen zur Verbesserung des Brotbackens zeigen sein vielseitiges Bestreben, die Wissenschaft „gemeinnützig“ zu machen, eine grundsätzliche, charakteristische Einstellung, die ihn von vielen Forschern unterschied und in den letzten Jahrzehnten seines Lebens vollkommen vorherrschte. Im Jahre 1867 beschäftigte ihn die beste Ernährung im Felde. Liebig sah schon vor hundert Jahren Probleme, die heute in wichtigen Industrien der Lebensmittelchemie gelöst sind.

Auch zur chemischen Technologie hat Liebig in seiner Münchener Zeit noch manche beachtliche Erfindung gemacht, so den Ersatz der wenig haltbaren und giftigen Zinnamalgam-Spiegel durch die heute noch benutzten Silberspiegel. Deren technisch vollkommene Herstellung ist allerdings erst viel später gelungen. Er arbeitete auch über Kieselsäure und Wasserglas und über die Entfärbung von gelblichem Glas durch Brauneisen ( $MnO_2$ ), die für die Glasindustrie grundlegende Bedeutung besitzt.

#### *Vortragstätigkeit und Chemische Briefe*

In seiner Münchener Zeit hat Liebig aus den erwähnten Gründen keine Experimentalarbeiten zur Förderung der reinen Chemie und chemischen Theorie mehr ausgeführt. Sein umfassendes allgemein-naturwissenschaftliches Wissen verlich aber seinen Vorlesungen und Vorträgen auch hier noch ungeheure Bedeutung, die weit über das Fach der Chemie hinausreichte. Er fühlte sich als Herold und Hohepriester der Chemie und der naturwissenschaftlichen Forschung.

Darum begnügte er sich nicht mit dem Kolleg für seine Studenten, sondern suchte in Abendvorlesungen für Hof und Bürgerschaft chemisches Verständnis und Wissen zu verbreiten. Demselben Zweck dienten seine „Chemischen Briefe“ – fünfzig umfangreiche Aufsätze –, die, schon in Gießen begonnen, in München fortgesetzt wurden. Wie stark sie sogar auf einen der besten Chemiker der Zeit wirkten, ersieht man aus einem begeisterten Brief Wöhlers (1859): „Ich lese Deine chemischen Briefe – ich kann Dir nicht ausdrücken, mit welchem Vergnügen, mit welcher Belehrung. Ich hätte bei einzelnen Stellen, bei einzelnen Gedanken, die wie Blitze mein Gehirn erleuchteten, Dir um den Hals fallen mögen. Noch nie ist der Welt klarer gesagt worden, was Chemie ist, in welchem Zusammenhang sie mit den physiologischen Vorgängen in der Natur steht, in welchem Zusammenhang mit Medizin, Landwirtschaft, Industrie und Handel. Diese Beziehungen in so klarer Weise dargelegt zu haben, daß sie ein Kind verstehen kann, ist allein schon ausreichend, dieses Werk zu einem klassischen zu stempeln.“



Der Einfluß, den es ausüben muß oder schon ausgeübt hat, ist gar nicht abzusehen. Tausende werden davon zehren und, auf Deinen Schultern stehend, die darin angeregten Ideen verwerten. Es ist eine wahre Philosophie der Chemie.“

Diese heute noch anregenden Briefe vor allem wie seine Reden und Zeitungsartikel lassen Liebig auch als einen Klassiker der deutschen Sprache erkennen. Jacob Grimm bezeugt: „Die Chemie kauderwelscht in Latein und Deutsch, aber in Liebig wird sie sprachgewaltig“. Dadurch fanden Liebigs Schriften einen großen Leserkreis. Selten wirkte ein Hochschullehrer so stark ins Volk hinaus, wie das jetzt immer von der Universität verlangt wird. Seine weitgespannten geistigen und praktischen Interessen befähigten ihn auch ganz besonders zu einer derartigen Tätigkeit, wie uns seine Münchener Antrittsvorlesung 1852 und einige Akademiereden zeigen. Schon seine erste Vorlesung

*„Über das Studium der Naturwissenschaften“*

greift weit über die Fachwissenschaft hinaus und bemüht sich, seine Hörer zu Forschern zu erziehen, wie seine Bemerkung über die Kunst der Beobachtung erkennen läßt: „Die Ermittlung der Bedingungen einer Erscheinung ist das erste und nächste Erfordernis zu ihrer Erklärung. Sie müssen aufgesucht und durch Beobachtung festgestellt werden. In dem Aufsuchen und Beobachten beruht die Kunst, die geschickte Stellung der Fragen beurkundet den Geist des Naturforschers.

Es gibt keine Kunst, die so schwierig ist wie die Kunst der Beobachtung: es gehört dazu ein gebildeter, nüchterner Geist und eine wohlgeschulte Erfahrung, welche nur durch Übung erworben wird; denn nicht der ist der Beobachter, welcher das Ding vor sich mit seinen Augen sieht, sondern der, welcher sieht, aus welchen Teilen das Ding besteht und in welchem Zusammenhang die Teile mit dem Ganzen stehen. Mancher übersieht die Hälfte aus Unachtsamkeit, ein anderer gibt mehr als er sieht, indem er es mit dem, was er sich einbildet, verwechselt, ein anderer sieht Teile des Ganzen, oder er wirft Dinge zusammen, die getrennt werden müssen . . . so liegt es in der Natur der Sache, daß Personen, deren Nervensystem sich nicht in vollkommen gesundem Zustande befindet, sich zum Beobachten durchaus nicht eignen. . .“

Im Jahre 1859 ernannte Maximilian II. Liebig als Nachfolger Fr. v. Thierschs zum Präsidenten unserer Akademie und erneuerte diese Ernennung jeweils bis zum Todesjahr Liebigs 1873. Dieser erfüllte den Sinn der Akademie in hohem Maße und nahm seine Tätigkeit für diese Gemeinschaft sehr ernst. Jährlich hatte er zwei Vorträge zu halten.

Von den beiden über „Wissenschaft und Landwirtschaft“ (1861) haben wir bereits Seite 143 berichtet. Seine Antrittsrede in der Akademie vom 18. 3. 1860 trägt den Titel:

*Die Ökonomie der menschlichen Kraft*

Was Liebig darunter versteht, mögen einige Sätze dieser Rede dartun. „Der menschliche Verstand verfährt in seinen Operationen mit unklaren und unrichtigen Begriffen in ganz gleicher Weise wie mit richtigen; während ihn aber die einen zu irrigen und unbestimmten Schlüssen führen, leiten ihn die anderen zu feststehenden Wahrheiten. . .

Darum besteht in der Klarheit und Richtigkeit der Ideen und Begriffe die Ökonomie der geistigen Kräfte, und alle Erfolge der Arbeiten des Geistes hängen davon ab, daß seine Auffassung der Dinge und ihre Beziehungen zu den Ideen geläutert sind von allem, was ihrem Wesen nicht angehört.

Die Naturwissenschaften der gegenwärtigen Zeit sind Folgen der großen Entdeckungen der Astronomie im fünfzehnten und sechzehnten Jahrhundert, welche durch Verpflanzung ihrer Forschungsmethode in andere Gebiete zur Erkenntnis führten, daß auch die irdischen Erscheinungen . . . durch Gesetze geregelt seien.

Die Naturwissenschaften befinden sich in dieser Beziehung in einer günstigeren Lage, insofern die Erscheinungen, deren Gesetze erforscht werden sollen, entweder regelmäßig oder häufiger wiederkehren, und der Forscher meistens über die Mittel verfügt, sie nach Willkür hervorzurufen und die Richtigkeit seiner Vorstellungen durch Versuche zu prüfen; dies sind Hilfsmittel der Forschung, welche dem Philosophen, Historiker, Sprachforscher und Nationalökonom in der Regel abgehen und die deren Aufgabe schwieriger und verwickelter machen. . .

Tatsache ist, daß durch den ganzen ungeheuren Zuwachs von Arbeitskraft in unserer Zeit, welcher dem von vielen Millionen Menschen und Pferden gleichgesetzt werden kann, die menschliche Kraft an Wert nicht ab-, sondern stetig zugenommen hat; der Arbeiter für Haus und Feld ist mehr gesucht und teurer als je, und ein mäßiger Grad von Fleiß und Geschicklichkeit verschafft ihm heute Annehmlichkeiten des Lebens, die im Mittelalter selbst den Reichsten nicht zugänglich waren, und diese Fülle von Reichtum, von menschlichem Glück und von Macht ist die Folge der Aufgabe rerum cognoscere causas, an deren Lösung sich seit einem Jahrhundert unsere Akademie tätig und wirksam beteiligt hat.“

Ist die von Liebig in den letzten Sätzen gezeichnete Entwicklung seither nicht in atemraubender Geschwindigkeit und Breite fortgeschritten? Klin-

gen diese – mit starker Reserve bezüglich seines Optimismus – nicht mächtig in Probleme unserer Tage herein?

In der Rede vom 25. 7. 1866 „Über die Entwicklung der Ideen in der Naturwissenschaft“ bemerkt Liebig, er fände in der Geschichte der Naturforschung, daß man, um eine Tatsache zu verstehen, bestimmte Ideen bereits im Kopf haben muß, und daß die Augen nichts sehen, was im Geist nicht vorher gedacht worden ist. Tausende von Menschen sähen eine Erscheinung vor sich gehen, ohne daß ihnen dadurch eine Idee erweckt wird. Ganz ähnlich äußert sich später Liebigs größter Schüler AUGUST KEKULÉ in der Berliner Festrede anläßlich der Fünfundzwanzig-Jahr-Feier seiner Benzolformel.

Mit seinen Forschungen über Bacon hat Liebig eine bedeutende kritische Leistung für die Geschichte der Naturwissenschaft vollbracht.

### *Francis Bacon von Verulam und die Geschichte der Naturwissenschaften*

Auszug aus Liebigs Rede in der Öffentlichen Sitzung der K. Akademie  
der Wissenschaften am 28. 3. 1863

Noch zu Liebigs Zeit – nach dreihundert Jahren – galt Bacon (1560–1626) als Reformator der Naturwissenschaften und wird in alten Geschichtswerken der Chemie als Wegbereiter und Lobredner des Experiments gepriesen. Er hatte bereits die Umwälzung des Weltbildes durch die Lehre des Copernicus erlebt, war Zeitgenosse von Galilei, Kepler und des Physikers Gilbert, der die Lehre von der Reibungselektrizität begründet hat, lebte also in einer Zeit der großartigen Entwicklung der Naturwissenschaft. Liebig untersucht, ob er mit diesen bedeutenden Forschern Kontakt hatte, ihre Entdeckungen verstand, und ob er an den großen Fragen der Zeit Anteil hatte.

Bacon sagt am Ende seiner *Historia Naturalis*, diese sei die Welt, wie sie Gott und nicht die Menschen gemacht, und daß die Phantasie keinen Teil daran habe. Hiemit steht der Anfang der Einleitung in einem höchst komischen Widerspruch. Denn deren Verfasser, der Theologe Rawley, erzählt ganz harmlos, daß er die Ehre gehabt habe, bei der Compilation dieses Werkes, mit welcher er beschäftigt worden sei, beständig mit seiner Lordschaft zusammen zu sein. Er mußte wohl am besten wissen, daß das Werk nicht die Welt enthalten könne, wie sie Gott erschaffen, da er es ja selbst aus Büchern zusammengetragen hatte.

Bacon suchte sich gewissermaßen als der Aristoteles seiner Zeit aufzuspielen und behauptete im *Novum Organum*, daß vor ihm alles Wissen hohl, leer und unfruchtbar gewesen sei.



Er lehrte, „die wahre Methode gehe nicht von unbestimmten, nach der Hand gemachten Erfahrungen aus, sondern von wohlverstandenen geordneten Tatsachen“. Bacon fügte jeder Tatsache einen Grund oder eine Erklärung bei, die er vom Hörensagen oder aus Büchern schöpfte. Sehr wenige kannte er aber aus eigener Anschauung, und bei manchen von diesen erläuterte er seine Erklärung durch Experimente.

Wie falsch er beobachtete, geht aus folgenden Angaben hervor: „Wasser in Brunnen ist wärmer im Winter als im Sommer und so Luft in Kellern. Es ist von den Alten beobachtet worden, daß Salz, welches man in Salzwasser wirft, sich in weniger Zeit löst als im frischen Wasser. Der Grund mag sein, weil das Salz, welches bereits im Wasser ist, das neu hinzugefügte hineinzieht.“ Behauptungen und Erklärungen sind falsch. Bacon macht sich eine Erklärung von einem Vorgange, dann denkt er sich einen beweisenden Versuch dafür aus, und läßt uns dann glauben, sein erdachtes Experiment sei ein wirkliches. Er erklärt, Eisen wird im Feuer heiß, dehnt sich aber nicht aus. Die Luft dehnt sich beim Erwärmen aus, wird aber nicht warm.

Bacon meint, es sei wichtig zu beachten, welche Körper der Bewegung der Schwere, welche der Leichtigkeit fähig, welche weder schwer noch leicht seien. Er versteht also Copernicus gar nicht und erklärt ihn für einen Schwindler, bestreitet die Bewegung der Erde um die Sonne. Er schreibt: „Die empirische Forschungsmethode ist die monströseste und ungestaltete von allen . . . ist für andere unglauwürdig und leer. Dahin gehören beispielsweise die chemischen Methoden und die Gilberts.“

Es ist sicher, daß Bacon die geistige Bewegung seiner Zeit bemerkt, wenn auch nicht in ihrem Wesen verstanden hat. Er besaß aber die Gabe, die Richtung zu seinem persönlichen Nutzen auszubeuten. Durch Schmeichelei stieg er unter Jakob I. zu den höchsten richterlichen Würden auf, wurde dann aber wegen Bestechung verurteilt und fiel in Ungnade.

Die nämlichen Ziele, die Bacon im Leben anstrebte, das war Nutzen, Macht und Herrschaft, stellte er auch als Ziele des Geistes wie der Wissenschaft hin. Das Wort Wahrheit kommt in seinem wissenschaftlichen Vokabularium nicht vor. Aber die Tatsache, daß Wissenschaft Macht verleiht, war ihm klarer als den meisten seiner Zeitgenossen und ließ ihn durch „Aufregen, Aufmuntern, Verheißen“ für die Wissenschaft – freilich mit falschen Methoden – eintreten. Liebig hat in gründlichem Studium die Figur Bacons ihres Nimbus eines Naturforschers und Experimentators entkleidet. Feine Geistigkeit hat er dem charakterlosen Mann nicht abgesprochen. Sie wird bewiesen durch die Essays von Bacon, die L. L. Schücking 1940 auch in deutscher Sprache herausgegeben hat und die Bacons ungemaine

Belesenheit in der klassischen Literatur und der Bibel dartun, aber auch seine scharfe Beobachtung der menschlichen Schwächen zeigen.

### *Liebigs Persönlichkeit*

Liebig, der Darmstädter Mittelbürgersohn, war schon in jungen Jahren von großem Selbstgefühl getragen, weil er sich bewußt war, ein weites Gebiet der chemischen Forschung erschlossen zu haben. Er duldete keinen Widerspruch, wo er sich als Autorität fühlte, und haßte jede Mittelmäßigkeit. Seine scharfen und temperamentvollen Kritiken der experimentellen Ergebnisse und theoretischen Ansichten anderer Forscher gingen oft zu weit, waren gelegentlich auch ungerecht und verschafften ihm viele Feinde. Aber sein fanatischer Wahrheitsdrang kannte da keine Rücksicht. Wenn er überzeugt wurde, konnte er bescheiden einlenken, wie die Entstehung seiner Freundschaft mit Wöhler zeigt, die aus einem wissenschaftlichen Streit über das Kaliumcyanat geboren wurde. Solange er persönlich noch nicht überzeugt war, konnte er aber hartnäckig und rechthaberisch an einer überfälligen Meinung festhalten.

Liebig war eine strahlende Persönlichkeit, ein begeisterter Kündler seiner Wissenschaft, die er auch in den „Chemischen Briefen“ und in Zeitungsartikeln populär darzustellen nicht verschmähte. Seine Münchener Zeit stand aber zweifellos im Zeichen literarischer Überanstrengung, die sogar schon in Gießen begonnen hatte.

Nach Mitteilungen seines Schwagers F. KNAPP lagen ihm Fakultätsgespräche und Neuigkeiten fern. Nur wenn es wichtige Stellen zu besetzen gab, wahrte er seinen Einfluß und trat dann mit Nachdruck auf. Seine abendliche Unterhaltung mit Gästen war sehr lebhaft, aber ganz eigentümlich: von Gegenseitigkeit war nicht die Rede, er wollte weniger hören als verstanden werden.

Paul Heyse schreibt von Liebig in seinen Jugenderinnerungen: „In meinem langen Leben sind mir wenig Menschen begegnet, die so wie er in ihrer Erscheinung ‚Anmut und Würde‘ vereinigt hätten. In der Schönheit seiner Züge konnte er den Vergleich mit Rauch aushalten; doch war sein Blick feuriger, sein Habitus der eines herrschenden Geistes, dessen Übergewicht über seine Helfer und Genossen sich gelegentlich mit gebieterischer Lebhaftigkeit fühlbar machte. . . . In seinen späteren Jahren, wo ich ihn kennen lernte, fesselte überdies die vornehme Gelassenheit, mit der er seinen Weltruhm ertrug, während er leidenschaftlich fortarbeitete, als ob es gelte, sich jetzt erst einen Namen zu machen. Der Aufschwung, den die

Naturwissenschaften an Universität und Polytechnikum nahmen, war ausschließlich sein Werk.“

Liebig lebte mit seiner Frau Jettchen seit 1826 in glücklichster Ehe, der zwei Söhne und drei Töchter entsprossen. Auch seine Fähigkeit zu treuer Freundschaft bereicherte sein Leben ungemein, sein umfangreicher Briefwechsel zeugt von großer Herzenswärme und gibt am besten Auskunft über seine reiche Persönlichkeit voll Saft und Kraft.

Während seines Erlanger Studiums war Liebig einige Zeit unter den Einfluß von Schellings Naturphilosophie geraten, über die er später bei jeder Gelegenheit nur das abfälligste, bitterste Urteil fällte: ein Irrweg der Naturforschung, der mit Spekulationen statt mit Experimenten arbeitete.

Liebig hatte Anerkennungen und Orden aus aller Welt erhalten und war schon in Gießen in den Freiherrenstand erhoben worden. Die größten Chemiker und Begründer unserer Wissenschaft wie Lavoisier, Gay-Lussac, Berzelius hatten nicht den Weltruhm Liebigs erreicht, der nicht nur als genialer Chemiker, sondern als Wohltäter der Menschheit gefeiert wurde.

Dem Tod sah er ohne Bangen entgegen. Am 18. April 1873, wenige Wochen vor dem siebzigsten Geburtstag, schloß er seine leuchtenden Augen für immer.

#### Literatur

- <sup>1</sup> Justus Liebig: Die Chemie in ihrer Anwendung auf Agrikultur und Physiologie, 6. Auflage. Vieweg Braunschweig 1846.
- <sup>2</sup> Justus von Liebig: Chemie und Ackerbau, 7. Auflage von [1] 1. Bd. Der chemische Prozeß der Ernährung der Vegetabilien. – 2. Bd. Die Naturgesetze des Feldbaues. Vieweg 1862.
- <sup>3</sup> Justus von Liebig, Reden und Abhandlungen – herausgegeben von Carriere. C. F. Wintersche Verlagsbuchhandlung, Heidelberg 1874.
- <sup>4</sup> Dr. Herta von Dechend: Justus von Liebig in eigenen Zeugnissen und solchen seiner Zeitgenossen. Verlag Chemie, Weinheim 1953.
- <sup>5</sup> Otto Lemmermann: Die Agrikulturchemie und ihre Bedeutung für die Volksernährung. Vieweg 1940.
- <sup>6</sup> J. v. Liebig im Lichte der Forschung des 20. Jahrhunderts. 3. Sonderheft zur Zeitschrift „Landwirtschaftliche Forschung“, J. D. Sauerländers Verlag, Frankfurt/M. 1953.
- <sup>7</sup> Scheffer-Welte: Lehrbuch der Agrikulturchemie und Bodenkunde. II. Teil: Pflanzenernährung, 3. Auflage. Ferdinand Enke, Stuttgart 1955.
- <sup>8</sup> Richard Kuhn: Das Vermächtnis Justus v. Liebigs. Festrede in der Universität München am 28. 5. 1953.
- <sup>9</sup> Justus von Liebig, Chemische Briefe (Wohlfeile Ausgabe 1865, C. F. Winter'sche Verlagsbuchhandlung, Leipzig und Heidelberg).
- <sup>10</sup> Jacob Volhard: Justus von Liebig. Zwei Bände.
- <sup>11</sup> Paul Walden: Justus Liebig und die Technik. Eine psychoanalytische Studie. Die Naturwissenschaften 41, 197–202 (1954).
- <sup>12</sup> Max Trénel: Zur Frühgeschichte der Agrikulturchemie. S. 86–102 der Festschrift zur 75-Jahr-Feier der Landwirtschaftlich-Gärtnerischen Fakultät der Humboldt-Universität und zur Erinnerung an die Gründung der Landwirtschaftlichen Akademie in



Möglin durch Albrecht D. Thaer im Jahre 1806. Herrn Professor Trénel wie Herrn Professor Noack danke ich für freundliche Auskünfte.

<sup>13</sup> Rolf Huisgen, Liebigs unvergängliches chemisches Werk, Angewandte Chemie 65, 361 [1953]

Zu Seite 138: Erst jetzt, 100 Jahre nach Liebig, ist die Aufnahme kleiner Mengen organischer An-regungsstoffe durch die Wurzeln exakt nachgewiesen worden (W. Flaig, H. Otto, Christschewa). Herrn Professor Flaig danke ich vielmals für die Überlassung zahlreicher Sonderdrucke.

### JAKOB VOLHARD

JAKOB VOLHARD (1834–1910; Akademiemitglied 1871) stammt aus einer Familie, die mit Liebig, Hofmann und Kekulé befreundet war, hörte noch Liebigs Vorlesung und promovierte dann bei dessen Nachfolger HEINRICH WILL (1812–1890; Akademiemitglied 1873). Hierauf war er zwei Jahre Vorlesungsassistent bei Liebig in München und kehrte nach vorübergehender Arbeit bei Hofman in London und H. KOLBE in Marburg auf Liebigs Wunsch nach München zurück, um ihm die organische Vorlesung abzunehmen.

Es ist Volhard hoch anzurechnen, daß er nach erfolgter Habilitation (1863) auf eigene Rechnung Räume mietete, um ein chemisches Praktikum abhalten zu können, wozu Liebig damals keine Lust mehr hatte. Ein staatliches Laboratorium bekam Volhard erst 1867 als Adjunkt am pflanzenphysiologischen Institut der Akademie bei dem Botaniker C. W. NÄGELI\*, womit er endlich in eine besoldete Stellung einrückte. Er übernahm auch noch die Leitung einer landwirtschaftlichen Versuchsstation, wurde 1869 ao. Professor mit Lehrauftrag für organische Chemie und 1871 Mitglied der Akademie, der er in so vielfacher Weise diente.

Volhard war eine eindrucksvolle künstlerische Persönlichkeit mit vielseitigen Interessen und hatte nahe persönliche Beziehungen zu den ersten Münchner Künstlern wie Lenbach, der ihn porträtiert hat.

Seine wissenschaftlichen Arbeiten auf organischem Gebiet betrafen einfache physiologisch interessante Stickstoffverbindungen wie Guanidin, Cyanamid, Sarkosin und Kreatin. Besonders bekannt wurden seine analytisch-anorganischen Arbeiten wie die Bestimmung des Mangans und die maßanalytischen Methoden unter Verwendung von Rhodanammonium. So war es berechtigt, daß ihm Liebigs Nachfolger Baeyer die Leitung der anorganisch-analytischen Abteilung des neuen Laboratoriums übertrug. Auf seinen vorzüglichen Leitfaden der qualitativen Analyse wird dort eingegangen.

Er verfaßte später eine zweibändige Biographie seines Lehrers und Freundes.

## MAX V. PETTENKOFER

Ein weiterer, besonders bedeutender Schüler Liebig's war MAX V. PETTENKOFER\* (1818–1901; Akademiemitglied 1846; vgl. den Beitrag „Hygiene“ S. 239). Er wurde in der „Einöde“ Lichtenheim bei Neuburg a. d. Donau als Sohn eines Landwirts geboren. Mit zehn Jahren kam er zu seinem kinderlosen Onkel Dr. Franz Xaver Pettenkofer, dem Hof- und Leibapotheker, nach München, der in der Residenz wohnte. 1837 absolvierte er das humanistische Gymnasium mit Auszeichnung und studierte an der Universität Pharmazie und Naturwissenschaften, hörte den tüchtigen Mineralogen und Chemiker J. N. v. FUCHS\* und technische Chemie bei Kaiser. Nach einem Seitensprung als Schauspieler wählte er auf Veranlassung des Onkels Medizin als Hauptfach und legte 1843 die pharmazeutische und medizinische Staatsprüfung mit Auszeichnung ab. Seine Liebe galt aber der Chemie, doch gelang es ihm erst 1844, bei Liebig in Gießen anzukommen, dessen Hochschätzung und Freundschaft er bald gewann.

Er kam dahin mit einer bei Liebig's Schüler JOHANN J. SCHERER (1814 bis 1869; Akademiemitglied 1858) in Würzburg begonnenen Arbeit über einen neuen Harnbestandteil, das Kreatinin. Es stellte sich als Zersetzungsprodukt des Muskeleiweiß heraus, womit erstmalig die Zurückführung eines Harnbestandteils auf einen Körperstoff geglückt war. Liebig interessierte sich außerordentlich dafür und wurde so zu seiner Arbeit über das Fleisch (1847) angeregt, aus der dann später die Gewinnung des Fleischextrakts erwuchs.

Wegen Geldmangels konnte Pettenkofer nur ein Semester bei Liebig bleiben und nahm dann eine Assistentenstelle am Königlich Bayerischen Münzamt an, um seine Cousine Helene Pettenkofer heiraten zu können, mit der er in glücklichster Ehe verbunden war. Drei Kinder gingen ihnen beiden im Tod voran, seine Frau starb zehn Jahre vor ihm.

Im Münzamt entdeckte er das Verfahren, aus 97%igem Gold 100%iges Feingold zu machen durch Erhitzen mit saurem schwefelsaurem Natrium. Vorher hatte er schon eine Verbesserung des forensischen Arsennachweises gefunden, auch lehrte er die deutsche Industrie bessere Zemente durch stärkeres Brennen zu machen, so daß sie mit der englischen konkurrieren konnte. Die Gunst König LUDWIGS I.\* errang er durch die Wiederherstellung des antiken, von Plinius beschriebenen Hämatinon, eines purpurfarbigen Glases, das Kupfer enthält. Auch über Kupferamalgam hat er gearbeitet.

1847 erhielt er die außerordentliche Professor für medizinische Chemie, wurde schon 1846 ao. und 1852 o. Mitglied der Akademie, erst 1865 erhielt

er die ordentliche Professur des in Deutschland von ihm geschaffenen Faches der Hygiene. Von 1890–1899 war er Präsident der Akademie und ermahnte in einer Festrede wie Liebig die Gelehrten, „rerum cognoscere causas“ als höchstes Ziel anzustreben. Bloßes Wissen, bloße Kenntnis von Dingen und Tatsachen sei noch keine Wissenschaft. Erst der treibe Wissenschaft, der etwas über den ursächlichen Zusammenhang der Dinge erforscht. 1850 wurde er Hof- und Leibapotheker, wobei ihn sein Bruder als Oberapotheker vertrat.

Seine bedeutendste theoretisch-chemische Arbeit trug er 1850 in der Akademie vor: „Über die regelmäßigen Abstände der Äquivalenzzahlen der sog. einfachen Radikale“, eine Arbeit, die, im „Münchener Gelehrten-Kalender“ versteckt, von den Chemikern erst bemerkt wurde, als der berühmte Franzose Dumas 1858 denselben Sachverhalt hervorhob. Jetzt mußte Pettenkofer in Liebig's Annalen um seine Priorität kämpfen. (Später hatte dieser Gedanke die Auswirkung, daß man auch die Eigenschaften der Elemente als periodische Funktionen ihrer Atomgewichte erkannte. Im Jahre 1900 ließ die Deutsche Chemische Gesellschaft zum fünfzigjährigen Gedächtnis der ihrer Zeit weit vorauseilenden Arbeit Pettenkofers eine goldene Medaille für ihr Ehrenmitglied prägen.)

Enttäuscht hatte Pettenkofer von da ab ähnlich Liebig nur mehr für praktisch chemische Fragen Interesse. Seine chemischen Kenntnisse leisteten ihm aber beim Aufbau des Faches der Hygiene und bei physiologischen Untersuchungen hervorragende Dienste, z. B. bei seiner genialsten Leistung, der Schaffung des Respirationsapparates, der den Gasstoffwechsel einer Person beschwerdelos registrierte.

Auch auf entlegenen Gebieten bewährte sich sein chemischer Spürsinn. So arbeitete er über Beleuchtung mit Holzgas und erfand eine milde, ausgezeichnete „Bilderhygiene“ zur Restaurierung und Erhaltung wertvoller alter Gemälde, eine für München brennende Frage, zu deren Lösung eine Kommission eingesetzt worden war, in der er Liebig vertrat. Wer irgend chemischen Rat brauchte, wandte sich an Pettenkofer, dessen schlichte, hilfsbereite Art dem Volke verwandt war. Seine allgemein anerkannten Verdienste um die Hygiene, von denen hier nur die Schaffung der Mangfall-Wasserleitung und die Schwemmkanalisation genannt seien, und seine aufopfernde und mutige Arbeit während der Choleraepidemie München 1854 verschafften ihm bei hoch und niedrig Hochachtung und Liebe. In der Energie und Uneigennützigkeit, mit der Pettenkofer weite Reisen (nach Calcutta u. a.) an die Ursprungsherde der Seuchen unternahm, um sie dort zu studieren, erinnert er an seinen großen Vorgänger Paracelsus.



Die bittere Enttäuschung, die ihm die Widerlegung seiner Ansichten über die Cholera-Verbreitung durch Robert Kochs Entdeckung des Cholera-vibrio bereitete, hat er nie verwunden. Auch sein mutiger Versuch, Cholera-vibrien zu trinken, konnte ja den Gang der Erkenntnisse nicht aufhalten, wenn er seinen persönlichen Ruhm auch steigerte. Es ist tragisch, daß er trotz seiner ungeheuren Verdienste, deren Anerkennung und trotz seiner Beliebtheit nicht befriedigt und glücklich auf sein Lebenswerk zurückzublicken vermochte, so nachdrücklich ihm sein Schüler und Freund H. Buchner das auch klarzulegen suchte. Gegenüber solchen Vorstellungen hatte er nur betrübte Ablehnung und sehnte schließlich den Tod herbei als Erlöser aus dem bedrückenden Gefühl seiner Unterwertigkeit. Dem Mann, dessen ganzes Ringen dem Lebensglück der Menschen galt, war die abgeklärte Ruhe am Lebensabend versagt trotz körperlicher und geistiger Frische. Er trug eine unsichtbare Dornenkrone, die ihm schließlich zu schwer wurde, so daß er freiwillig aus dem Leben schied.

Literatur: Otto Neustätter, Max Pettenkofer. Meister der Heilkunde Bd. VII. Verlag Julius Springer 1925.

#### ADOLF VON BAEYER

##### *Der Ausbau von Kekulé's Strukturlehre*

AUGUST KEKULÉ (1829–1896; Akademiemitglied 1872), wie Liebig in Darmstadt geboren und dessen großer Schüler, bildet das Bindeglied zu Liebig's Nachfolger ADOLF BAEYER\* (1835–1917; Akademiemitglied 1870). Kekulé ist der Schöpfer der organischen Strukturlehre, die auf der Konzeption der Vierwertigkeit des Kohlenstoffs gründet und auf der Fähigkeit der Kohlenstoffatome, sich zu Ketten (Fettsubstanzen) oder Ringen von Kohlenstoffatomen (z. B. Benzol) zusammenzulagern. Dabei verbinden sich die Kohlenstoffatome mit ihresgleichen und außerdem mit anderen Atomen, vorwiegend Wasserstoff, Sauerstoff oder Stickstoff, bis die vier Wertigkeiten (Valenzen) der Kohlenstoffatome abgesättigt sind. Die Kekulé'sche Strukturtheorie, die von ihm erschaut, ja, wie er sagt, fast erträumt wurde, ist eine der großartigsten geistigen Leistungen in der Naturwissenschaft, weil sie – jetzt einhundert Jahre alt – bis heute gestattet, die wichtigsten Erscheinungen des riesigen Gebietes der organischen Chemie darzustellen; auch bildlich in Modellen aus Kugeln mit vier Haftstellen zur Bindung anderer Atome, die nach van 't Hoff und Le Bel an den Ecken eines Tetraeders stehen, dessen Mittelpunkt das Kohlenstoffatom einnimmt. In den letzten

Jahrzehnten ist vor allem die Deutung der Atombindung durch je zwei Valenzelektronen dazugekommen, die räumlichen Vorstellungen konnten im ganzen bleiben, doch mißt man heute feinste Änderungen der Atomabstände mit großem Interesse.

Kekulé's Strukturtheorie, von ihm in seinen Vorlesungen mit hinreißender Begeisterung entwickelt und in seinem Lehrbuch zusammengefaßt, ist in Deutschland rascher angenommen worden als im Ausland, wodurch auch die deutsche chemische Industrie in der Lage war, den Vorsprung der französischen und englischen einzuholen und in der Folge selbständig voranzugehen.

Wenn das in den drei letzten Jahrzehnten des vorigen Jahrhunderts glücklich ist, so hat Baeyers Lebenswerk einen Hauptanteil daran, der die Strukturtheorie seines Lehrers zu raschen Erfolgen geführt und durch vielseitige Forschungen experimentell begründet hat. Dabei galt es zunächst noch bedeutende Widerstände zu überwinden.

Baeyer faßt in seiner öffentlichen späteren Akademierede vom 25. 7. 1878 „Über Synthese“ auch die Quintessenz der Strukturlehre folgendermaßen zusammen: „Die Materie besteht aus baumförmig verzweigten Atomsystemen, Moleküle genannt, welche in gasförmigem Zustand isoliert, im flüssigen und festen dagegen einander genähert sind. Die analytische Chemie befaßt sich mit der Zerlegung größerer Systeme in kleinere, die synthetische baut dagegen aus kleineren größere auf und verfährt dabei wie der Architekt, nur daß statt des Mörtels die Anziehungskraft der Atome benützt wird. Je größer diese ist, desto fester wird das Gebäude sein, und desto mehr neue Teile werden sich ohne Gefahr des Zusammensturzes mit den alten vereinigen lassen. Durch eine solche Festigkeit der Bindung zeichnet sich vor allen Elementen der Kohlenstoff aus, und deshalb hat sich auch die chemische Synthese durch das Studium der Kohlenstoffverbindungen vorzugsweise entwickeln können. . . .

In der Geschichte der Pflanze haben wir ein abgerundetes Bild der chemischen Synthese vor Augen.

Das leicht beschwingte Grubengasmolekül besteht aus einem Atom Kohlenstoff und vier Atomen Wasserstoff.“

### *Jugend und Berliner Zeit*

Baeyer ist 1835 in Berlin als Sohn des Hauptmanns im Generalstab Jakob Baeyer, des späteren Generalleutnants und Begründers der europäischen Gradmessung, geboren. Seine Mutter Eugenie war die Tochter des Kriminaldirektors Hitzig, dessen Haus der literarische Mittelpunkt Berlins war. Dafür zeigte der Sohn später gar kein Interesse. Dagegen lassen sich seine Experi-

mentierneigungen bis ins achte Lebensjahr zurückverfolgen, mit neun Jahren erhielt er Stöckhardts „Schule der Chemie“ geschenkt, mit dreizehn Jahren entdeckte er ein neues Doppelsalz und kaufte sich für einen Geburtstagstaler ein Stück Indigo, um damit Versuche anzustellen.

Da es in Berlin kein Unterrichtslaboratorium für Chemie gab – sechzehn Jahre nach Liebigs Mahnschrift „Über den Zustand der Chemie in Preußen“! –, begann er einundzwanzigjährig das Studium der Chemie bei Großmeister ROBERT W. BUNSEN (1811–1899; Akademiemitglied 1854) in Heidelberg. Die ersten Forschungen führte er in Kekulés Privatlaboratorium in Heidelberg durch, dem er auch bei dessen Berufung nach Gent folgte. 1860 kehrte er nach Berlin zurück und habilitierte sich mit einer Arbeit über Harnsäure. Zu dieser war er durch den Industriellen Adolf Schlieper, einen Schüler Liebigs, angeregt worden, der ihm ein Kästchen mit Harnsäurederivaten eigener Darstellung überlassen hatte. Synthetisch suchte er Zwischenglieder zwischen Harnstoff und Harnsäure und fand u. a. die „Barbitursäure“ auf, die er nach seiner damaligen Liebe „Barbara“ so nannte. Diese Säure diente später Emil Fischer zum Aufbau des Veronals und ist noch heute Baustein vielbenützter Schlafmittel, eine Goldgrube der pharmazeutischen Industrie.

Bald bekam Baeyer in Berlin am Gewerbeinstitut eine neugegründete Lehrstelle für organische Chemie und damit ein Laboratorium. In diesem entwickelte er während zwölf Jahren mit zahlreichen Schülern eine Forschungstätigkeit auf dem Gebiet der organischen Chemie, die sich sehr erfolgreich neben der A. W. v. HOFMANNs, des Schwiegersohns und Schülers von Liebig, in dessen viel größerem Universitätslaboratorium behauptete. Indigo und Krappfarbstoff (Alizarin) wurden hier bereits bearbeitet. Baeyers Schülern GRAEBE und Liebermann gelang mittels der Baeyerschen Methode der Zinkstaubdestillation die Zurückführung des Alizarins auf dessen Stammsubstanz Anthracen und die folgende Synthese des Alizarins aus dem Anthracen des Steinkohlenteers. Diese Entdeckung begründete den Ruhm des Laboratoriums am Gewerbeinstitut und eroberte Neuland für die deutsche Farbenindustrie, die bis dahin in schwerem Anfang gegen die ausländische stand.

1868 hatte Baeyer die Tochter Lydia des Geheimrats Bendemann geheiratet, die ihm zuerst eine Tochter, dann zwei Söhne schenkte, die beide später Hochschullehrer wurden.

#### *Die Straßburger Jahre*

1872 erhielt Baeyer den Ruf als Ordinarius der Chemie an die neugewonnene deutsche Universität Straßburg, wo ihm ein schönes Laboratorium ge-



baut wurde. Dort stießen die nachmals berühmten Vettern Emil und Otto Fischer, zwei Rheinländer, zu ihm als Schüler, die ihn dann nach München begleiteten. Von später bedeutenden Industriechemikern sind aus jener Zeit E. ter Meer, J. Weiler, E. Hepp und C. Schraube, der nachmalige Entdecker der stabilisierten Diazoverbindungen und bedeutende Azochemiker der Badischen Anilin- und Soda-Fabrik, zu nennen. Mit Direktor H. Caro dieser Fabrik verbanden Baeyer in Freundschaft gemeinsame Arbeiten über Nitrosoverbindungen der Benzolreihe.

In der Straßburger Zeit wurden die schon in Berlin begonnenen Arbeiten über „Kondensationen“ fortgesetzt, von Baeyer so benannte Reaktionen, die unter Wasseraustritt zur Verkettung von Kohlenstoffverbindungen führen, wenn einerseits eine Carbonylgruppe ( $\text{>C=O}$ ), andererseits eine Methylen-  
gruppe ( $\text{H}_2\text{C}<$ ) miteinander reagieren. Die ersten derartigen Reaktionen wurden beim Aceton aufgefunden, beim Formaldehyd hat Butlerow eine ähnliche Fähigkeit beobachtet. Das veranlaßte Baeyer 1870, die interessante Hypothese aufzustellen, daß bei der Assimilation des Kohlendioxyds ( $\text{CO}_2$ ) in den grünen Pflanzen der Formaldehyd ( $\text{CH}_2\text{O}$ ) als primäres Reaktionsprodukt durch Reduktion auftrete.

Besonders fruchtbar für die Industrie wurden die Kondensationen von Aldehyden und von Phthalsäureanhydrid mit Phenolen wie das Fluorescein und sein Tetrabromderivat, das Eosin, ein Woll- und Seidenfarbstoff, der die natürlichen an Brillanz übertraf. Der industrielle Ausbau lieferte dann die ebenso farbprächtigen Rhodamine.

Kaum war Baeyer drei Jahre in Straßburg, da erreichte ihn 1875 der Ruf nach München. Liebig hatte zu Fakultätskollegen anerkennend über Baeyers Harnsäurearbeiten gesprochen.

#### *Das Münchener Laboratorium Adolf Baeyers*

Baeyers erste Arbeit in München war die Schaffung eines großen chemischen Unterrichtslaboratoriums der Bayerischen Akademie der Wissenschaften zusammen mit dem Architekten Professor Geul von der Technischen Hochschule München, da ja Liebig in München nur ein Privatlabor gehabt hatte. Liebigs Wohnung wurde für Baeyer großzügig umgebaut. Im Laborneubau wurde eine anorganisch-analytische und im Erdgeschoß eine organische Abteilung geplant, die Arbeitsräume sollten nur eine mäßige Größe erhalten, von kleineren Räumen für Geübtere wurde abgesehen, um den Verkehr unter den Praktikanten zu fördern. Dieses Laboratorium, in der Folge der weltberühmte Rahmen für viele Generationen von Chemikern, blieb jahrzehntelang das Muster für andere. Es wurde 1877 eröffnet.

Liebigs Schüler, der Extraordinarius Jakob Volhard (vgl. S. 153), der auf analytischem Gebiet Bedeutendes leistete, erhielt die Leitung der anorganisch-analytischen Abteilung, die der organischen übernahm Baeyer selbst, bis er sich mit siebenundfünfzig Jahren – 1892 – mehr ins Privatlaboratorium zurückzog und dort mit wenigen Mitarbeitern, darunter elf Jahre mit dem getreuen Schweizer Viktor Villiger, seine Forschungen durchführte. Damals wurde ein Extraordinariat für spezielle organische Chemie geschaffen, dessen Inhaber Baeyer jeweils die Leitung der organischen Abteilung des Laboratoriums übertrug. Als erster übernahm sie Professor Eugen Bamberger, ein Schüler A. W. v. Hofmanns, der 1883 zu Baeyer gekommen war. Ihm folgte 1893 der aus Halle berufene Volhard-Schüler JOHANNES THIELE, 1902 der aus der Münchner Schule hervorgegangene RICHARD WILLSTÄTTER, 1905 OTTO DIMROTH, ein Schüler Thieles wie dessen Nachfolger (1914) HEINRICH WIELAND.

Als Volhard zum Ordinarius in Erlangen berufen wurde, folgte ihm in der Leitung der anorganischen Abteilung 1879 EMIL FISCHER\* (1852–1919; Akademiemitglied 1880), der 1882 nach Erlangen berufen und durch Volhards Schüler Clemens Zimmermann ersetzt wurde. Ihm folgte 1885 Hans Freiherr von Pechmann, neben dem Gerhard Krüss ab 1887 einen selbständigen Teil der anorganischen Abteilung führte. Pechmanns Nachfolger wurde 1895 WILHELM MUTHMANN (1861–1913; Akademiemitglied 1903), der 1899 als Ordinarius für anorganische Chemie an die Technische Hochschule München ging. Er hatte ursprünglich als Assistent und Mitarbeiter von P. Groth kristallographisch über Schwefel und Selen gearbeitet, dann selbständig über chemische Verbindungen der gleichen Elemente, später über Cererden, über Auersche Glühkörper, über Absorptions- und Reflexionspektren seltener Erden. Auch die damals hochaktuelle Verbrennung des Luftstickstoffs zu Stickoxyden im Hochspannungsflammenbogen hat er bearbeitet. Sein Schüler E. Baur löste das Problem des Hochofengleichgewichts. Muthmann wurde 1903 ao., 1909 o. Mitglied unserer Akademie und starb schon 1913 nach langer Krankheit.

Muthmanns Nachfolger im Extraordinariat für analytische Chemie an der Universität wurde Baeyers Schwiegersohn Oskar Piloty. Auf Krüss folgte 1895 dessen Schüler Karl Andreas Hofmann, ein gebürtiger Ansbacher, dann Hofmanns Schüler Wilhelm Prandtl, als Hofmann 1910 Ordinarius an der Technischen Hochschule Charlottenburg wurde. Prandtl hat 1952 die Geschichte des Chemischen Laboratoriums der Bayerischen Akademie der Wissenschaften in ausgezeichnete Weise geschrieben (Verlag Chemie, Weinheim 1952), die auch hier vielfach als Quelle gedient hat.

Den größten Unterrichtserfolg im anorganischen Bereich hatte K. A. HOFMANN (1870–1940; Akademiemitglied 1906) durch seine intensive, fast täg-

liche Beschäftigung mit jedem Praktikanten, durch seine den Lehrauftrag des Extraordinariats für spezielle anorganische Chemie erfüllende Experimentalvorlesung, die vierstündig durch zwei Semester ging, und durch sein Lehrbuch der anorganischen Chemie. Hofmann sagte: „Bei der qualitativen Analyse sehe ich unbedingt, wer ein richtiger Chemiker wird.“ Hier zeigt sich nämlich, ob ein Student in Erscheinungen denken, sie scharf unterscheiden und sich an solche genau erinnern kann. Bei der späteren quantitativen Arbeit folgt dann die Erziehung zur peinlichen Präzision, das Sehen und Erfassen der Bruchteile von Milligrammen als Tröpfchen und Stäubchen.

Diese Einteilung der chemischen Erziehung stammt von Liebig. Der qualitative Lehrgang wurde in einem trefflichen Buch von Volhard dargestellt, von Prandtl noch ausgebaut, der quantitative von Pechmann. Die vielen Fragezeichen, die im „Volhard“ die Studenten zum Nachdenken anregten, sind heute bei uns als zu schulmäßig leider nicht mehr so beliebt, um so mehr in USA, wo sie sogar in den Lehrbüchern am Schluß der Abschnitte als theoretische Fragen und Aufgaben auftauchen.

Auf die anorganisch-analytische Ausbildung folgte die organisch-präparative und die Unterweisung in der Liebigschen Methode der Verbrennungsanalyse organischer Substanzen.

Es war ein großes Verdienst von Baeyer, in die chemische Ausbildung zwei Zwischenexamina eingebaut zu haben, das erste nach der anorganisch-analytischen, das zweite nach der organischen Ausbildung. Baeyer gründete 1897 den „Verband der Laboratoriumsvorstände“ und erreichte, daß diese beiden „Verbandsexamina“ an allen deutschen Universitäten eingeführt wurden. – Das zweite – vor der Doktorarbeit – führte den Namen „Doktorandum“, die Doktorarbeit galt immer als der wichtigste Teil des Unterrichts und wurde in engster Fühlung mit dem Doktorvater durchgeführt. Dadurch und durch das vorgeschaltete Doktorandum gab es bei den Doktorprüfungen fast nie unangenehme Überraschungen; in kaum einem anderen Fach kannte der Doktorvater seine Mitarbeiter so gut wie in der Chemie.

#### *Baeyers wissenschaftliche Arbeiten in München*

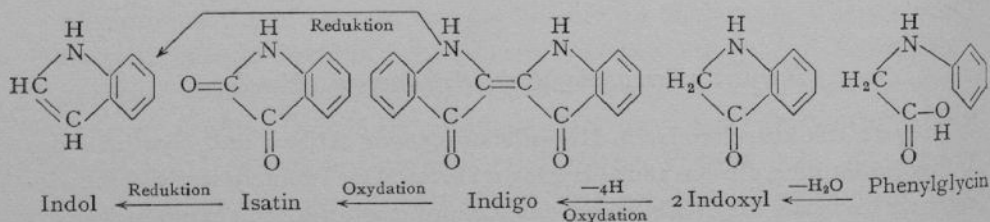
Baeyers strukturehemische Hauptleistung war Abbau und Synthese des Indigofarbstoffes, die von 1865 bis 1883 währten. Das Problem war viel schwieriger zu lösen als die Aufklärung des Krappfarbstoffes. Seit langem war als Oxydationsprodukt des Indigos das Isatin bekannt, dessen Eigenschaften Baeyer an das Alloxan seiner Harnsäurearbeiten erinnerte. In Berlin hatte Baeyer zur Herausschälung der Stammsubstanz des Indigos die Methode der Destillation über hochohitzten Zinkstaub entwickelt, die sowohl aus

1: Akademie-Festschrift II



Isatin wie aus Indigo durch Sauerstoffentzug das Indol lieferte, ein heterocyclisches Ringsystem, das außer acht Kohlenstoffatomen Stickstoff als Ringglied enthielt. Darüber berichtete Baeyer in der ersten Sitzung der Deutschen Chemischen Gesellschaft, die er 1867 mit A. W. Hofmann gründete. Schon 1869 schrieb er: „Man muß um zum Indigo zu kommen eine zweigliedrige Kohlenstoffkette und ein Stickstoffatom in den Benzolkern einführen und die beiden dann miteinander verbinden.“ Einige Jahrzehnte früher waren schon Anilin und Anilin-o-carbonsäure (Anthranilsäure) aus Indigo gewonnen worden, so daß die Anwesenheit eines Benzolkerns und eines Stickstoffatoms feststanden.

1870 gelang Baeyer und Emmerling die Partialsynthese des Indigos aus Isatin über das Isatinchlorid mit Phosphortrichlorid und gelbem Phosphor. In München folgten dann höchst elegante Totalsynthesen des Indigos nach obigem Gedanken aus o-Nitrozimtsäure, ferner aus o-Nitrobenzaldehyd und Aceton mittels Alkali, der schönste, bei Raumtemperatur gangbare Weg zum damaligen „König der Farbstoffe“. Baeyers Erfindungen auf diesem Gebiet hatten nur vorübergehend technischen und daher keinen finanziellen Erfolg, weil die Zwischenprodukte zu teuer waren. Aber sie regten weitere Erfinder an, die Synthese andersherum zu versuchen, nämlich zuerst eine Zweikohlenstoffkette mit dem Stickstoff der Anthranilsäure bzw. des Anilins zu verbinden und dann den Ringschluß zum Indoxyl zu bewirken. So entstanden die erste technische Synthese (Heumann, Badische Anilin- und Soda-Fabrik) vom Naphthalin über Phthalsäure, Anthranilsäure und Phenylglycin-o-carbonsäure und die zweite (Heumann, Pfleger und Farbwerke vorm. Meister, Lucius und Brüning) über Anilidoessigsäure (Phenylglycin) zum Indoxyl. Zwei Indoxylmoleküle wurden dann mittels Luftsauerstoff unter Aboxydation von 4 Atomen Wasserstoff zum Indigo zusammengesweißt. Im Anschluß an das Indol stellte Baeyer auch für das als Nebenring im Indol enthaltene Pyrrol und für das Furan die noch heute gültigen Formeln auf.

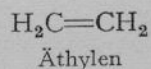
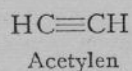


Von Kolbe in Leipzig wurde die Baeyersche Indigoformel als „Indigo à la Regenschirm“ verspottet, auch Wilhelm Ostwald, der große Physikochemiker, stand der Strukturlehre lange skeptisch gegenüber.

Die Baeyersche Indigosynthese hat die Lehre von der Ringschließung, sein Studium des Isatins die Lehre von der Desmotrop-Isomerie, die Erscheinung der reversiblen Umlagerung einer Verbindung in eine andere unter Wanderung eines Wasserstoffatoms begründet. Daraus geht die allgemeine Bedeutung der Baeyerschen Indigoarbeiten für die organische Chemie und der auch heuristische Wert der Strukturlehre klar hervor.

In der Folge wurde der Indigo zur Stammsubstanz einer großen Farbstoffklasse, besonders als Baeyers Schüler Paul Friedlaender in Wien die Synthese des blauroten Thioindigo glückte, in dem die zwei NH-Gruppen des Indigos durch Schwefelatome ersetzt sind.

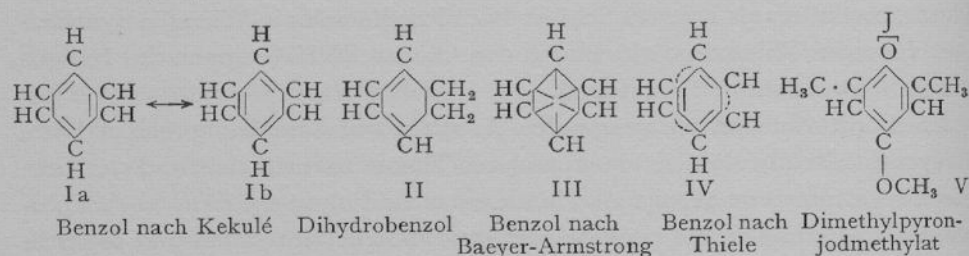
Erschöpft von den anstrengenden Arbeiten auf dem Indigogebiet hatte Baeyer das Bedürfnis, sich einem anderen Thema zuzuwenden, und studierte die Verkettung von Acetylenverbindungen zu Polyacetylenen, hochexplosiven Verbindungen, die heute wieder stark bearbeitet werden und sogar in der Natur aufgefunden worden sind. Der Energiereichtum der Diacetylene führte Baeyer dazu, in Verbindungen mit dreifacher und doppelter Kohlenstoff-Kohlenstoff-Bindung wie Acetylen und Äthylen eine besondere Spannung anzunehmen.



Die sogenannte „Spannungstheorie“ von Baeyer fußte auf dem Tetraedermodell des Kohlenstoffs. Die vier Kohlenstoffvalenzen wirken auf andere Atome in der Richtung der Ecken eines Tetraeders, in dessen Mittelpunkt das Kohlenstoffatom steht. Zwei solche Richtungen schließen einen Winkel von  $109^\circ 28'$  ein. Wenn zwischen zwei Kohlenstoffatomen wie im Äthylen eine doppelte Bindung entsteht, dann werden nach Baeyer beide Bindungen von der natürlichen Lage um  $54^\circ 44'$  abgelenkt. Dadurch entsteht eine Spannung, die erhöhte Reaktionsfähigkeit der Verbindung zur Folge hat. Auch in Ringsystemen von drei oder vier Kohlenstoffatomen besteht noch eine, wenn auch geringere Spannung als bei der Kohlenstoffdoppelbindung (dem Kohlenstoffzweiring). Erst beim Kohlenstoff-Fünfring kann sich der normale Tetraederwinkel betätigen, daher dessen große Bildungstendenz und Beständigkeit.

In den Jahren 1888–1893 führte Baeyer neun große Arbeiten über die „Konstitution des Benzols“ durch. Er studierte an Dicarbonsäuren des Benzols, besonders der Terephthalsäure, mittels Natriumamalgams die schrittweise Aufnahme von Wasserstoff an den Doppelbindungen dieses Ringsystems. Das Benzol, das nach Kekulé drei Doppelbindungen enthält, die gemäß den Formeln Ia und Ib oszillieren, war als verhältnismäßig reaktionsträge – ver-

glichen mit dem Äthylen – bekannt. Baeyer lenkte die Aufmerksamkeit darauf, daß bei dem um zwei Wasserstoffatome reicheren Dihydrobenzol (II) ein „Sprung in den Eigenschaften“ bemerkbar ist, weil dann die verbleibenden zwei Doppelbindungen genau so leicht Brom addieren wie Äthylen. Dieser Befund veranlaßte ihn, wie Armstrong im Benzol eine zentrische Absättigung der vierten Wertigkeiten der sechs Kohlenstoffatome innerhalb des Ringes anzunehmen (III).



Thiele hat später in Baeyers Laboratorium ohne solche Spezialannahme eine ausgezeichnete Erklärung (IV) für die Reaktionsträgheit des Benzols gegeben, auf die wir später zurückkommen. Sie war nicht zuletzt durch Baeyers Arbeiten vorbereitet.

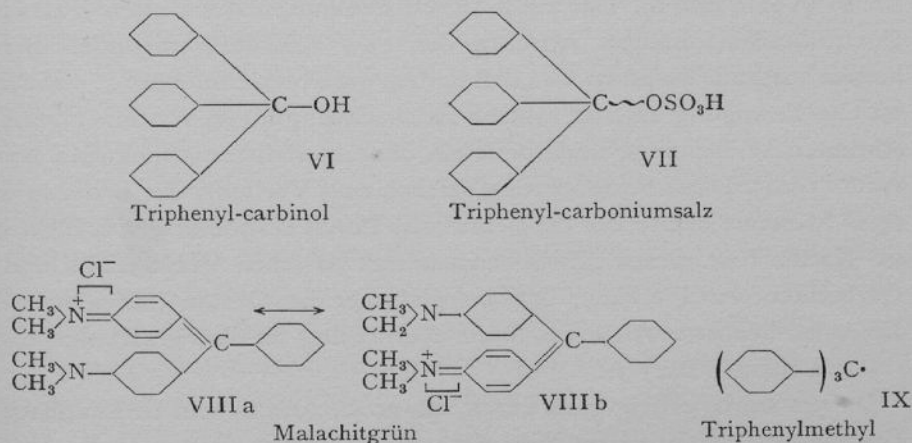
In den Jahren 1893–1899 veröffentlichte Baeyer gemeinsam mit Victor Villiger fünfundzwanzig „vorläufige Mitteilungen“ über Ortsbestimmungen in der Terpenreihe. Die Kenntnis der ätherischen Öle wurde dadurch beträchtlich erweitert. Die Konstitution des Terpinolens wurde geklärt, in dem bicyclischen Ringsystem des Pinens (Terpentinöl) wurde ein dem Sechsring verbundener Kohlenstoff-Vierring nachgewiesen. Auch Übergänge zum Dreiring und Siebenring wurden aufgefunden. Im Kohlenstoff-Sechsring wurde die cis-trans-Isomerie aufgefunden, wie sie bei Äthylenderivaten schon bekannt war. Allgemein methodische Bedeutung hat die Ringaufspaltung cyclischer Carbonylverbindungen wie des Ketons Menthon zu Lactonen durch Carosche Säure ( $\text{HOOSO}_3\text{H}$ ) gewonnen.

Die Beschäftigung mit der Caroschen Säure hat Baeyer zu der analog gebauten Benzopersäure ( $\text{HOOCOC}_6\text{H}_5$ ), ebenfalls einem Abkömmling des Hydroperoxyds, geführt, die auch als Primärprodukt der Autoxydation des Bittermandelöls (Benzaldehyd) gefaßt wurde. Die Äthylierung des Hydroperoxyds führte zu dessen Mono- und Diäthylderivat.

Um die Jahrhundertwende wurden zwei valenzchemisch bedeutsame Entdeckungen gemacht: Gomberg fand ein in Lösung zum Teil freies organisches Radikal mit dreiwertigem Kohlenstoff, das gelbe luftempfindliche Triphenylmethyl (IX), das mit dem farblosen dimolekularen Hexaphenyläthan im Gleichgewicht steht. Collie und Tickle entdeckten im Dimethylpyronhydro-



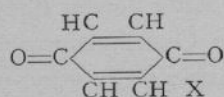
chlorid ein Salz des vierwertigen Sauerstoffs, der bisher als streng zweiwertig galt. Die Annahme des vierwertigen Sauerstoffs behagte Baeyer zunächst gar nicht. Bei einer anderen Frage äußerte er zu Thiele: „Das ist unmöglich. Das wird niemand glauben, außer vielleicht Herr Willstätter. Der glaubt aber auch an die Vierwertigkeit des Sauerstoffs.“ Sehr bald aber fesselte Baeyer die Frage so, daß er sie mit Villiger auf breiter Basis bearbeitete. Es zeigte sich, daß der Sauerstoff in allen seinen organischen Verbindungen (mit Ausnahme der Peroxyde) basische Eigenschaften besitzt, die sich durch die Bildung schwerlöslicher Salze mit komplexen Säuren wie Ferrocyanwasserstoff- oder Cobaltcyanwasserstoffsäure nachweisen lassen. Damit war die Theorie der Oxoniumverbindungen mit vierwertigem Sauerstoff breit begründet. Noch im höchsten Alter bewies Baeyer, daß dem Dimethylpyronjodmethylat eine benzolartige Oxoniumformel (V) zukommt, weil es sich durch Ammoniak in 4-Methoxy-2,6-dimethyl-pyridin überführen läßt. V ist das einfachste Modell für die damals von Willstätter bereits als Oxoniumsalze erkannten Blütenfarbstoffe (S. 181).



Eine groß angelegte Arbeitsreihe begann Baeyer mit Villiger über die Beziehungen zwischen Konstitution und Farbe unter dem Titel „Triphenyl-carbinol und Dibenzalacetone“. Er bewies damit die basischen Eigenschaften des Kohlenstoffs. Gombergs Radikal Triphenylmethyl betrachtete er als „zusammengesetztes Metall“, seine Hydroxylverbindung, das farblose Triphenyl-carbinol (VI) als verknappte potenzielle Base. Chlorwasserstoff bildet damit ein farbloses Chlorid, das aber durch Aluminium- oder Quecksilberchlorid in gelbe Doppelsalze übergeht. Die Sauerstoffsäuren wie Schwefelsäure oder Überchlorsäure bilden an sich schon gelbe „Carboniumsalze“ und enthalten nach Baeyer eine „ionogene Bindung“, die er durch eine Zickzacklinie andeutete (VII). Die Erscheinung der Farbvertiefung durch Salzbildung nannte

er „Halochromie“. Die drei Benzolkerne verleihen dem zentralen Kohlenstoff die basischen Eigenschaften, die durch den Eintritt p-ständiger Methoxygruppen noch gewaltig gesteigert werden (Potenzengesetz).

Für die wichtigsten und ältesten basischen Farbstoffe der Triphenylmethanreihe nahm Baeyer im Gegensatz zu Rosenstiel (Paris) keine Carboniumstruktur an, sondern blieb bei der ursprünglichen chinoiden Formulierung, bei der das Halogenion dem doppelt gebundenen Imoniumstickstoff zugehört (VIII). Das Chinon (X) war von Graebe und später Nietzki als wichtige farbgebende Komponente z. B. im Alizarin und anderen Farbstoffen angenommen worden. Baeyer griff aber der theoretischen Entwicklung um fünfundzwanzig Jahre vor, indem er im Malachitgrün ein abwech-



selndes Chinoid werden der zwei Stickstoffatome tragenden Benzolringe annehm (VIIIa und b). Das sollte durch Oszillation der vierten Valenz des Zentralkohlenstoffatoms zwischen den zwei Stickstoff tragenden Benzolkernen zustande kommen, so „daß in dem gefärbten Molekül . . . eine rhythmische Bewegung eintritt, welche Ätherschwingungen von einer ganz bestimmten Wellenlänge und somit ein charakteristisches Spektrum hervorruft“ (1904). Diese Formulierung erscheint als Vorläufer der heute so wichtigen Mesomerielehre, die die tiefe Farbe durch Wanderung von Elektronen im Kation bzw. einem „Zwischenzustand“ zwischen VIIIa und b und der Carboniumformel erklärt, der energieärmer ist als die „Grenzformeln“. Diese im höchsten Alter geschaute Auffassung ist eine großartige theoretische Leistung Baeyers.

Baeyer starb, geistig ganz frisch, am 20. 8. 1917 in seinem Landhaus am Starnberger See in einem Schwächeanfall, bis zuletzt umsorgt von seiner Tochter Eugenie Piloty, die noch zuletzt ein vorzügliches Porträt des greisen Forschers gemalt und unserer Akademie geschenkt hat.

#### *Baeyers Persönlichkeit*

Baeyer hat sich als Nachfolger des Gießener, nicht des Münchener Liebig gefühlt, weil Forschung und Unterricht im Laboratorium seine Lebenserfüllung war. Seine Forschungsweise stand in schärfstem Gegensatz zu der von Liebig und Kekulé, die meist mit fertig geformten Vorstellungen an die Natur herantraten. Kekulé interessierte, ob das Verhalten der Stoffe seinen Ideen entsprach. War das nicht der Fall, dann wurden die Stoffe, nicht die

Ideen verworfen. Dagegen sagte Baeyer: „Was macht den großen Naturforscher aus? Er soll nicht herrschen, sondern horchen, er soll sich dem Gehorchten anpassen und sich nach ihm ummodelln. . . . So haben es schon die alten Empiriker gehalten: sie haben ihr Ohr an die Natur gelegt. Das Gleiche tut der moderne Naturforscher, und auch ich habe es versucht. Es übt eine ganz besondere Wirkung auf die Menschen aus, wenn sie sich der Natur nähern. Sie entwickeln sich dann ganz anders als jemand, der mit einer vorgefaßten Idee der Natur gegenübertritt. . . . Meine Versuche habe ich nie angestellt, um zu sehen, ob ich recht hatte, sondern um zu sehen, wie die Körper sich verhalten. Aus dieser Veranlagung stammt auch meine Gleichgültigkeit gegen Theorien. . . . Ich bin niemals eigensinnig auf einem bestimmten Standpunkt geblieben, wenn er sich mit den Tatsachen nicht mehr vereinigen ließ.“

Über fünfzig Hochschullehrer sind aus Baeyers Laboratorium hervorgegangen, wessen sich keine andere Schule rühmen kann. Wo liegt das Geheimnis dieser Schulebildung? Geniale Gedanken wie die Kekulés lassen sich nicht übertragen. Man hat sie oder man hat sie nicht. Kekulés Gedanke reichte für Jahrzehnte und setzte Baeyer instand, die organische Chemie vierzig Jahre lang zu führen. Wenn er sich trotzdem mehr als Autodidakt denn als Schüler Kekulés fühlte, so liegt das in der oben geschilderten anderen Einstellung gegenüber der Natur, in der Forschungsmethode Baeyers begründet. Diese ließ sich sehr wohl auf Schüler übertragen, man konnte die Mitarbeiter zu dieser Einstellung erziehen und sie damit die Kunst der unvoreingenommenen Beobachtung, des geduldigen Experiments lehren. Baeyer konnte einen Reagenzglasversuch durch eine halbe Stunde oder noch viel länger fortführen und hat viele seiner Entdeckungen im Reagenzglas gemacht.

Als einmal Professor Anschütz aus Bonn kam und Baeyers letzte Arbeit bewunderte mit der Bemerkung: „Sie haben aber auch ganz besonderes Glück!“, da antwortete Baeyer: „Ich habe nicht mehr Glück wie Sie, aber ich probiere mehr wie Sie.“ Als Fittig, Baeyers Nachfolger in Straßburg, einmal Baeyer besuchte, klagte ihm dieser, daß er gerade so viel Versuche mache, die alle negativ verlaufen. Darauf Fittig: „Wie, Sie machen negative Versuche? Ich habe nie einen negativen Versuch gemacht.“

Es war Baeyer gegeben, die Begabten ausfindig zu machen, auch wenn einer, wie von Pechmann, zeitweise wenig im Laboratorium erschien und dann im Zylinder ankam. Er ermahnte dazu, nicht leichte Arbeiten zu machen, sondern gerade auch schwierige Fragen anzupacken, wie sein Beispiel es lehrte. Dabei ließ er sich von zufälligen Anregungen, interessanten Naturprodukten, rätselhaften Reagenzglasbeobachtungen für die Wahl seiner Themen leiten. Er war Empiriker, kein großer Planer am Schreibtisch oder



Organisator der Forschung mit vielen Mitarbeitern, worin Emil Fischer, Richard Willstätter, Heinrich Wieland und Hans Fischer hervorragten. Ihm lag daran, einfache chemische Vorgänge an zugänglichen Produkten des Handels zu erforschen. Baeyer war wie viele große Naturforscher nach Phantasie und Temperament ein Künstler. Baeyer hat nie ein Buch geschrieben und schätzte das auch in seiner Umgebung nicht.

In seiner Vorlesung war ihm GUSTAV DIRICHLET, der Berliner Mathematiker, den er im ersten Semester gehört hatte, Vorbild in der Einfachheit und Ruhe seines Vortrags, dem die Hörer ebensogut folgen konnten wie den Experimenten. Die Vorlesung war auch von Humor gewürzt, doch verzog er dabei kaum eine Miene, um den Hörern wenigstens die geistige Arbeit zuzuschieben, die das Bemerken des Witzes bedeutet.

In seiner Rektoratsrede am 26. 11. 1892 gibt Baeyer den „teueren Kommilitonen“ folgendes zu bedenken, was heute erst recht aktuell erscheint: „Das Schwierigste ist die Wahl des Berufes“, hört man die Eltern immer klagen. Ich glaube, der Fehler liegt in unseren Lebensgewohnheiten, an dem Umstand, daß die Menschen viel zu häufig beisammen sind. Das junge Gehirn muß Ruhe haben, wenn es Interesse an etwas gewinnen soll, das ältere Kind muß möglichst viel allein sein. Wenn man die Jugendgeschichte fast aller bedeutenden Gelehrten verfolgt, wird man finden, daß sie die Einsamkeit gesucht haben; sollte das nicht ein Fingerzeig sein, wie man überhaupt bei der Erziehung für den gelehrten Beruf zu verfahren hat?“ Dann teilte Baeyer die Selbstbeobachtungen von HELMHOLTZ mit, unter welchen Umständen ihm gute Gedanken kamen. Völlig freie Beherrschung des Stoffes und nach dessen Erwerb eine Stunde vollkommener körperlicher Frische – am Morgen oder bei einem Spaziergang – sind gute Voraussetzungen für wissenschaftliche Einfälle.

Noch mehr als der Gelehrte Baeyer wirkte seine Persönlichkeit, er war ein wirklich großer Mann von imponierender Erscheinung mit eindringenden leuchtenden blauen Augen. Darin spiegelten sich wie in einem ruhigen Havelsee alle Erscheinungen unverfälscht wider. Er wirkte durch seine Ruhe, Einfachheit, Klarheit und Tiefe. Menschenkenntnis und Strenge war ihm eigen, aber Wohlwollen gegenüber jüngeren Gelehrten, denen er ihren künftigen Beruf als leuchtendes Beispiel vorlebte in der Hingabe an Forschung und Unterrichtspflichten. Die Zurückhaltung Baeyers bezüglich der Annahme von Doktoranden und sein Rat haben die jüngeren Forscher sehr gefördert. Dieser Rat konnte beim jungen Baeyer sehr intensiv sein: „Graebe, Sie sind mein Assistent, ich befehle Ihnen, Alizarin über Zinkstaub zu destillieren.“ Graebe hatte zuerst keine Lust gezeigt, weil die Methode ja Baeyers Eigenstes war, womit er aus Indigo Indol erhalten hatte. Baeyer sah man nie

in Eile. Er konzentrierte sich auf das ihm Gemäße, auf das Wesentliche und Wichtige. Daher war er auch mit achtzig Jahren noch nicht verbraucht, den Ferien ließ er ihren Zweck der Erholung und Sammlung. Verletzende Polemik wie Liebig kannte er nicht, er war immer zurückhaltend und vornehm. Die großen Geselligkeiten seiner Frau nach Berliner Muster schätzte er nicht, darüber existieren lustige Anekdoten. Im Labor war er zusammen mit seinem Inspektor Fehl streng auf Ordnung bedacht, im Hause ließ er aber seine Frau Lydia regieren. Nach sechs Uhr abends und in den Ferien herrschte auch für die Doktoranden Arbeitsruhe.

Im Baeyerschen Laboratorium lebte immer, wie auch später, ein kameradschaftlicher fröhlicher Arbeitsgeist, der sich auch außerhalb der Laborzeit in Geselligkeit und – bei Berufungen von Dozenten nach auswärts – in umfangreich vorbereiteten Festakten mit Aufführungen auswirkte, bei uns Kommerse genannt. Dabei wurden die zu Feiernden manchmal kräftig aufs Korn genommen. Professor Koenigs wirkte als Protektor solcher Unternehmungen und lud vorher die produktiven Kräfte zu einem guten Abendessen und trefflichem Wein ein, damit der Humor auch Nahrung und Sammlung finde und gegenseitige Anregung und Ergänzung der Einfälle Platz greife.

#### *Die jüngeren Forscher um Baeyer*

haben zum Teil wesentlich die Atmosphäre des Laboratoriums und die Entwicklung der Chemie mitbestimmt. Hier können nur einige herausgegriffen werden, eine vollständige Übersicht findet man in Prandtls Geschichte des Laboratoriums der Bayerischen Akademie der Wissenschaften. Bei den Mitgliedern der Akademie ist die Jahreszahl ihrer Wahl in Klammern beige setzt.

WILHELM KOENIGS\* (1851–1906; Akademiemitglied 1896), ein wohlhabender Rheinländer, Schüler Kekulés, kam 1876 zu Baeyer, habilitierte sich 1881 und blieb jahrzehntelang Baeyers Freund und Berater, der gute Geist des organischen Laboratoriums. Er war außerplanmäßiger Professor, nahm kein Amt an, sein Spezialgebiet waren die Alkaloide, besonders Chinin. 1905 zu Baeyers siebzigstem Geburtstag stiftete er 100000 Mark, deren Zinsen die Akademie zur Unterstützung der Forschungen am Staatslaboratorium vergeben konnte.

Die Vettern Emil und Otto Fischer setzten einen Markstein in der Chemie der basischen Triphenylmethanfarbstoffe, indem sie das Rosanilin, die Stammsubstanz des in Frankreich entdeckten Fuchsins, über die dreifache Diazoverbindung zum Triphenylmethan abbauten und so das Kohlenstoffskelett dieser Farbstoffklasse sicherten. OTTO FISCHER (1852–1932; Akademiemitglied 1884) fand 1877 die Synthese der Leukoverbindung des

Bittermandelölgrünes, heute Malachitgrün (S. 165 Formel VIII), aus Benzaldehyd und Dimethylanilin, des damals tiefstgefärbten künstlichen Farbstoffs, der die deutsche Farbenindustrie mächtig anregte.

EMIL FISCHER\* (1852–1919; Akademiemitglied 1880) hatte in Straßburg das Phenylhydrazin entdeckt, das Reagenz, mit dem er in der Folge in Würzburg die Systematik der Zuckergruppe in umfassenden Forschungen begründen konnte. Bei der Harnsäure glückte ihm die Vollendung der Synthese und die Reduktion zur Stammsubstanz, dem Purin. Seine biochemische Arbeitsrichtung setzte sich später in Berlin fort in bahnbrechenden analytischen und synthetischen Arbeiten über Eiweiß und über Gerbstoffe.

Gerhard Krüss las erstmalig in München über Physikalische Chemie und führte das Studium der seltenen Erden in München ein, das sich über K. A. Hofmann und Wilhelm Prandtl bis in die jüngste Vergangenheit erhalten hat. HOFMANN (1870–1940; Akademiemitglied 1906) beteiligte sich um die Jahrhundertwende erfolgreich an der Erforschung der Radioaktivität, indem er das Radium D in der Pechblende entdeckte. Auch arbeitete er über seltene Erden und stellte erstmals das Erbium rein dar. Ein Lieblingsgebiet von ihm waren Komplexverbindungen (s. S. 172). Er klärte den Zusammenhang zwischen Berlinerblau und Turnbullblau und studierte die Anlagerung von Quecksilbersalzen an ungesättigte organische Verbindungen. 1906 wurde er Mitglied der Bayerischen, 1925 Mitglied der Preußischen Akademie der Wissenschaften.

W. Prandtl wurde nach zwei Industriejahren in Aussig Assistent am Institut für Angewandte Chemie in München, das zuerst Albert Hilger, dann THEODOR PAUL unterstand, der die lebensmittelchemische Forschung sehr vorantrieb (s. S. 217). Prandtls wissenschaftliche Arbeiten galten zunächst dem Vanadin und seiner Atomgewichtsbestimmung, ferner heteropolysauren Salzen und dann jahrzehntelang der Reinstdarstellung seltener Erden in vielen hundert Kristallisationen. Sein Schüler Benno Bleyer kam zur Habilitation und wurde später der verdiente Direktor des Universitätsinstituts für Pharmazie und Lebensmittelchemie.

Oskar Piloty, als Sohn des berühmten Historienmalers 1866 in München geboren, hat bald nach der Promotion Baeyers Tochter Eugenie geheiratet, sich dann bei Emil Fischer in Berlin habilitiert mit bemerkenswerten Arbeiten über Nitrosoverbindungen. Seine Synthese des ersten Radikals mit 4wertigem Stickstoff (1903) wird bei Wielands einschlägigen Arbeiten besprochen. Sein Hauptarbeitsgebiet war die Aufklärung des Blutfarbstoffs durch reduktive Spaltung mit naszierendem Wasserstoff. Dabei gelang ihm die Isolierung der beiden Pyrrolkerne, die Propionsäurereste tragen (siehe auch Hans Fischer Seite 212).

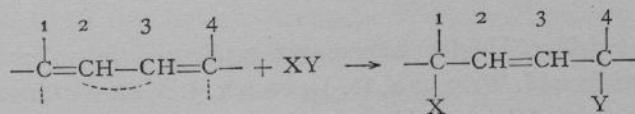


Selbständige Saalleiter in der analytischen Abteilung Pilotys waren der Konservator Ludwig Vanino, ein trefflicher Pädagoge, ursprünglich Apotheker, der sehr erfolgreiche Forschungen über sulfidische Leuchtfarben durchführte, und Pilotys Schüler WILHELM SCHLENK, der die Chemie des dreiwertigen Kohlenstoffs in hervorragender Weise ausbaute. Im Triphenylmethyl Gombergs (S. 165 Formel IX) ersetzte er schrittweise die drei Benzolreste durch solche des Diphenyls



wobei Farbvertiefung über Rot bis Violett eintrat. Das Tri-diphenylmethyl erwies sich als ein violetter, höchst sauerstoffempfindlicher monomolekularer Kohlenwasserstoff mit dreiwertigem Kohlenstoff, der kaum mehr Assoziationsneigung zum Hexa-diphenyläthan zeigt. In der kalten Benzollösung des Triphenylmethyls waren dagegen nur 3% als freies Radikal, 97% als Hexaphenyläthan im Gleichgewicht enthalten. Auch Schlenks Entdeckung der Metallketyle bereicherte und befestigte die Chemie des dreiwertigen Kohlenstoffs, ein damals höchst aktuelles Gebiet.

Eine der stärksten wissenschaftlichen Persönlichkeiten der Baeyer-Zeit war JOHANNES THIELE (1865–1918; Akademiemitglied 1901), der sich bei Volhard in Halle habilitiert hatte und von Baeyer als Nachfolger Bambergers nach München geholt wurde. Durch die Darstellung des Nitramids, des Nitro- und Amino-guanidins besaß er bereits einen Ruf als hervorragender Experimentator. Es war ein besonders großes Verdienst Baeyers, die Berufung dieses Forschers nach München veranlaßt zu haben; denn ab 1899 entwickelte er, auf umfangreiche feine Experimentalarbeiten mit vielen Mitarbeitern gestützt, seine Theorie der „Partialvalenzen“ an konjugierten, d. h. nachbarständigen Kohlenstoffdoppelbindungen und zeigte, daß solche Systeme an den Endatomen 1 und 4 Wasserstoff, Halogenwasserstoff oder Halogen aufnehmen können.



Am System zweier konjugierter Doppelbindungen deutete Thiele die freien Partialaffinitäten durch punktierte Gerade in 1,4-Stellung an, während sich die benachbarten Partialaffinitäten der Kohlenstoffatome 2 und 3 gegeneinander absättigen können (punktierter Bogen). Die Addition eines Addenden XY erfolgt dann meist in 1,4-Stellung unter Entstehung einer neuen Doppelbindung in 2,3-Stellung, die durch die vorher schon be-

stehende mehr als einfache Bindung (Bindestrich und punktierter Bogen) vorbereitet war. Das Wesentliche bei Thieles Theorie war die Annahme der Teilbarkeit der Kohlenstoffvalenz. Durch eine Kohlenstoffdoppelbindung ist keine doppelt so starke Bindung erzielt wie durch eine einfache, ein Restbetrag bleibt unabgesättigt. Damals, als man noch nicht wußte, was die chemische Bindung zwischen Kohlenstoffatomen ist, war das eine vorwärts weisende Tat. Fünfundzwanzig Jahre später gelang es auch auf thermochemischem Weg, den Unterschied zwischen zwei einfachen und einer Doppelbindung numerisch festzulegen (Fajans). Heute weiß man, daß die erste Bindung zwischen zwei Kohlenstoffatomen durch  $\sigma$ -Elektronen, die zweite durch  $\pi$ -Elektronen bewerkstelligt wird. Thiele verglich ein System konjugierter Doppelbindungen noch grob mit einem Magnetstab, der auch nur an den Polen Eisenfeilspäne anzieht. Später hat R. Kuhn Systeme von vielen konjugierten Doppelbindungen kennen gelehrt, die sich ebenfalls Thieles Additionsregeln fügen.

Thiele konnte mit seiner Theorie auch eine vorzügliche Erklärung für die verhältnismäßige Beständigkeit des Benzols gegen Brom geben, indem er die Kekulé'sche Benzolformel mit drei Doppelbindungen durch Annahme der peripheren Absättigung der Partialvalenzen vervollkommnete (s. S. 164 Formel IV). Einen Schritt weiter machte er noch mit der Vorstellung, daß alle sechs C-Atome des Benzols gegen ihre Nachbarn gleich (und zwar eineinhalbfach) gebunden sind, eine Auffassung, die in der Ramanspektroskopie des Benzols bestätigt worden ist.

Johannes Thiele war eine verhältnismäßig einfach konstituierte Persönlichkeit von enormer Arbeitskraft, fähig, seine Schüler in hohem Maße zu begeistern. Als er 1902 als Ordinarius nach Straßburg ging, zeigte sich bald, daß er in der unerhört intensiven Münchner Arbeitsleistung seine Kräfte weitgehend verbraucht hatte. Auch war er enttäuscht darüber, daß konjugierte Doppelbindungen nicht unbedingt nach seiner Theorie in 1,4-Stellung addieren müssen, sondern manchmal auch in 1,2-Stellung addieren können.

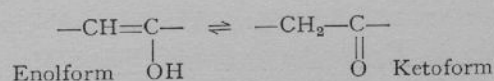
Zahlreiche Schüler Thieles haben mit großem Erfolg die akademische Laufbahn ergriffen: H. WIELAND, O. DIMROTH, J. MEISENHEIMER, W. MANCHOT, Fr. Straus, E. Weitz und St. Gambarjan.

Auf anorganischem Gebiet entwickelte parallel mit Thiele um 1900 Alfred Werner in Zürich zur Erklärung der sog. Komplexverbindungen seine stark räumlich betonte Theorie der Nebenvalenzen. Nach ihr verfügen heteropolar gebaute Verbindungen wie die Salze, z. B. Kupfer (II)-chlorid  $\text{Cu}^{++} \text{Cl}^- \text{Cl}^-$  am Metallion noch über ein additionsfähiges Zentrum. Auch hier ist also wie bei den homöopolaren Kohlenstoffverbindungen

Thieles noch kein völliger Valenzausgleich zustande gekommen. Die Metallionen können noch fertige Moleküle wie Wasser, Ammoniak, Harnstoff durch „Nebervalenzen“ zu Komplexverbindungen binden, wobei diese Liganden bevorzugt in den Zahlen 2, 4, 6 und 8 auftreten und räumlich regelmäßig um das metallische „Zentralatom“ gelagert sind. Die Theorien von Thiele, Werner und Gomers freies Radikal-Triphenylmethyl mit dreiwertigem Kohlenstoff leiten eine neue valenz-theoretische Forschungsperiode der Chemie ein. Baeyer und die bisherigen Forscher um ihn hatten sich vor allem dem Ausbau und der Bestätigung der Kekulé'schen Strukturlehre gewidmet. – Als dritte große Arbeitsrichtung der organischen Chemie entwickelt sich – etwas breiter ab 1910 – der Vorstoß in das Gebiet der Biochemie. Er wurde zuerst von Emil Fischer (s. oben S. 140) geführt, dann von R. Willstätter, H. Wieland und O. Warburg.

Von Thieles Nachfolgern im Extraordinariat für spezielle organische Chemie werden Richard Willstätter und Heinrich Wieland später besprochen, da sie als Nachfolger Baeyers nach München zurückkehrten. Zwischen beiden steht als Extraordinarius

OTTO DIMROTH (1872–1940; Akademiestandmitglied 1929), ein gebürtiger Münchner. Ihm war bei R. E. Schmidt in den Farbenfabriken vorm. Bayer die Darstellung grüner Farbstoffe der Anthrachinon-Reihe gelungen, später als Assistent und Dozent in Tübingen die Einführung von Quecksilber als Substituent in den Benzolkern, die später für Saatbeizen Bedeutung gewann. Seine Münchner Arbeiten klärten den damals noch vielbenützten Farbstoff der Cochenille, die Carminsäure, und die Kermessäure weitgehend als Naphthalinderivate auf. Als physikalisch-chemisch besonders begabten Organiker interessierte ihn die Abhängigkeit der Gleichgewichtskonstanten von sich ineinander umlagernden (desmotropen) Keto-Enol-Systemen



von der Löslichkeit der beiden Komponenten, die er in einer einfachen Funktion darstellen konnte. Auch drang er mit wichtigen Ergebnissen in das noch sehr dunkle Gebiet der Beziehungen zwischen chemischer Verwandtschaft und Reaktionsfähigkeit vor. Dimroth wurde 1913 Ordinarius in Greifswald, 1918 in Würzburg, 1929 korrespondierendes Mitglied unserer Akademie. Drei seiner Schüler sind heute als Ordinarien tätig: sein Sohn Karl Dimroth, Stefan Goldschmidt und Rudolf Criegee.

Alfred Einhorn, vorübergehend Dozent in Aachen und Darmstadt, blieb ohne Dozententätigkeit jahrzehntelang am Laboratorium Baeyers als privater Forscher in Fühlung mit den Farbwerken Hoechst tätig und beschäf-



tigte eine sehr große Zahl von Mitarbeitern auf dem Gebiet der natürlichen (Cocain) und künstlichen Lokalanaesthetica. Seine größte Leistung war die Erfindung des noch heute vielbenutzten unentbehrlichen Novocains, in dem einige Strukturmomente des Cocains in einfacher, sinnreicher Weise vom Benzol aus verknüpft sind.

Unter Baeyer habilitierten sich noch drei Schüler Willstätters: Rudolf Pummerer (1911), Ludwig Kalb (1912) und Jean Piccard (1914), ferner Kurt H. Meyer (1911), ein Schüler von Zincke und Hantzsch. Da außerdem noch Schlenk, die außerplanmäßigen Professoren Dieckmann und Wieland sowie die Extraordinarien Dimroth und Piloty und Altmeister Baeyer selbst auf organischem Gebiet arbeiteten, zeigten gerade die letzten Jahre von Baeyers Laboratoriumsleitung noch ein unerhört reiches wissenschaftliches Leben, das zu vielfacher wechselseitiger Anregung Anlaß gab, an der auch die greise „Excellenz“ da und dort tätigen Anteil nahm. Es war für jeden Beteiligten eine unvergeßliche Zeit.

#### Literatur

A. v. Baeyer, Erinnerungen aus meinem Leben, S. VII–LV.

R. Willstätter, Aus meinem Leben: Adolf Baeyer, S. 105–146. Verlag Chemie, Weinheim 1953.

W. Prandtl, Geschichte des Chemischen Laboratoriums der Bayerischen Akademie der Wissenschaften. Verlag Chemie, Weinheim 1952.

#### RICHARD WILLSTÄTTER

##### *Jugend und erste Professur in München 1872–1905*

RICHARD WILLSTÄTTER\* (1872–1924; Akademiemitglied 1914) ist als Sohn eines Tuchhändlers in Karlsruhe geboren. Seine Mutter war eine hochgebildete, strebsame Frau, der fast ausschließlich die vorzügliche Erziehung ihres Sohnes zu verdanken ist. Denn der Vater übernahm 1883–1900 die Leitung einer Kleiderfabrik in New York, weshalb die Mutter – in knappen Verhältnissen – 1883 nach Nürnberg übersiedelte. Hier besuchte der Sohn Lateinschule und Realgymnasium und war schon mit zwölf Jahren entschlossen, Chemie zu studieren. Jüngere Mitschüler betrachteten den klugen Richard mit respektvoller Scheu. Latein lag ihm nicht. Als er triumphierend einmal ein „Gut“ in Latein brachte, sagte die Mutter „Gut ist schlecht“, bald herrschten überall die Einser vor.

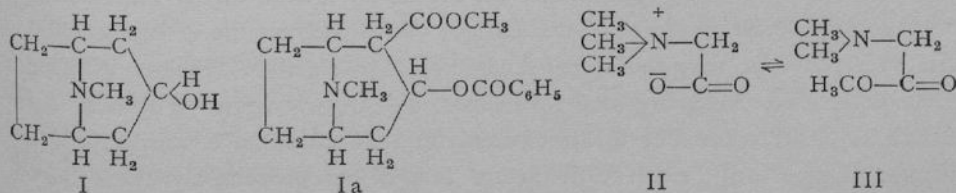
Das Studium der Chemie bei Baeyer begann Willstätter 1890, seine ersten Veröffentlichungen mit Einhorn erschienen 1893–94, wo er summa

cum laude promovierte. Als seinen über alles verehrten Lehrer hat er immer ausschließlich Baeyer anerkannt, der schon teilweise die Leitung der Doktorarbeit Einhorn abgenommen hatte und sich auch für die weiteren Forschungen Willstätters intensiv interessierte.

Nach der Promotion wählte er als Arbeitsthema die Konstitutionsaufklärung des natürlichen, in den Cocablättern vorkommenden Lokalanästhetics Cocain auf dem Umweg über das im Atropin enthaltene Tropin. In wenigen Jahren (in sechszwanzig klassischen Arbeiten) erreichte er das gesteckte Ziel, zum Teil in angespanntester, erfolgreicher Wettarbeit mit den Bologneser Forschern CIAMICIAN und Silber. Damit errang er sofort einen bedeutenden Ruf als Alkaloidforscher. Im Gegensatz zu früheren Arbeiten von Merling erkannte Willstätter mittels zum Teil neuer Methoden das bicyclische Ringsystem des Tropins als einen siebengliedrigen Kohlenstoffring mit Stickstoffbrücke, die eine Methylgruppe trägt (I). Der entscheidende Reagenzglasversuch, über den sich Willstätter lebenslänglich freute, war die leichte Erwärmung von Tropinester-jodmethylat mit Kaliumcarbonatlösung, wobei unter Aufspaltung der Stickstoffbrücke ein Öl entstand. Der Aufklärung des Tropins und seiner  $\alpha$ -Carbonsäure, des dem Cocain (Ia) zugrunde liegenden Ecgonins, ließ Willstätter bald die erste Synthese folgen, die er zwanzig Jahre später, als im ersten Weltkrieg Cocain knapp wurde, durch eine viel elegantere aus Acetondicarbonestersäure über das Ecgonin ersetzte (siehe Seite 184).

1896 erfolgte die Habilitation, nach der ihm Baeyer den nie befolgten Rat gab, sich taufen zu lassen. Der Übertritt erschien ihm unanständig, wenn er ohne religiöse Gründe erfolgte, und besonders, wenn er mit Vorteil verquickt war.

Nun wendete sich Willstätter anderen Alkaloiden und der Körperklasse der Betaine zu. Er entdeckte die Umlagerung des Betains (II) durch Destillation in Dimethylamino-essigsäure-methylester (III), die durch Wanderung einer Methylgruppe vom Stickstoff an den Sauerstoff zustande kommt und umkehrbar ist. Auf Grund dieser Beobachtung sprach Willstätter die Aminosäuren, die als Bausteine des Eiweißes wichtig sind, als Betaine an, in dampfförmigem Zustand – soweit sie destillierbar sind – aber als echte Aminosäuren.



Zum Wintersemester 1902/03 wurde Richard Willstätter Nachfolger Thieles und Extraordinarius für spezielle organische Chemie. Der junge, erst dreißigjährige Professor führte 1903 Sophie Leser, die Tochter des Heidelberger Professors der Nationalökonomie Emanuel Leser, als Gattin heim. Sie war eine geistvolle Frau, voll Interesse für die Forschungen ihres Mannes und ihm in außergewöhnlich glücklicher Ehe verbunden. Sie schenkte ihm einen Sohn und eine Tochter. Leider währte das Eheglück nur fünf Jahre, da sie in Zürich 1908 gestorben ist. Ein weiterer Schicksalschlag traf Willstätter 1915, als sein Sohn in Berlin im coma diabeticum verschied.

In den drei Jahren, die Willstätter das Münchner Extraordinat bekleidete, entwickelte sich eine bis dahin unerhörte Vielseitigkeit der Forschung. Neben der Fortführung der Alkaloidarbeiten wurden im Privatlaboratorium biologisch grundlegend wichtige Pflanzenfarbstoffe wie das Carotin und Chlorophyll angegangen und bereits das Magnesium und der hochmolekulare Alkohol Phytol als Bestandteile des Chlorophylls entdeckt. „Beim Abschied vom Institut Baeyers gehörte mir schon das eigentliche Geheimnis des Chlorophylls. Herrlicher als anderen leuchtete mir das Grün der Wiesen. Jetzt lag der Weg der Forschung offen.“

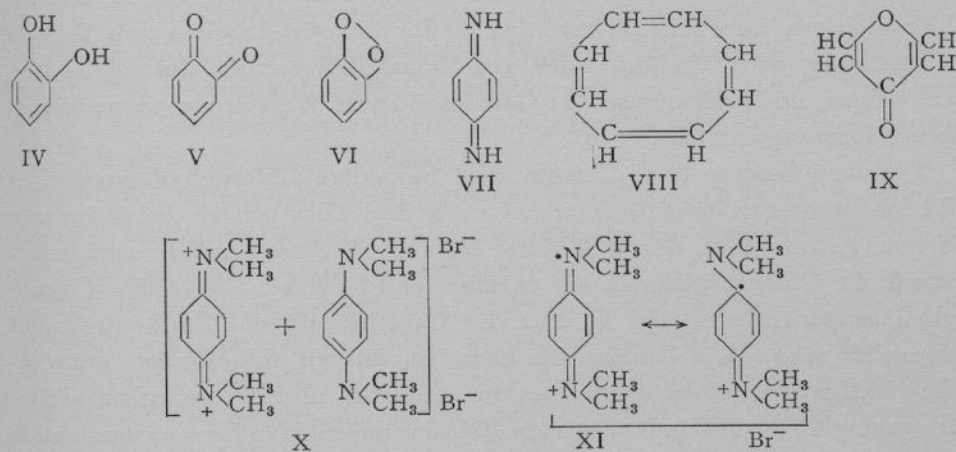
Die Doktoranden in den Arbeitssälen hatten zum Teil Arbeiten auf dem Chinongebiet (vgl. S. 166, X), die für die Farbstoffchemie wichtige Aufschlüsse versprachen: durch Wegnahme von zwei Atomen Wasserstoff (Dehydrierung) aus Brenzkatechin (IV) mittels reinsten Silberoxyds wurde das rote o-Benzochinon (V), das grüne Lösungen gibt, als Zwischenprodukt später dessen isomere hochinteressante farblose Peroxydform (VI) in Zürich gefunden. An experimenteller Schwierigkeit nicht geringer war die Gewinnung des überraschend farblosen p-Chinondiimins (VII) und blaßgelben -monimins, die nur kurz beständig sind. Auch das braune Diphenochinon wurde durch Dehydrierung von Diphenol dargestellt.

Zur Prüfung der Thieleschen Benzolformel mit peripherer Absättigung der Partialvalenzen (S. 164, IV) versuchte Willstätter die Darstellung von Cyclobutadien und Cyclooctatetraen, der Vierring- und Achtring-analogen des Benzols. Die Gewinnung des letzteren gelang später in Zürich, das erstere ist erst 1959 als Additionsverbindung gefaßt worden. Das gelbe Cyclooctatetraen (VIII) verhielt sich gar nicht benzolähnlich, was als Bestätigung der zentralen Benzolformel gedeutet wurde. Heute sieht man in der Abweichung des Achtrings (wie anderer höherer Ringe) von der Ebene die wahrscheinliche Ursache für den mangelhaften Ausgleich der Partialvalenzen. Während Willstätter den Achtring auf mühsamstem langwierigem Weg aus dem Alkaloid Granatnin der Granatwurzelsrinde herauschälen mußte, gelang Walter Reppe lange nach Willstätters Tod die technische Synthese durch



Zusammenlagerung von vier Molekülen Acetylen unter Druck. Die Beschreibung der Substanz, die Willstätter mit nur kleinsten Substanzmengen gegeben hatte, stimmte trotzdem in allen Einzelheiten. Cycloooktetetraen hat technische Bedeutung gewonnen.

Großes Interesse hatte Willstätter für die eben entdeckten Oxoniumsalze des Dimethylpyrons (vgl. S. 164, 165) und ließ daher dessen Stammsubstanz, das Pyron (IX), auf seine Salzbildung untersuchen.



Von physiologisch-chemischem Interesse war eine andere Arbeit, die zeigte, daß dem im Gehirn und in den Nerven vorkommenden Lecithin der Glycerin- $\alpha$ -phosphorsäureester zugrunde liegt, während zwei Fettsäuremoleküle mit den anderen Hydroxylgruppen des Glycerins verestert sind.

Die Neigung des Cycloooktetetraens und seiner ungesättigten Vorprodukte zur Brückenbildung innerhalb des Rings machte es nötig, das Vorhandensein der noch intakten Doppelbindungen durch mildeste katalytische Hydrierung zu kontrollieren. Dazu benützte Willstätter das Verfahren mit Platinmohr und Wasserstoff, das der Russe Fokin für die Hydrierung von Olivenöl patentiert hatte. Daraus entwickelten sich langdauernde, methodisch wichtige Arbeiten, die Willstätter in Zürich und später wieder in München auf das Benzol und Naphthalin ausdehnte. Sehr bemerkenswert war die Möglichkeit, den ermüdeten Platinkatalysator durch Schütteln mit Sauerstoff wieder zu aktivieren.

Nach dreijähriger, so fruchtbarer Tätigkeit als Leiter der organischen Abteilung am Laboratorium der Bayerischen Akademie der Wissenschaften nahm Willstätter einen Ruf als Ordinarius an das Eidgenössische Polytechnikum in Zürich an. Beim Abschiedskommers, der ihm gegeben wurde, zierten den Hof des Künstlerhauses zahlreiche Lampions, auf denen indiskreterweise

die erreichten und die nicht erreichten Ziele seiner Doktorarbeiten (im Verhältnis 1:1) in Formeln dargestellt waren. Willstätter pflegte hier wie später das in Baeyers Laboratorium bevorzugte Prinzip, gerade auch das Schwierigste zu probieren (siehe Seite 167).

### *Zehn Jahre Zürich und Berlin*

stehen zwischen den beiden Münchner Professuren Willstätters und sollen hier auch ganz kurz behandelt werden, da die dortigen Arbeiten zum Teil als Fortsetzung oder Vorläufer der am Staatslaboratorium durchgeführten erscheinen, und weil nur so das Gesamtbild von Willstätters wissenschaftlicher Leistung entsteht.

Die Forschungen über Carotin und besonders Chlorophyll wurden in Zürich intensiv weitergeführt, wobei außer drei Mitarbeitern der Münchner Schule Arthur Stoll, der Willstätter bald als Assistent und Freund nahestand, die Chlorophyllforschung entscheidend förderte. Die beiden Chlorophyllkomponenten a und b, und der Carotinbegleiter Xanthophyll, ein doppelter sekundärer Alkohol des Carotins, wurden aufgefunden, erstmals die richtige Bruttoformel des Carotins ermittelt und die quantitative Bestimmung dieser vier in den grünen Blättern nebeneinander vorkommenden Farbstoffe ausgearbeitet. Das war nötig, um die Vorgänge im assimilierenden Blatt genau verfolgen zu können. Auch der nahe Zusammenhang des Chlorophylls mit dem Blutfarbstoff wurde durch Abbau bis zu einer dem Aetioporphyrin aus Blutfarbstoff entsprechenden Stufe klargestellt. 1913 veröffentlichten Willstätter und Stoll ein Buch über Chlorophyll, 1918 wieder in München, wo Stoll noch drei Semester mitarbeitete, eines über die Assimilation der Kohlensäure. Es berichtet über sieben Hauptpunkte: Konstanz des Chlorophyllgehaltes während der Assimilation. Verhältnis zwischen der assimilatorischen Leistung der Blätter und ihrem Gehalt an Chlorophyll. Absorption von Kohlensäure durch das unbelichtete Blatt. Verhalten des Chlorophylls gegen Kohlensäure. Konstanz des assimilatorischen Koeffizienten  $\frac{\text{aufgenommen CO}_2}{\text{abgegeben O}_2}$  bei gesteigerter Assimilation lebender Blätter, bei hoher Konzentration von Licht und CO<sub>2</sub>. Abhängigkeit der Assimilation von der Anwendung kleiner Sauerstoffmengen. Untersuchungen über Zwischenstufen der Assimilation.

Der konstante Wert 1 des assimilatorischen Koeffizienten wurde für die verschiedensten Bedingungen und Pflanzenarten – mit Ausnahme der Succulenten – festgestellt. Auf der von Willstätter und Stoll geschaffenen Grundlage sind später weitere Arbeiten über die Assimilation entstanden, so die Bestimmung der Quantenausbeute durch Otto Warburg und ameri-

kanische Forschungen mit radioaktivem Kohlenstoff des Kohlendioxyds, die das Assimilationsproblem als sehr kompliziert erscheinen lassen.

Die Chemie des Carotins wurde zu einer Chemie der Carotinoide ausgebaut. Dieselbe Bruttozusammensetzung wie das Carotin,  $C_{40}H_{56}$ , zeigte der schön kristallisierte, auch recht verbreitete Tomatenfarbstoff Lycopin, der noch stärker ungesättigt ist als Carotin, aber nicht den hohen biologischen Wert für uns hat wie letzteres, das spätere Forschungen als pflanzliche Vorstufe des Vitamin A erkannt haben. In den Braunalgen wurde das Fucoxanthin  $C_{40}H_{56}O_6$  als maßgebendes Pigment aufgefunden. Schon Willstätter hat die terpenähnliche Konstitution des Carotins und die Verwandtschaft der Carotinoide mit dem Phytol  $C_{20}H_{39}OH$  vermutet, eine Prognose, die sich später als richtig erwiesen hat.

Die Verbreitung von Carotinoiden auch im Tierreich wurde festgestellt, Carotin im corpus luteum der Kuh aufgefunden, ein Isomeres des Xanthophylls, das Lutein, im Eidotter entdeckt.

Die in München begonnenen Arbeiten über Chinonimine wurden in Zürich auf das technisch wichtige Konstitutionsproblem des Anilinschwarz ausgedehnt. Willstätter erkannte im Polymerisationsschwarz eine lineare, durch Stickstoff paraständig verknüpfte Kette von acht Anilinkernen, von denen drei chinoid gebaut sind. Durch Hydrolyse und Oxydation ließ sich dieses Polymerisationsschwarz restlos in unsubstituiertes p-Benzochinon überführen, womit die Konstitution dieses Anilinschwarz bewiesen und der Mechanismus der Darstellung von Chinon aus Anilin geklärt war.

Auf dem Chinongebiet glückte Willstätter in Zürich die schwierige Darstellung des amphi-(2,6)-Naphthochinon, die jahrzehntelang niemand nachmachen konnte, bis es vor einigen Jahren R. Kuhn mit einem besonders reaktionsfähigen Bleidioxid (aus Bleitetraacetat) wieder gelungen ist.

Da die einfachen Chinonimine (S. 177, VII) farblos waren und entgegen der Erwartung also für die Farbtheorie nichts Positives aussagten, studierte Willstätter die Oxydation des Di- und Tetraalkyl-p-phenylendiamins zu den tiefenfarbigen Wursterschen Salzen, die er erstmals rein isolierte und als „merichinoide“ (= teilchinoide) Verbindungen erkannte, die aus einer chinoiden und einer benzoiden Komponente bestehen (X). Auch ein Alternieren der beiden Zustände in den beiden Molekülen des alkylierten p-Phenylendiamins hielt er schon für möglich. Später zeigte sich mit dem Fortschritt der Radikalchemie, daß beide Komponenten als Salze freier Radikale monomolekular und tiefenfarbig in Lösung existieren (A. Hantzsch, E. Weitz, J. Michaelis). Solche Radikalsalze (XI) nennt man jetzt Semichinone.

Ein technisch bedeutsames Verfahren zur restlosen Überführung von Cellulose in Traubenzucker gelang Willstätter mittels in der Kälte über-



konzentrierter Salzsäure von 41%. Es wurde später von Bergius fabrikatorisch ausgewertet.

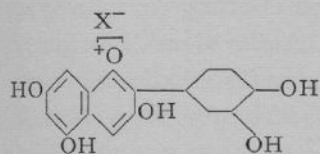
1911 trat die neugegründete Kaiser-Wilhelm-Gesellschaft zur Förderung der Wissenschaften an Willstätter mit dem Ruf heran, seine Forschungen an das neu zu erbauende Institut für Chemie in Berlin-Dahlem zu verlegen und gleichzeitig eine Professur an der Universität Berlin zu übernehmen, die früher J. H. VAN 'T HOFF innegehabt hatte.

Emil Fischer erschien persönlich in Zürich und bewog Willstätter zur Annahme des Rufs. Er bemerkte: „Sie haben uns das Beispiel gegeben, die Pflanzen selbst zur Untersuchung ins Laboratorium zu holen“. Wie notwendig das war, hatte Willstätter bei den ersten Münchner Versuchen mit Chlorophyll erfahren müssen, das in der Technik durch Extraktion von Brennesselpulver mit Alkohol gewonnen worden war. Es zeigte sich kupferhaltig (vom Kupferkessel) wie auch sonst verändert. Die grünen Blätter enthalten nämlich ein Enzym Chlorophyllase, das sogar in alkoholischer Lösung imstande ist, das natürliche Chlorophyll umzuestern, indem der hochmolekulare Alkohol Phytol ( $C_{20}H_{39}OH$ ) durch Äthylalkohol verdrängt wird. Die zwei Carbonsäuregruppen des natürlichen, amorphen wachsartigen Chlorophylls sind gegen Methylalkohol und Phytol verestert. Durch die Umesterung entsteht ein Methyläthylester-chlorophyll, das kristallisiert erhalten wurde.

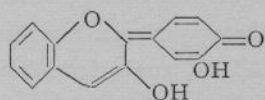
In Berlin begann Willstätter 1912 noch viel umfangreicher die Pflanzen ins Laboratorium zu holen bei seinen Arbeiten über die Blütenfarbstoffe (Anthocyane). Neben dem Dahlemer Institut und in seinem Garten entstanden herrliche Blumenfelder von Rosen, gefüllten rotvioletten Kornblumen, rotbraunen Dahlien, Mohn und schwarzvioletten Stiefmütterchen. Während das erste pharmazeutische Handelsprodukt von getrockneten Kornblumenblüten nur  $\frac{1}{2}$  bis  $\frac{3}{4}$ % Farbstoff enthielt, lieferten die braunroten gefüllten Dahlien bis 20% reines Cyanin vom Trockengewicht, die Stiefmütterchen sogar 33% Violanin.

Willstätter erkannte, daß der blauen Farbe der Kornblume und der roten Farbe der Rose oder Dahlie dieselbe Stammsubstanz Cyanin zugrunde liegt, die je nach der basischen oder sauren Reaktion des Zellsaftes blaue bzw. rote Farbe annehmen könne. (Erst 1958 wurde von E. Bayer erkannt, daß die blaue Farbe durch die Bildung von Eisen-Aluminium-Komplexen, nicht durch verschiedenes  $p_H$  des Zellsaftes bedingt ist. Dies ist nämlich beide Male 3,4–3,9.) Das rote Farbsalz ist ein stickstofffreies Oxoniumsalz, gehört also einem Verbindungstypus an, für den sich Willstätter und Baeyer schon früh interessierten (S. 164, 165 V). Pelargonidin, Cyanidin und Delphinidin sind die Grundsubstanzen vieler Blüten- und Fruchtfarbstoffe, die in den Pflanzen

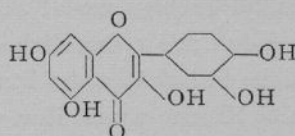
als Glykoside an verschiedene Zucker gebunden vorkommen. Pelargonidin enthält im rechts angegliederten Benzolkern eine OH-Gruppe weniger als Cyanidin, Delphinidin aus Rittersporn eine mehr. XII zeigt die rote Oxoniumsalzform des Cyanidins, wobei X ein Säureion bedeutet (vgl. das einfache Dimethylpyrongsalz S. 164, V). Die blauen Aluminium- und Eisensalze leiten sich von der Oxychinonform XIIb ab, die durch Abspaltung von HX aus dem Oxoniumsalz entsteht.



XII rot



XIIb als Eisensalz blau



XIII gelbbraun

Die Blütenfarbstoffe sind den lange bekannten gelbbraunen Pflanzenfarbstoffen der Flavonolgruppe nahe verwandt. Das konnte Willstätter durch Reduktion des Quercetins (XIII) zu Cyanidin mit Magnesium und Säure zeigen. Auch die Synthese aus einfachsten Bausteinen ist gelungen.

Die Bearbeitung der Anthocyane ist später, als Willstätter das Gebiet verließ, noch mit großem Erfolg von SIR ROBERT ROBINSON und Lady Robinson fortgeführt und abgeschlossen worden, wobei besonders die Synthese der verschiedensten in der Natur vorkommenden Glykoside der obigen Stammsubstanzen Bewunderung verdient und von Willstätter freudig und neidlos begrüßt wurde.

Schon zwei Jahre nach Willstätters Übersiedlung nach Berlin brach der erste Weltkrieg aus, die Mitarbeiter stoben auseinander, die Blumen wanderten in die Lazarette. Wie Haber im Nachbarinstitut hatte auch Willstätter den Wunsch, mit seinem Wissen und Können dem Vaterland zu dienen. Er erfand den wesentlichsten Teil der deutschen Gasmaske, indem er als Schutz gegen Phosgen das Hexamethylentetramin einführte. Ein Anerkennungsschreiben des preußischen Kriegsministers bestätigte ihm im Februar 1917, daß bereits dreißig Millionen Gasmasken mit dem Willstätter-Einsatz dem Heere trefflich gedient hatten. Einige Jahre später trug Willstätter in der Münchner Chemischen Gesellschaft über die Gasmaske vor. Ein nicht zum Institut gehöriger Dozent fragte ihn nachher, was ihn veranlaßt habe, eine so ausgefallene Substanz als Maskeneinsatz zu prüfen. Darauf Willstätter mit bedeutungsvollem Ernst: „Ein Gedanke, Herr Kollege“.

*Das Münchner Ordinariat (1915–1924)*

Im Jahre 1915 erhielt Willstätter gleichzeitig zwei Berufungen als Ordinarius – nach Göttingen und München. Der Präsident der Kaiser-Wilhelm-Gesellschaft, ADOLF VON HARNACK, besuchte Willstätter, um ihn zum Bleiben zu bewegen. Während des Gespräches erblickte er ein schönes Portrait Justus v. Liebig's und sagte: „Wissen Sie, daß ich ein Enkel Liebig's bin?“ „Ich weiß es, Exzellenz“, antwortete Willstätter „Und ich will ein anderer Enkel von Liebig werden“. Er ist im vollen Sinn und Umfang ein würdiger Enkel Liebig's und Nachfolger Baeyer's geworden. Außer dem Nobelpreis wurden alle erdenklichen Ehrungen von neunundzwanzig Akademien und sechs Fakultäten auf ihn gehäuft, auch der Pour le mérite für Wissenschaft und Künste wurde ihm verliehen.

Auf Willstätter geht eine wesentliche räumliche und fachliche Erweiterung des Staatslaboratoriums und des Unterrichts zurück. Trotz der ungeheuren Schwierigkeiten der folgenden Kriegsjahre, des Zusammenbruchs und der Inflation ist es Willstätter gelungen, seine Pläne durchzusetzen.

Ein neuer Hörsaal für fünfhundertsechzig Hörer wurde erbaut, darunter ein kleinerer für die Spezialvorlesungen und der Raum für eine technologische Schausammlung, darunter im Keller ausgedehnte allgemeine Arbeitsräume, die nach der Zerstörung des Laboratoriums im Jahr 1944 am frühesten wieder ein Arbeiten ermöglichten. Die technologische Schausammlung, die wie andere Staatssammlungen zu bestimmten Zeiten zu besichtigen war, wurde auf Willstätter's Wunsch 1919/20 von R. Pummerer begründet, dann ab 1921 von L. Kalb weiterentwickelt und bis zu ihrer Zerstörung als Hilfsmittel des Unterrichts in der Chemischen Technologie betreut. Kalb's Entdeckung des Dehydroindigo und besonders des Anthanthrons haben die Farbenindustrie mächtig angeregt, seine Arbeiten über Lignin die Zellstoffindustrie.

Zwischen dem alten und neuen Hörsaal entstand ein Verbindungsbau, der unten einen Saal für Doktoranden der organischen Arbeitsrichtung enthielt, also damit einen dritten organischen Saal darstellte. Das obere Stück des Verbindungsbaus wurde die Heimat der von Willstätter neugeschaffenen physikalisch-chemischen Abteilung. Zu Baeyer's Zeit war die physikalische Chemie sehr stiefmütterlich behandelt worden – auch aus Rummangel. 1916 im Krieg konnte die Fakultät trotz des Wunsches von Willstätter beim Ministerium keine planmäßige Professur für physikalische Chemie erreichen. So berief dieser Kasimir Fajans von Karlsruhe als nicht-planmäßigen ao. Professor und Abteilungsvorstand mit Lehrauftrag für physikalische Chemie und finanzierte die neue Abteilung aus Praktikum- und Kolleggeldern.



KASIMIR FAJANS, 1887 in Warschau geboren, hatte bei Wilhelm Ostwald in Leipzig, bei E. RUTHERFORD in Manchester, bei G. BEDIG in Heidelberg gearbeitet. Er habilitierte sich 1913 in Karlsruhe. Ihm waren in diesem Jahr mit der Einreihung der radioaktiven Elemente ins Periodensystem („Plejaden“ von Atomen gleicher Kernladung, aber verschiedenem Atomgewicht, setzte er in dieselbe Zelle des Systems) und in der Auffindung der „Verschiebungssätze“, die die Veränderung der Wertigkeit radioaktiver Elemente durch  $\alpha$ - oder  $\beta$ -Strahlung regeln, große wissenschaftliche Leistungen gelungen – gleichzeitig mit Soddy, dem er mit der Veröffentlichung vierzehn Tage zuvorkam. Er hatte 1913 auch das Element 91, Brevium, entdeckt, dessen fünf Jahre später von O. HAHN und L. MEITNER aufgefundenes langlebiges Isotop Protactinium dann der Zelle 91 des Systems den Namen gab. Die ersten Präparate von stabilem Uranblei 206 ließ Fajans durch seinen Mitarbeiter M. LEMBERT in Amerika bei T. RICHARDS untersuchen, da die Atomgewichtsbestimmung damals in Deutschland nirgends gepflegt wurde.

1923 wurde ein planm. Extraordinariat, 1927 ein Ordinariat für Physikalische Chemie bewilligt, 1932 wurde Fajans Direktor des neuen Physikalisch-Chemischen Instituts der Universität München, das auf dem vom Bayerischen Staat zur Verfügung gestellten Grundstück mit den von der Rockefeller Foundation gestifteten und von der deutschen chemischen Industrie erweiterten Mitteln erbaut worden ist. Die Tätigkeit von Fajans kam Ende 1935 aus politischen Gründen zum Abschluß, 1936 nahm er einen Ruf an die University of Michigan in Ann Arbor an. Das zentrale Problem seiner Forschungen war und ist die physikalische Natur der chemischen Kräfte oder Bindungen und umfaßt auch die Elektronenstruktur der Molekeln, Kristalle und Lösungen. Fajans wurde 1927 Mitglied unserer Akademie.

Um der Atomgewichtsforschung auch in Deutschland eine Stätte zu bereiten, veranlaßte Willstätter, daß OTTO HÖNIGSCHMID\* (1878–1945; Akademienmitglied 1919), Ordinarius an der Deutschen Prager Technischen Hochschule, der bei Goldschmidt promoviert, dann aber noch bei MOISSAN und Richards gelernt hatte, als Professor für analytische Chemie – die vorher Piloty vertreten hatte – nach München berufen wurde. Der alte Liebigsche Hörsaal wurde zu einem Laboratorium für Atomgewichtsforschung umgebaut, anschließende Räume zu einem biochemischen Laboratorium für Willstätters eigene Arbeiten umgestaltet, daneben eine große Bibliothek geschaffen.

Hönigschmid wurde persönlicher Ordinarius und hat in seinem Forschungslaboratorium eine große Zahl maßgebender Atomgewichtsbestimmungen (47) mit experimenteller Meisterschaft in selbstentworfenen Apparaturen persönlich durchgeführt, die jetzt im Deutschen Museum stehen. Vor allem ist

die besonders wichtige des Radiums zu nennen, deren Bewältigung mit persönlicher Gefahr verbunden war, und die der beiden Endprodukte der radioaktiven Zerfallsreihen, des Uran- und Thoriumbleis – letztere an einem von Fajans isolierten Präparat. Hönigschmids Ziel dabei war, den Einfluß der Abgabe von  $\alpha$ -Teilchen zu prüfen, die in jeder Zerfallsreihe auftreten.

Hönigschmid war lange Jahre Mitglied der Internationalen Atomgewichtskommission, er war auch Inhaber der Liebigdenkmünze und der Goethemedaille. Er hat auch mehrere Schüler herangebildet, die die akademische Laufbahn einschlugen: Lothar Birkenbach, Eduard Zintl, Josef Goubeau, Martin Lienhard und Alwin Meuwsen. Seine mit Humor und großem Charme in Vorträgen gezeigten analytischen Kunstgriffe, z. B. bei der „Celebrierung“ einer Chlorbestimmung, haften noch heute im Gedächtnis der dankbaren Zuhörer. Beim Einzug der Amerikaner 1945 war Hönigschmid krank und zutiefst deprimiert und schied mit seiner lebenswerten, viel jüngeren Gattin Lia Dagmar, geb. Giebisch aus Gablonz, freiwillig aus dem Leben, als ihn auch der Verlust der Wohnung bedrohte.

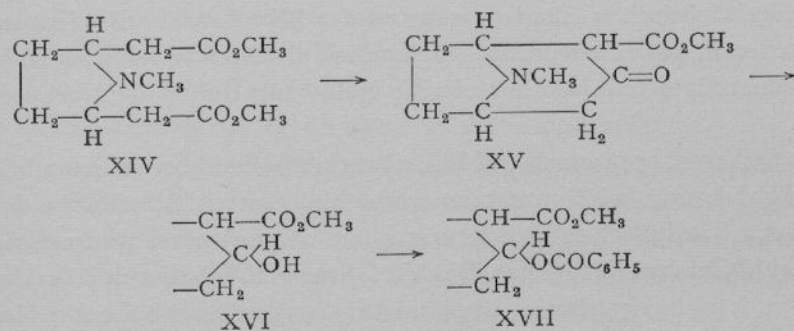
Die Leitung der organischen Abteilung hatte bei Willstätters Ankunft zunächst noch H. Wieland, der nach einem Jahr Ordinarius für organische Chemie an der T. H. München wurde. Nun beantragte Willstätter die Berufung von KURT H. MEYER (1883–1952; Akademiemitglied 1949) (vgl. S. 174) auf die freigewordene Stelle. Dieser hatte im Staatslaboratorium Aufsehen erregende Arbeiten über Keto-Enol-Desmotropie ausgeführt. Nach Vorstudien am leichter untersuchbaren Anthron  $\rightleftharpoons$  Anthranol-Gleichgewicht ermittelte er in grundlegender Arbeit das Gleichgewicht des Acetessigesters, indem er die Möglichkeit der Titration der Enolform mit Brom entdeckte und so auch andere Gleichgewichte von  $\beta$ -Ketonestern und  $\beta$ -Diketonen bestimmen konnte. Auch die Darstellung der reinen Ketoform des Acetessigesters durch Abdestillieren der Enolform im Quarzkolben ist ihm gelungen. Schon 1921 nahm er einen Ruf als Leiter des Hauptlaboratoriums in der Badischen Anilin- und Soda-Fabrik an, kam dann in den Vorstand und ging nach zehn Jahren als Ordinarius nach Genf.

#### *Willstätters wissenschaftliche Arbeiten ab 1915*

In den organischen Sälen gab Willstätter einfachere Themen aus, die nicht so viel apparative Zurüstung erforderten. In seinen frühesten Arbeiten hatte er durch die Aufklärung und Synthese des Cocains der Lokalanästhesie wichtige Dienste geleistet. Damals hat er auch durch Reduktion des Tropinons das Pseudotropin, ein geometrisch Isomeres, dargestellt, dessen Benzoyl ester in

einem geschätzten Nebenalkaloid des Cocains, dem Tropicocain, vorkommt, das nun viel leichter zugänglich war.

Die glänzendste Leistung auf diesem Gebiet war die Cocainsynthese von Willstätter, Pfannenstiel und Bommer (1918/21). Acetondicarbon-estersäure wurde durch Elektrolyse in den Diketokorksäure-dimethylester verwandelt, aus dem durch Umsatz mit Methylamin, Wasserabspaltung und Hydrierung der Methyl-pyrrolidin-diessigsäure-dimethylester (XIV) zu erhalten war. Durch innermolekulare Kondensation nach Dieckmann lieferte dieser den Tropinoncarbonsäureester (XV), dessen Reduktion zum Ekgonin-methylester (XVI) und über dessen Benzoylierung zum Cocain (XVII) führte (vgl. auch S. 175):

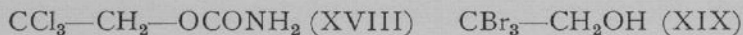


In Zusammenarbeit mit der Firma E. Merck in Darmstadt gelang es, die bei der Synthese entstehenden vier Raumisomeren rein darzustellen, eine pharmakologisch hochinteressante Leistung. Es zeigte sich nämlich bei der Prüfung durch R. Gottlieb, daß das Linkscocain der Synthese (identisch mit dem der Blätter aus Erythroxylon Coca) in doppelter Hinsicht von einem synthetischen Rechtscocain (d-ψ-Cocain, nachher Psikain genannt) übertroffen wurde. Dieses wirkt lokalanästhetisch stärker auf die Nervenendigungen und weniger giftig auf das Zentralnervensystem, weil es im Organismus rascher abgebaut wird.

Neue Münchner Arbeiten förderten jetzt schmerzstillende Mittel auf ganz anderer Grundlage zutage. Damals war der Trichloräthylalkohol noch nicht bekannt. Willstätter erwartete auf Grund der Chloralwirkung narkotische Wirkung gerade auch von dessen Reduktionsprodukt. Um dieses zu gewinnen, mußte ein mildes Reduktionsmittel gefunden werden, das die drei Chloratome des Chlorals intakt ließ. Willstätter fand es in der phytochemischen Reduktion durch gärende Hefe. Die uralte, seit Jahrhunderten in Indien geübte Verküpfung des Indigo beruht auf demselben Prinzip, das 1911 von C. J. Lintner und H. v. Liebig wieder auferweckt wurde. Das Urethan des Trichloräthylalkohols (XVIII) wurde zunächst als mildes Schlafmittel in den



Arzneischatz aufgenommen und von Carl Duisberg, dem Generaldirektor der Farbenfabriken Bayer, nach Willstätter „Voluntal“ getauft (von volo: ich will). Später erschien es nur mehr als Komponente des schmerzstillenden Mittels „Compral“.



Auf analoge phytochemische Reduktion geht die Gewinnung des Tribrom-äthylalkohols (XIX) zurück, der als „Avertin“ wechselnde Schicksale als Narkosemittel durchmachte. Anfangs abgelehnt, wurde er wegen seiner hervorragenden Wirkung bei Rektalnarkose 1928 von F. Eichholtz warm empfohlen. Kirschner prägte den Ausdruck „rückwärtiger Zaubertrank“, in den angelsächsischen Ländern gewann das Mittel rascher Bedeutung als in Deutschland, da es die wunderbare Amnesie als neues erweitertes Narkoseprinzip hinzufügte und so die seelische Belastung durch die Narkose verringerte.

Schon früher (S. 177) wurde auf Willstätters Arbeiten über schonende katalytische Hydrierung bei Zimmertemperatur hingewiesen. Sie sind aus der Geschichte der katalytischen Hydrierung nicht wegzudenken und wurden in Zürich und München fortgesetzt. Das Verfahren von Sabatier und Senderens, das die katalytische Hydrierung begründete (1899), arbeitet bei hohen Temperaturen im Dampfzustand, die Zersetzungen und die Aufspaltung eines Drei- oder Vierringes nicht ausschließen. Die Hydrierung des Benzols bei Zimmertemperatur gelang erst nach quantitativer Entfernung des Katalysatorgiftes Thiophen, das dem Teerbenzol immer zu  $\frac{1}{2}\%$  beigemischt ist. Willstätter fand weiter, daß die Aktivität des Platins durch Sauerstoffzufuhr bedeutend gesteigert werden kann, ja daß gänzlich sauerstofffreies Platin überhaupt keinen Wasserstoff überträgt. Der Sauerstoffgehalt ist auch von wesentlicher Wirkung auf den Reaktionsverlauf, wie sich am Naphthalin erwies. Mit sauerstoffreicherem Platin wurde nur ein Benzolkern des Naphthalins zu Tetrahydronaphthalin hydriert, mit sauerstoffärmerem dagegen ohne nachweisbare Zwischenstufe beide Benzolkerne zu Perhydronaphthalin. Die beiden Arten von Platinmohr verhalten sich geradezu wie zwei verschiedene Katalysatoren.

#### *Willstätters Forschungen über Enzyme*

(Auszug aus einem unveröffentlichten Aufsatz von Professor W. Graßmann)

Willstätters Hauptarbeit über Enzyme, die sich im biochemischen Laboratorium vollzog, wird folgendermaßen von Professor Wolfgang Grassmann, einem seiner berufensten Mitarbeiter auf diesem Gebiet, geschildert:

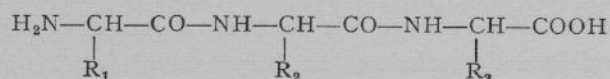
Das Grundmotiv für die Inangriffnahme der Enzymarbeiten Willstätters war die Überzeugung, daß das Wesen des Lebens in einem geordneten Zusammenwirken enzymatischer Prozesse bestehe. Das Verlassen der noch offenen Strukturprobleme bei Anthocyanen und Chlorophyll fiel Willstätter keineswegs leicht. Aber er hielt es für wichtiger, die „Chemie von übermorgen“ zu treiben. Wie recht er mit der Wahl dieses Arbeitsgebietes hatte, zeigen die gewaltigen Fortschritte der Enzymchemie in den letzten dreißig Jahren.

Da normale Fällungsreaktionen mit Alkohol oder Aceton nicht spezifisch genug für die Reinigung und Trennung von Enzymen waren, wählte Willstätter die denkbar schonendste Methode der selektiven Adsorption an – in ihren Eigenschaften genau reproduzierbare – verschiedene Aluminiumhydroxyde, die er als  $\alpha$ ,  $\beta$ ,  $\gamma$  bezeichnete. Ein bedeutender Nebenerfolg dieser anorganischen Arbeiten war die Gewinnung einer wäßrigen Lösung von monomolekularer Kieselsäure durch Hydrolyse von Siliciumtetrachlorid.

Die durch Adsorption erzielten Reinheitssteigerungen von Enzymen waren sehr beträchtlich, bestimmt oft größer als die bei der Reindarstellung kristallisierter Enzyme, die wir heute in Händen haben, deren Einheitlichkeit aber auch jetzt noch in vielen Fällen nicht völlig gesichert erscheint. Die Konzentration der Peroxydase aus Meerrettig von den frischen Wurzeln bis zum besten Präparat ist von Willstätter auf das Zwölftausendfache gesteigert worden, die von Invertase (= Invertin) aus Hefe auf das Dreitausendfünfhundertfache. Die besten Invertasepräparate vermochten in zehn Minuten das achttausendfache Gewicht an Rohrzucker zu spalten, die reinsten Präparate von Pankreasamylase in der gleichen Zeit das fünfundzwanzigtausendfache Gewicht an Stärke. Diese Wirkungen liegen durchwegs in den Größenordnungen, wie wir sie heute für kristallisierte Enzyme kennen. Die Invertase und andere von Willstätter untersuchte Enzyme sind bis heute noch nicht kristallisiert erhalten worden.

Den größten Erfolg hatte die Adsorptionsmethode bei Trennungen von Enzymgemischen, wodurch ein Tor zu einem großen und wichtigen Arbeitsgebiet aufgestoßen wurde. Es gelang (mit Bamann), die Pankreasenzyme Lipase, Amylase und „Trypsin“ voneinander zu trennen. Willstätters Schüler erzielten mit seiner Methode weitere Erfolge. Die Trennung von Invertase und Maltase war wesentliche Grundlage für die Unterscheidung und Spezifitätsabgrenzung der drei wichtigsten Glucosidasetypen: der  $\beta$ -Fructofuranosidase (Invertase), der  $\alpha$ - und  $\beta$ -Glucosidase (R. Kuhn). Die Trennungsversuche im Bereich der Proteasen hatten zunächst zur Unterscheidung einer Eiweiß spaltenden (Trypsin, Proteinase) und einer niedere Peptide spaltenden Komponente (Erepsin) geführt. Der nächste Schritt war dann die Auf-

teilung des Erepsins (sowohl der Hefe wie der Pankreasdrüse) in eine Anzahl von Peptidasen verschiedener Spezifität und Angriffsweise (Dipeptidase, Aminopolypeptidase, Carboxypolypeptidase, Prolinase u. a. — E. Waldschmidt-Leitz, W. Grassmann). Bei den Peptiden, z. B. einem Tripeptid,



das 2 Peptidbindungen —CO—NH— enthält, unterscheidet man ein Amino-Ende (links) und ein Carboxyl-Ende (rechts) und lernte durch die Trennung Enzyme kennen, die das Molekül vom einen, und solche, die es vom anderen Ende aus durch Lösung der Peptidbindungen abzubauen beginnen. Für die Proteinase, vertreten durch die tierischen Verdauungsenzyme Pepsin und Trypsin und das pflanzliche Papain, wurde klargelegt, daß auch ihre Wirkung, entgegen Auffassungen von anderer Seite, ausschließlich in der Lösung von Peptidbindungen besteht. Alle diese Enzyme von scharf abgegrenzter Spezifität sind inzwischen zu den wichtigsten Werkzeugen für die Konstitutionsermittlung der Eiweißkörper geworden.

Willstätters Auffassung, daß das Molekül eines Enzyms aus einem kolloiden Träger und einer chemisch wirkenden aktiven Gruppe besteht, hat sich bis heute bewährt, nur daß der Ausdruck „Träger“ nicht im Sinn eines chemisch indifferenten Vehikels aufgefaßt werden darf. Die Erkenntnis der letzten Arbeiten Willstätters, daß sich fast in allen biologischen Ausgangsmaterialien neben den mehr beachteten löslichen „Lyoenzymen“ auch große, oft überwiegende Mengen von an die Zellstruktur gebundenen „Desmoenzymen“ finden, ist von grundsätzlicher Bedeutung.

#### *Willstätters Persönlichkeit*

Pflicht und Leistung waren die Leitsterne in Willstätters Leben. So sehr er sonst mit seiner Zeit für die wissenschaftliche Arbeit geizte, hatte er für die Familie doch genug Zeit. Als seine Frau gestorben war, widmete er sich den beiden Kindern täglich zu Spiel- und Lesestunden. Charakteristisch ist seine Äußerung zu Frau Sommerfeld: „Wir Mütter haben große Sorgen.“

Daß er von sich als Forscher und Lehrer das Höchste verlangte, geht aus dem Umfang seiner Leistung als Naturforscher und vielen Äußerungen in seinem Buch hervor: „Aus meinem Leben. Von Arbeit, Muße und Freunden. Meinen treuen Schülern gewidmet.“ Als jung ernannter Extraordinarius sagte er 1903 zum Verfasser: „Worüber soll man arbeiten? Was ist die wich-



tigste organische Reaktion? Die Assimilation der Kohlensäure in den grünen Pflanzenteilen. Dazu muß man das Chlorophyll kennen. Also dieses anpacken!“ Eine nach den Sternen greifende, großartige Planung, die konsequent in München, Zürich und Dahlem durchgeführt wurde. Denn bei der Rückkehr nach München waren die Arbeiten mit Stoll über Assimilation schon nahe dem Abschluß, so daß die Resultate bald in einem stattlichen Band erscheinen konnten.

Als Ordinarius in München ließ Willstätter viele strukturchemische Probleme seiner bisherigen Arbeitsgebiete liegen, um das weitaus schwierigere Neuland der Enzyme zu erforschen, an das ihn die Chlorophyllase herangeführt hatte.

Schulebildung. „Es war nach dem Kriege wichtiger, Dozenten hervorzubringen als Forschung zu treiben und Abhandlungen zu schreiben. In der Forschung kommen die großen Leistungen selten von ungeschulten genialen Jünglingen. Es ist wenig Aussicht, daß der originelle oder selbst geniale Anfänger imstande sein wird, den Gipfel zu erklimmen, ohne daß der gereifte Führer ihm Stetigkeit und Ausdauer, Hingebung und Uneigennützigkeit als selbstverständliche Eigenschaften des Forschers und Lehrers alltäglich vor Augen stellt. . . .

Verlockender als die systematische Arbeit schien mir die Möglichkeit, neuartige Probleme in Angriff zu nehmen, auf neuen Wegen den Schülern Lebensaufgaben zu stellen. Wir müssen uns mehr und mehr mit unserer Methodik den Bedingungen der lebenden Zelle nähern, wovon wir noch sehr weit entfernt sind.“

Auch hier fesselt uns die Größe von Willstätters Planung, das selbstlose Ziel, den Schülern Lebensaufgaben zu stellen. Hierin ging er viel weiter als Baeyer, der nur in jungen Jahren gelegentlich ein Gebiet abgab. Später wünschte er, daß der junge Forscher sein Thema selbständig fand und vor der Habilitation wenigstens schon deren zwei bearbeitet hatte. Willstätter sagt auch: „Das Beste, was ein Lehrer erreicht, ist Fortwirken seiner Methodik in einer Schule, die seine Absichten weiterentwickeln und seine Leistungen übertreffen kann.“

Sein Lehrbestreben beschränkte sich nicht auf das Laboratorium, sondern setzte sich bei der Veröffentlichung der Ergebnisse fort, wobei er in Anwesenheit eines oder mehrerer Mitarbeiter die ganze Publikation in vielstündiger Tages- und Nachtarbeit abfaßte, um ihnen die Gründlichkeit der Überlegung und Darstellung sowie die abwägende Kritik der Ergebnisse zu demonstrieren. Das ging weit über die Gepflogenheit anderer Professoren hinaus. Sein Arbeitsethos und seine Lauterkeit leuchten auch aus folgendem Satz: „Wissenschaftliche Arbeit soll nicht käuflich sein. Es genügt nicht,

eine Untersuchung zu veranlassen und sich Resultate vorlegen zu lassen, sondern gemeinsame Arbeit muß geleistet werden. . . . Das Beispiel des Forschers erzieht Forscher.“

Nach all dem wundert es uns nicht, daß in den zehn Jahren von Willstätters Münchener Ordinariat zehn Habilitationen von Chemikern und Physikochemikern stattfanden. Speziell auf dem Enzymgebiet waren es die folgenden jungen Forscher: der spätere Nobelpreisträger RICHARD KUHN, Direktor des Max-Planck-Instituts für medizinische Forschung, Heidelberg; Ernst Waldschmidt-Leitz, früher Professor für Biochemie in Prag, jetzt an der Technischen Hochschule München; Wolfgang Grassmann, Leiter des Max-Planck-Instituts für Lederforschung und Eiweißchemie, München; Heinrich Kraut, heute Leiter der Abteilung für Ernährungsphysiologie am Max-Planck-Institut für Arbeitsphysiologie, Dortmund; Eugen Bamann, Direktor des Instituts für Pharmazie und Lebensmittelchemie, Universität München. Später habilitierten sich Malyoth und Willstätters langjährige Mitarbeiterin M. Rohdewald. Außerdem habilitierten sich noch folgende junge Forscher während Willstätters Institutsleitung: Hans Lecher, Schüler Wielands (1920), Hans Heinrich Schlubach, Schüler L. Knorrs (1924), und KARLJOHANN FREUDENBERG, Schüler E. Fischers (1920), der bereits in Kiel habilitiert war.

Arbeitsweise Willstätters. „Wohl dem, der von seinem Meister die Hingabe an die Arbeit lernen durfte, den Sinn für das Wichtige, den Drang zum Tiefschürfen, die Begeisterung für den nächsten ausführbaren Schritt, vielleicht dessen Überschätzung . . . Um Arbeit oder sich in der Arbeit durchzusetzen tut es not die Bedeutung dessen, was wir anstreben, zu überschätzen, solange es vor uns liegt. Dem Belesenen und kritisch Begabten mangelt oft diese Fähigkeit des Überschätzens. Dann fehlt der Reiz und der Mut zum Versuch. Röntgens Entdeckung, das Große, bedroht mein bescheidenes Problem. Lassen wir uns nicht entmutigen unser Öl aus dem Jodmethylat zu lieben (vgl. S. 175), uns daran zu begeistern.“ In seinem großen Optimismus gleicht Willstätter Baeyer.

Willstätters Fleiß, Gedächtnis und Arbeitsintensität waren ganz außerordentlich und erstreckten sich ebenso sorgfältig auf Amtsgeschäfte wie auf die Forschung. Seine Dienstwohnung in der Sophienstraße verließ er eigentlich nur zu offiziellen Anlässen. Eine Zusage zu einem Spaziergang, die ihm Sommerfeld abgerungen hatte, wollte er zurückziehen, als es in den Englischen Garten ging, das sei ja ein „Ausflug“. Ferien kannte er nicht, die waren zum Publizieren da. Aber gute Gedanken kamen ihm doch nur nach einer Pause, im Bad oder beim Kämmen, auch in Muße am Schreibtisch, nie in der Abspannung nach der Vorlesung. „Der Chemiker ist darin benachteiligt, daß er sich am Schreibtisch so fühlt wie der Fisch auf trockene-

nem Strand . . . Die Fähigkeit Auserwählter ist produktive Faulheit. Man muß Zeit haben, um darauf zu warten, daß es in uns denkt, und daß uns etwas einfällt . . .“ Dann aber die Prüfung im Experiment: „Die Widerlegung meines Einfalls, dieses Klügersein des Experiments ist das Beste, was uns vorkommen kann, wenn wir uns nur über keinen widersprechenden oder abweichenden Wert hinwegsetzen . . . Was ich selbständig und zwar auch gegen Baeyer zu lernen hatte, war die Erkenntnis, daß einmalige Beobachtungen nicht gelten, war die Pflicht, die Beobachtungen, die Experimente unbedingt zu wiederholen. Der Irrtümer bleiben auch dann noch immer genug . . .“

Willstätter war die künstlerische Freude an schönen Farben und Formen eigen, die sich an Blumen, Früchten, Bäumen, aber auch an besonders wohlgebildeten Kristallen seiner Pflanzenfarbstoffe und hochwertigen Gemälden entzünden konnte.

#### *Freiwilliger Rücktritt und Ausklang*

Diese Einblicke in Willstätters geistige Werkstatt vermittelt uns sein bewundernswertes Buch. Leider ahnt man darin auch, an welchen Widerständen sich sein Wille und seine Kraft vom Schulbesuch an gestählt haben: am Antisemitismus. Wir begreifen dann, daß er trotz der lebenerfüllenden Hingabe an Forschung und Unterricht schließlich im freiwilligen Rücktritt eine weithin sichtbare Demonstration gegen die antijüdischen Tendenzen durchgeführt hat. Am Abend des 24. Juli 1924, nachdem die Fakultät den besten verfügbaren Mann, den berühmten Mineralogen V. M. Goldschmidt, Oslo, von der Berufungsliste gestrichen hatte, erklärte Willstätter seinen Rücktritt. Auch hier war es wieder eine Pflicht, die er unter dem denkbar größten persönlichen Opfer erfüllen wollte: die, das Los seiner Stammesgenossen zu teilen und ihnen durch sein Warnungssignal an Deutschland vielleicht zu helfen – achteinhalb Jahre vor Hitlers Machtübernahme. Die wärmsten Vertrauenskundgebungen von Universität, Akademie, Ministerium und Studentschaft vermochten Willstätters Entschluß ebensowenig zu ändern wie zwölf auswärtige Rufe, die er ausschlug. Er lebte noch bis 1939 in München, ein deutscher Patriot, bis er, immer mehr bedrängt von der Gestapo, mit spärlichstem Besitz in die Schweiz auswandern mußte. Dort schuf ihm sein langjähriger Mitarbeiter und Freund Stoll in Locarno-Muralto ein freundliches Asyl „Eremitaggio“ für die dreieinhalb letzten Jahre seines Lebens, wo ihn das treue Fräulein Elise umsorgte, bis er am 3. 8. 1942 einem Herzleiden erlag. Dort schrieb er seine Lebenserinnerungen, die Stoll 1949 im Verlag Chemie, Weinheim, herausgeben konnte.



In der Zeit der Verfolgung zeigte sich erst besonders deutlich, was für ein Mann Willstätter war, mit welcher Würde, seelischen Kraft und Bescheidenheit er alle Unbill ertrug. „Während der Rhinozerostritt der Moira die Schicksale von Millionen Menschen zerstampft, während die Humanität um Jahrhunderte und Jahrtausende zurücksinkt, wird das Erleben des einzelnen . . . bedeutungslos oder nur als ein Mosaiksteinchen zu einem Kulturbild beachtlich.“

Ein Kulturbild von großartiger persönlicher Schau vermitteln uns seine Erinnerungen, wo akademisches Leben von Berlin, München und Zürich, Judentum und Persönlichkeiten der Chemie von einem Mann geschildert werden, der an hervorragender Stelle inmitten dieses kulturellen Milieus gewirkt hat.

#### Literatur

- R. Willstätter, Aus meinem Leben, herausgegeben von A. Stoll, Verlag Chemie 1949,  
 R. Kuhn, Richard Willstätter, Die Naturwissenschaften 1949.  
 W. Graßmann, Willstätters Arbeiten über Enzyme (unveröffentlicht).

#### HEINRICH WIELAND

##### *Lebensweg und Persönlichkeit*

HEINRICH WIELAND\* (1877–1957; Akademiemitglied 1916) wurde als zweiter Sohn des Dr. Theodor Wieland in der Goldschmiedestadt Pforzheim geboren, wo der Vater Inhaber einer Scheideanstalt für Edelmetalle war. So standen schon Säureflaschen an der Wiege des Knaben Heinrich. Die Schule und das humanistische Gymnasium besuchte er in der Vaterstadt. Die ersten Semester des Chemiestudiums verbrachte er in München, Stuttgart und Berlin, um dann endgültig im Sommer 1899 nach München zurückzukehren, wo er mit vierundzwanzig Jahren als Mitarbeiter Joh. Thieles promoviert. Drei Jahre später habilitiert er sich und heiratet am 31. 3. 1908 Josephine Bartmann, die ihm in glücklichster Ehe drei Söhne und eine Tochter geschenkt hat. Nach neun Jahren Dozentenzeit, in deren letzten er auch die chemische Technologie mit einem Lehrauftrag vertritt, wobei er u. a. sogar Metallurgie und technische Gasreaktionen liest, wird er planmäßiger Extraordinarius (1913) und Vorstand der organischen Abteilung des Laboratoriums der Bayerischen Akademie der Wissenschaften.

Es war charakteristisch für die Verhältnisse im Laboratorium Baeyers, mit seinem Mangel an Nebenräumen, daß Wieland bis zu seinem sechsunddreißigsten Jahr, als hochangesehener Dozent und außerplanmäßiger Professor, noch einen einfachen Arbeitsplatz im Saal IV innehatte, den er auch

bezahlen mußte. Erst als planmäßiger Extraordinarius erhielt er das für die Abteilung zuständige „Privatlaboratorium“. 1916 wurde Wieland Mitglied unserer Akademie.

Die Habilitationsschrift von Wieland behandelte das Thema: „Über Additionen mit den höheren Oxyden des Stickstoffs an die Kohlenstoffdoppelbindung“. Diese Arbeit wurde von einem sarkastischen Kollegen als „Fingerübungen am stummen Klavier“ bezeichnet. Ja, in der Tat, das waren äußerst schwierige Fingerübungen mit Reagenzglas und Glasstab, um die widerstrebendsten Substanzen und Gemische, die bei der Anlagerung der nitrosen Gase entstehen, zum Kristallisieren und damit zur Reinheit zu bringen, experimentelle Übungen, die sich später reichlich lohnten. Es folgten aber dann bald Sonaten über die Knallsäure, über Derivate des Hydroxylamins, Konzerte über freie Radikale, über Alkaloide und Pterine, Symphonien über die enzymatische Dehydrierung organischer Verbindungen und über die Gallensäuren, welche letztere 1927 mit dem Nobelpreis gekrönt wurde.

Baeyer wurde von seinen Mitarbeitern immer der „Geheimrat“ genannt, Willstätter der „Chef“, Wieland der „Meister“. Dieser Ehrentitel geht zum Teil auch auf die erfolgreichen Fingerübungen zurück, die man von ihm lernen konnte, vor allem aber auf die Meisterschaft und Energie, eine steckengebliebene Arbeit durch persönliches geistiges und experimentelles Eingreifen wieder flott zu kriegen. Bekannt war auch seine scharfsinnige, messerscharfe Kritik, in der er wohl seine Vorgänger – mit Ausnahme von Liebig – übertraf. Allerdings folgte dem primären absoluten „Nein“ später manchmal ein begütigendes: „Hano, es könnte ja doch etwas dran sein“. Wielands Kritik zwang häufig die jüngeren Kollegen im Saal IV, ihre Schlüsse experimentell noch stärker zu unterbauen. Sein Rat war daher sehr geschätzt und produktiv; Wieland war – ohne auch nur einen Augenblick seine fleißige Laborarbeit zu unterbrechen – unendlich geduldig im Anhören der Jüngeren.

Der Verfasser kann als langjähriger Laboratoriumsnachbar bezeugen, mit welcher Zähigkeit und welchem Mut Wieland seinen Problemen nachging. Bei der Umsetzung von Bromcyan mit Hydroxylamin sah man den jungen Forscher wochenlang mit hochgeschwollenem Gesicht experimentieren. Bei der Knallsäurearbeit stand er einmal vor seinem eben beschickten Exsiccator und ging dann einen Augenblick aus dem Saal, den die im Exsiccator verwahrte Substanz glücklicherweise abwartete, um zu explodieren. Genau in der Richtung, wo Wieland eben gestanden war, flog ein dickes gläsernes Sprengstück, das in drei Meter Entfernung eine Reagenzflasche glatt durchschnitt.

Im ersten Weltkrieg sehen wir Wieland in Berlin-Dahlem am Kaiser-Wilhelm-Institut für Chemie, wo ihm Haber – nach Willstätters Weggang nach München – dessen Laboratorium als Forschungsabteilung für organische Kampfstoffe übertrug. Zahlreiche Kollegen wie L. Kalb, H. Lecher, W. Madelung, K. H. Meyer, W. Prandtl, R. Pummerer werden alsbald in diese Abteilung kommandiert. Wieland stand schon dem ersten Weltkrieg von Anfang an äußerst skeptisch gegenüber – vom zweiten gar nicht zu reden.

1917 erhält Wieland den Ruf als Ordinarius für organische Chemie an die Technische Hochschule München und pendelt zwischen hier und Dahlem; ab 1921 sehen wir ihn als Institutsdirektor in Freiburg, wo er vier seiner glücklichsten und produktivsten Jahre in der badischen Heimat verbringt. Nach Willstätters Freiresignation gibt es keine Frage, daß Wieland 1925 seine Nachfolge antritt. Das biochemische Laboratorium wird pietätvoll in Willstätter-Laboratorium umbenannt, eine Willstätterbüste neben der Liebigs und Baeyers aufgestellt.

Zu Beginn des Rechnungsjahres 1938/39 geht das Staatslaboratorium aus der Verwaltung der Akademie in die der Universität über. Die historische Forschungsstätte, in der auch Wieland unvergängliche rein chemische und biochemische Arbeiten vollbracht hat, versinkt in den Jahren 1943/44 durch Bombenangriffe in Schutt und Asche. In den oberen Stockwerken des Zoologischen Instituts und in Weilheim sucht und findet Wieland mit seinen Getreuen behelfsmäßige Unterkunft. Beim Einzug der Amerikaner blieb es selbst einem Wieland nicht erspart, aus seinem behaglichen Heim auf der Höhe über dem Starnberger See auf einige Zeit ins Nebenhaus seines Schwiegersohnes Lynen vertrieben zu werden.

1952 tritt Wieland zurück, um einer jüngeren Kraft die verantwortungsreiche und anstrengende Aufgabe des Neubaus zu übergeben.

Von Wielands Schülern hat sich eine stattliche Anzahl (fünfzehn, außer dem Seite 190 erwähnten Hans Lecher) habilitiert und wirkt heute an deutschen Hochschulen fort. Vorweg seien die vier heutigen Ordinarien mit ihren Habilitationsjahren genannt: CLEMENS SCHÖPF (1927), GOTTWALT FISCHER (1929), FEODOR LYNEN (1942) und Rolf Huisgen (1947). Ferner die Meisterin der Gallensäuren Elisabeth Dane (1934), Wilhelm Franke (1934), Friedrich Klages und Karl Meinel (1935), Günther Endres (1936), Franz Wille (1942), Rudolf Hüttel (1943), Robert Purmann und Werner Schmitt (1944), Bernhard Witkop (1946), Hans Behringer (1951). Alfred Bertho hat sich von Heidelberg nach München umhabilitiert und teils mit Wieland, teils selbständig den Kreis durch biochemische Arbeiten bereichert.

Wie auf seine Vorgänger wurden auch auf Wieland vielerlei Ehrungen gehäuft. Außer dem Nobelpreis zierten ihn die Ehrenmitgliedschaften der



berühmtesten auswärtigen chemischen Gesellschaften, drei Ehrendoktorwürden, der Friedensorden Pour le mérite und der Otto-Hahn-Preis für Chemie und Physik.

Am 5. August 1957 verließ uns Heinrich Wieland für immer. Am 8. August nahm sein Freund Walther Gerlach am Grabe das Wort zum Abschied von dem Menschen und Kollegen: „... Ich habe ihn bewundert und geliebt wie Tausende es taten, von denen viele, viele hier stehen würden, wenn unser Heinrich Wieland nicht so still, wie er durchs Leben ging, auch aus diesem scheiden wollte. Der Mann, dessen Ruhm als einer der ganz großen Chemiker in aller Welt erklang, blieb bis zum Ende seiner Tage der die Öffentlichkeit, alle Publicity scheuende Mensch.

Bescheidenheit und Stolz waren in wunderbarem Gleichgewicht – Stolz auf die Leistung, hinter der die Person zurückzutreten hat; das verlangte er von anderen, wofür er selbst das Beispiel gab. Stets bereit zur Diskussion, blieb er hartnäckig bei seiner Meinung, wenn die Gegenargumente nicht überzeugten – in Fragen der Wissenschaft wie in Fragen des Lebens. Hier lag die Wurzel für sein Rechtsempfinden, in gleicher Weise aber auch für die ungewöhnlichen Erfolge seiner wissenschaftlichen Arbeit. Denn für solchen Stolz ist unabdingbare Voraussetzung ein selbständiges Denken. ‚Ich löste mich sehr bald vom Arbeitsgebiet meines Lehrers, um nach eigenen Ideen zu arbeiten‘, sagte er einmal zu mir, als wir vor Jahren über die richtige Anleitung des wissenschaftlichen Nachwuchses sprachen.

... In seinem Institut, in seiner Fakultät blieb er jahraus, jahrein der gleiche: der unendlich fleißige, stille, solide akademische Lehrer der alten Schule – verehrt und gefürchtet ob seiner unbestechlichen Strenge – und letzten Endes doch geliebt, wenn eine falsche Antwort zu einer der berühmten humorvollen Ausdeutungen führte und die Bitterkeit des Durchfalls in der Prüfung nahm. Soviel er sich auch bemühte, eine rauhe Schale um das Herz zu legen – überquellend von Wohlwollen und Sorge für alle, die ihm anvertraut waren, sprengte es sie.

Alle Unklarheit, gar Unoffenheit waren ihm verhaßt – hier konnte er ernstlich ungemütlich werden. Wenn er in der Fakultät mit den Worten anfing ‚Ich verstehe das gar nicht, das ist doch Unsinn‘ – Unwillen und immer etwas Spott in den Augen –, dann wußte jeder, daß nun bald Klarheit herrschte! In den schweren Jahren des Dritten Reiches gehörte er zu den festen, zuverlässigen Stützen des Rechts. Wie vielen, die in Not waren, half er innerhalb und außerhalb seines Instituts und seines Hauses; wie vielen war er hier auch, wo es nottat, Vorbild für menschliche und akademische Würde. Mir steht noch eine Sitzung vor Augen, zu welcher die Institutsvorstände befohlen waren; Wieland sagte etwas – der Parteigewaltige frug:

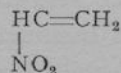
„Wer ist das denn, Wieland? – kenne ich nicht“, worauf unser Heiner sagte: „So, dann kann ich ja gehen“ – er nahm in aller Ruhe seinen Hut von der Wand und ging – und die Sitzung wurde geschlossen. Es ist unmöglich, an Wieland zu denken, ohne den fröhlichen geselligen Genossen vor Augen zu haben, den Freund der Künste, insbesondere der Musik und der Malerei, und den auch helfenden Freund der Künstler . . .“

### *Wissenschaftliche Arbeiten*

#### *I. Anlagerungsreaktionen*

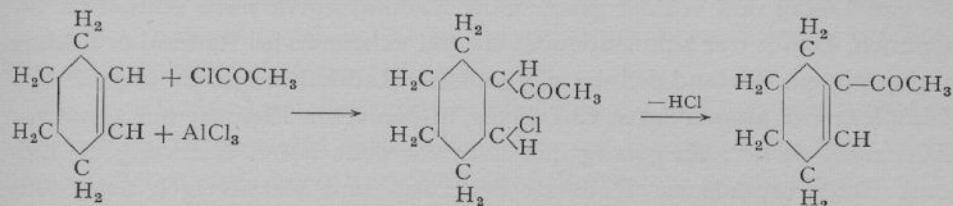
Bei einzelnen Olefinen und bei Terpenen war die Anlagerung von  $\text{Cl-NO}$  und  $\text{N}_2\text{O}_3$  an die Doppelbindung zur Charakterisierung untersucht worden und hatte Nitrosochloride und Nitros(onitr)ite ergeben. Wieland studierte bei aromatischen Verbindungen, die in der Seitenkette eine Doppelbindung oder eine  $\beta$ -Diketongruppierung trugen, systematisch die Anlagerungsmöglichkeiten von  $\text{N}_2\text{O}_3$  und  $\text{N}_2\text{O}_4$  und fand, daß von den zehn Möglichkeiten der Anlagerung sieben realisiert werden können. Davon kommt den Pseudonitrositen und Dinitrüren das größte Interesse zu. Bei der Anlagerung der beiden Stickoxyde weist Wieland auf die Analogie mit den Halogenen hin, da beide in Lösung als Moleküle und nicht als Radikale  $\text{NO}$  und  $\text{NO}_2$  reagieren. Die damals noch ziemlich gebräuchlichen Anhydridformeln  $\text{ON-O-NO}$  und  $\text{ON-O-NO}_2$  lehnt er ab und tritt für  $\text{ON-NO}_2$  und  $\text{O}_2\text{N-NO}_2$  ein, zumal auch die blaue Farbe des  $\text{N}_2\text{O}_3$  für eine Nitrosoverbindung spricht. Beim Butadien konnte er im Thieleschen Sinn 1,4-Addition von 2  $\text{NO}_2$ -Gruppen nachweisen, während es mit  $\text{Br}_2$  zu Thieles großer Enttäuschung auch in 1,2-Stellung reagiert hatte.

Besonderen pädagogischen Wert hatte Wielands Eintreten für die Benzolformel Thieles und seine Herausarbeitung der Parallelen zwischen der Benzoldoppelbindung und der aliphatischen des Äthylens. Eine Zusammenfassung darüber brachte er in der Festrede zu Kekulé's hundertstem Geburtstag 1928 vor der Deutschen Chemischen Gesellschaft. Wielands Isolierung des Nitroäthylalkohols aus der Kekulé'schen Reaktionsmischung von Äthylen und Salpeterschwefelsäure wurde als Anlagerung von  $\text{NO}_2/\text{OH}$  an die Doppelbindung mit nachfolgender Veresterung gedeutet. Abspaltung von Wasser mittels Kaliumhydrogensulfat lieferte das hochaggressive Nitroäthylen



Ähnlich versuchte Wieland auch die Anlagerung von rauchender Schwefelsäure an Äthylen in Parallele zu setzen zur Sulfonierung des Benzols. Ein

Modellversuch für die Friedel-Crafts'sche Reaktion war die Anlagerung von Acetylchlorid an die olefinische Doppelbindung des Cyclohexens, die teilweise von einer Abspaltung von Chlorwasserstoff gefolgt ist, so daß analog dem Verlauf beim Benzol das Acetylcyclohexen entsteht. In Gegenwart des Katalysators Aluminiumchlorid wird aller Chlorwasserstoff zu Acetylcyclohexen abgespalten.

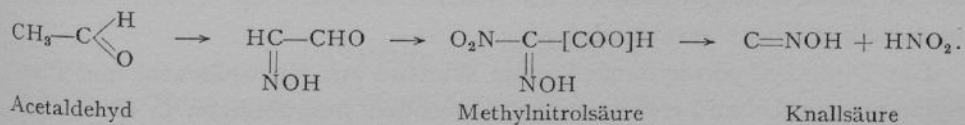


Im Gegensatz zu Äthylen addiert Benzol nicht ohne weiteres Brom, sondern nur in Gegenwart eines Katalysators ( $\text{AlCl}_3$  oder  $\text{FeCl}_3$ ).

Die primäre Anlagerung eines Brommoleküls an eine der latenten Doppelbindungen des Benzols unter Bildung von Dibromcyclohexadien, bevor die Abspaltung von Bromwasserstoff zu Monobrombenzol erfolgt, hielt Wieland allerdings nicht für streng bewiesen. Der Katalysator beschleunigt zweifellos die Abspaltung des Halogenwasserstoffs. Heute sieht man seine Wirkung nach P. Pfeiffer vor allem in der Polarisation des Brommoleküls zu  $\text{Br}^+$ ,  $\text{Br}^-$  bzw. des Acetylchlorids zu  $\text{Cl}^-$  und  $\text{O}=\text{C}^+-\text{CH}_3$  und nimmt einen Ionenmechanismus der Substitution an, in dem diese positiven Ionen mit den Kernelektronen des Benzols reagieren. Zwischenverbindungen aus Katalysator und beiden reagierenden Komponenten sind wahrscheinlich.

Enthält der Benzolkern eine stickstoff- oder sauerstoffhaltige Gruppe, so lassen sich Zwischenprodukte der Bromaddition fassen. So hat Wieland blaue Tribromide des Tritolylamins und Trianisylamins isoliert, die für Ernst Weitz später ein Ausgangspunkt für die Annahme von Radikalsalzen des Stickstoffs (Aminiumverbindungen) wurden.

Wielands meisterhafte Arbeit über den Mechanismus der Knallsäurebildung bei der von Liebig ausgearbeiteten Reaktion zwischen Salpetersäure und Alkohol in Gegenwart von Quecksilber führt über Acetaldehyd, dessen Isonitrosoverbindung und nach Nitrierung, Oxydation und Decarboxylierung über Methylnitrolsäure zur Knallsäure



Die Formel der Knallsäure ist hier noch die damals von Wieland benützte.

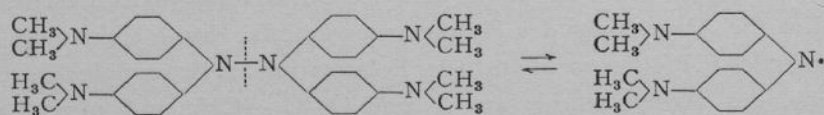


Die verschiedenartige Polymerisation der Knallsäure zu zwei Fulminursäuren wurde aufgeklärt.

## II. Freie organische Radikale

Seit der Entdeckung des Triphenylmethyls (S. 165, IX) durch Gomberg hat der von Liebig und Wöhler geschaffene Radikalbegriff neue Aktualität bekommen. Damit war zum erstenmal ein frei existierendes Radikal in Lösung nachgewiesen. Wieland definierte organische Radikale als „freie ungesättigte Komplexe von atomartigem Charakter, in denen ein Element mit abnormer Valenzzahl wirkt“. Es gelang ihm kurz vor dem ersten Weltkrieg, die Existenz freier organischer Radikale des zwei- und vierwertigen Stickstoffs nachzuweisen, die er mit dem Stickstoffmonoxyd und -dioxid in Parallele stellte.

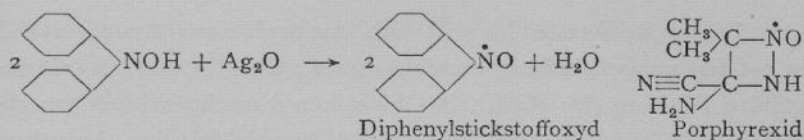
Das farblose Tetraphenylhydrazin zeigt beim Erwärmen grüne Lösungen, die sich im Sinne von Radikallösungen zersetzen. Aber der kryoskopische Nachweis, daß tatsächlich Radikaldissoziation eines Tetraarylhydrazins im Sinne des Gleichgewichts



eintritt, konnte erst beim Tetra(p-dimethylaminophenyl)-hydrazin erbracht werden. Es zeigt in der gelben gefrierenden Nitrobenzollösung 20% Radikaldissoziation im Sinne der rechten Gleichungsseite.

Zum Unterschied von den Radikalen mit dreiwertigem Kohlenstoff reagieren die Diphenylstickstoffradikale nicht mit dem Sauerstoff der Luft. Wohl aber addieren sie Stickoxyd unter Bildung vom Nitrosamin des betreffenden Diphenylamins. Beim Erwärmen der Tetraarylhydrazine tritt Disproportionierung ein, indem sich wasserstoffreicherer Diarylamin und wasserstoffärmeres Diarylazin bildet. Überraschend war die Tatsache, daß die Einführung von Diphenylresten statt der Phenylreste in das Tetraphenylhydrazin die Dissoziation keineswegs vermehrt, wie es Schlenk beim Triphenylmethyl gezeigt hatte (S. 171). Dagegen bewirkten o-ständige Methylgruppen im Benzolkern diesen Effekt, weil dadurch, wie wir heute wissen, die Lage der Benzolkerne in derselben Ebene gestört wird.

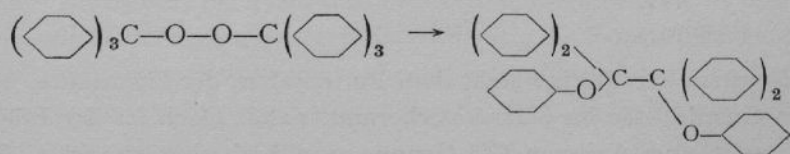
Das Diphenylhydroxylamin konnte Wieland aus Nitrosobenzol und Phenylmagnesiumbromid erst nach langdauernden Bemühungen in einer Grignard-Synthese darstellen.



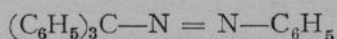
Mit Silberoxyd ließ es sich zum rotbraunen Diphenylstickstoffoxyd dehydrieren, einem Radikal mit vierwertigem Stickstoff, das ein ähnlich charakteristisches Absorptionsspektrum wie das Stickstoffdioxyd zeigt, aber im Gegensatz zu diesem auch bei tiefen Temperaturen keine Neigung zur Entfärbung durch Dimerisierung erkennen läßt.

Das erste Radikal mit vierwertigem Stickstoff hat O. Piloty schon 1903 in seinem roten Porphyrexid beschrieben, aber erst Wieland konnte mit seiner übersichtlichen einfacheren Verbindung zur allgemeinen Anerkennung durchdringen. Nachträglich zeigte R. Kuhn, daß auch Porphyrexid den für freie Radikale charakteristischen Paramagnetismus besitzt, der auf dem Vorhandensein eines unverbundenen Elektrons beruht, das in den Radikalformeln jetzt durch einen Punkt angedeutet wird. Durch Dehydrierung des Porphyrexids an der NH-Gruppe hat Piloty durch N-N-Verkettung das blaue Porphyrindin erhalten, ein Doppelradikal mit zwei vierwertigen Stickstoffatomen, deren freie Elektronen nach Kuhn nicht kompensiert sind.

Auf dem Gebiet der Kohlenstoffradikale verdanken wir Wieland den in Lösung geführten Nachweis, daß das Radikal des Kristallvioletts auch nur orangegelb gefärbt ist wie Triphenylmethyl. Hier besitzen also die drei Dimethylaminogruppen keinerlei farbverstärkende Wirkung wie in den polaren Farbsalzen. Im Triphenylmethangebiet ist die Darstellung von Triphenylmethansulfinsäure und die Aufklärung der Aldehydreaktion mit Fuchsin-schwefeliger Säure noch bemerkenswert. Eine interessante Umlagerung des Triphenylmethylperoxyds beim Erhitzen führte Wieland zum Tetraphenyl-symm. diphenoxyäthan, was als primäre Dissoziation an der Peroxybrücke mit folgender Umlagerung gedeutet wurde:



Aus Triphenylchlormethan und Phenylhydrazin erhielt Wieland das Phenylhydrazo-triphenylmethyl, hieraus durch Dehydrierung die Azoverbindung



Bei deren Erwärmen in Petroläther entsteht unter Stickstoffentwicklung Triphenylmethyl und intermediär das Radikal Phenyl, das dem Petroläther

ein Atom Wasserstoff entzieht und sich dadurch zum Benzol stabilisiert. Aus der p-Chlorazoverbindung entsteht analog Chlorbenzol, womit auch die intermediäre Bildung des Radikals Chlorphenyl nachgewiesen wurde.

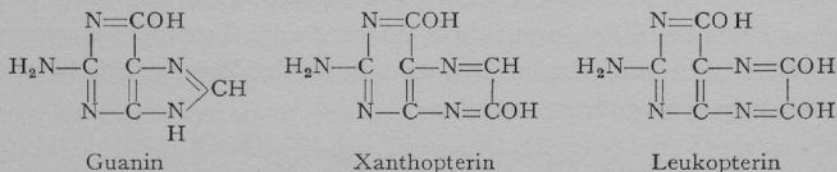
In anderen Fällen konnte Wieland die damals häufige Annahme von Radikalen als Reaktions-Zwischenprodukte scharf widerlegen, so bei der Benzidinumlagerung, der Umlagerung von aromatischen Nitrosaminen in p-Nitrosoverbindungen und bei der Hitzezersetzung (korrelative Hydrierung und Dehydrierung) von Hydrazobenzol zu Anilin und Azobenzol.

### III. Alkaloide

Schon in der Zeit des Extraordinariats begann Wieland Arbeiten im Alkaloidgebiet, das ihm durch verwandtschaftliche Beziehungen zur Familie Boehringer, Ingelheim, nahe lag. Die Knorr-Hörleinsche Formel des Morphins konnte in einem wichtigen Punkt korrigiert werden, der auch in R. Robinsons endgültigem Konstitutionsbild erhalten blieb.

Pharmazeutisch besonders wertvoll wurde die Strukturaufklärung und Synthese der Lobeliaalkaloide, da das Lobelin zur Erregung des Atemzentrums, besonders bei Neugeborenen, große Bedeutung erlangt hat. Auf die pharmakologische Wirkung der Lobeliaalkaloide hatte Wielands jüngerer Bruder Hermann, der leider so früh verstorbene hochbegabte Pharmakologe, aufmerksam gemacht.

Als eine wichtige neue Klasse von Naturstoffen wurden die „Pterine“ erschlossen, Leukopterin und Xanthopterin, ein weißes und gelbes Flügelstaubpigment der Schmetterlinge, für deren Untersuchung mehrere Zehntausende von Kohlweißlingen und Zitronenfaltern ihr Leben lassen mußten.



Das Ringsystem der Pterine steht dem Purinsystem der Harnsäure, besonders dem Guanin, das im Guano vorkommt, nahe. Doch ist der Fünfring durch Eintritt einer weiteren CH-Gruppe zum Sechsring erweitert. Außer Wielands Namen ist bei der Aufklärung dieses Gebietes noch der seiner Schüler R. Purmann, der auch die Synthese durchführte, und C. Schöpf zu nennen. Das Pteringebiet ist ein Musterbeispiel dafür, wie eine ursprünglich ganz ausgefallen erscheinende Stoffklasse große Aktualität gewinnen kann. Denn das Pterinsystem ist später als Bestandteil eines wichtigen Wirkstoffs, der Folsäure, und einiger Wachstumsfaktoren erkannt worden. In der



Natur ist selten etwas von vereinzelter Bedeutung, darum lohnt es sich immer, neuartigen Stoffen nachzuspüren, auch wenn sie zunächst äußerst schwer erreichbar sind.

Eine große Zahl von Arbeiten (34) widmete Wieland der Erforschung der bereits vieluntersuchten giftigen Strychnosalkaloide Strychnin und Brucin, die eines der kompliziertesten Strukturprobleme der Alkaloidchemie darstellen. Erst vor wenigen Jahren konnte R. Robinson unter Verwendung eigener und der Wielandschen Arbeiten wie der über 100 vorangegangenen von K. Leuchs die richtige Konstitutionsformel erschauen.

Auch der Gruppe der Calebassen-Curare galten Wielands Bemühungen und der Isolierung der heimtückischen Giftstoffe des grünen Knollenblätterpilzes, dem Phalloidin und den Amanitinen. Ihre Aufklärung wurde von Theodor Wieland in einer Reihe von sehr schwierigen Arbeiten erst kürzlich vollendet. Wie die Wirkung ist auch die Konstitution dieser Gifte ganz eigenartig, da sie eine zum Ring geschlossene Oligopeptid-Gruppe, gebunden an ein Alkaloid, enthalten.

#### *IV. Die Gallensäuren*

Das Jahr 1912 ist ein Markstein in der Geschichte der Wielandschen Forschungen. Es werden zwei große biochemische Gebiete sichtbar, denen er sich zugewandt und denen er in der Folge je etwa fünfzig Arbeiten gewidmet hat. Sein Griff nach den Gallensäuren muß als besonders gescheit und glücklich bezeichnet werden. Denn das Ringsystem der Cholsäure hielt man schon wegen des gemeinsamen Vorkommens in der Galle ( $\chiολή$ ) als irgendwie dem Cholesterin und damit der weitverbreiteten Klasse der Tier- und Pflanzensterine nahestehend. Es erwies sich dann, daß auch die Herzgifte von Digitalis und Meerzwiebel, ferner die neutralen Saponine, das als Provitamin D erkannte Ergosterin der Hefe und die Keimdrüsenhormone in diese riesige Gruppe von Naturstoffen gehören. Darum hatte die Konstitutionsaufklärung der Gallensäuren so weittragende chemische und physiologische Bedeutung. Als Ausgangsmaterial waren sie aus der Rindergalle in Massen zugänglich, viel bequemer als die Sterine.

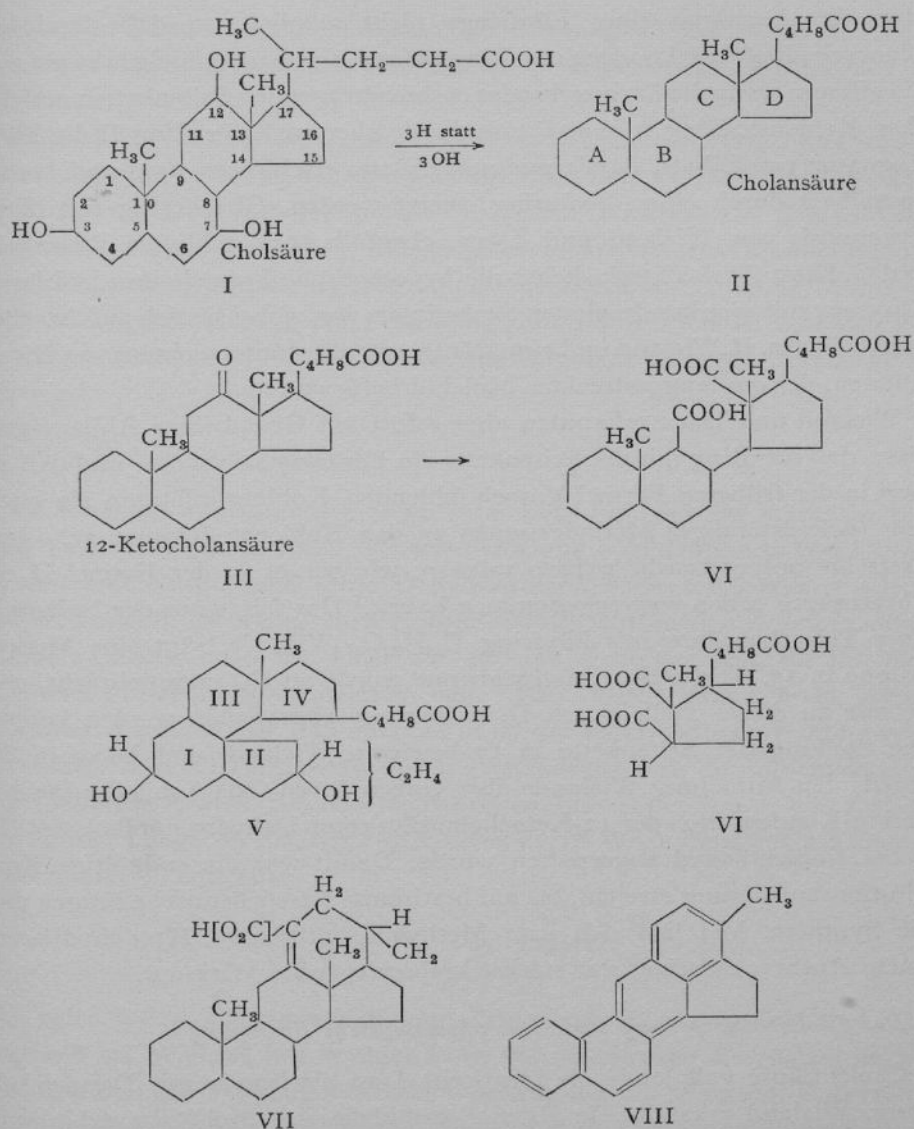
Wielands Arbeit geht von der Cholsäure aus, deren Formel I vorweggenommen sei. Ihr aus vier Kohlenstoffringen bestehendes Kohlenstoffskelett bietet in drei verschiedenen Ringen in Form von Hydroxylgruppen Einfallspforten für den Abbau dar, der große Vorteil gegenüber dem Cholesterin. Als erstes wird durch Abspaltung von drei Molekülen Wasser die dreifach ungesättigte Cholatriensäure und dann durch deren Hydrierung die Stamm-

substanz der Gallensäuren, die Cholansäure (II), dargestellt. 1919 gewinnt Windaus die gleiche Säure aus Pseudocholestan, dem nur räumlich vom Grundkohlenwasserstoff Cholestan verschiedenen Isomeren, durch oxydative Abspaltung einer Isopropylgruppe am Ende der Seitenkette. Damit war die lange vermutete konstitutionelle Zusammengehörigkeit der Sterine und Gallensäuren experimentell gesichert.

ADOLF WINDAUS (Akademienmitglied seit 1927) hatte seit 1903 das Cholesterin nach den verschiedensten Richtungen untersucht, die Seitenkette als verzweigten Octylrest aufgeklärt, den Ring mit der Hydroxylgruppe als Sechsring, den benachbarten mit der Kohlenstoffdoppelbindung als Fünfring aufgefaßt. Diese Schlüsse waren durch oxydative Aufspaltung der beiden Ringe zu Dicarbonsäuren und deren Erhitzung mit Essigsäureanhydrid nach Blanc gezogen worden. Dicarbonsäuren mit sechs und mehr Kohlenstoffatomen geben dabei Ringketone, solche mit fünf oder vier Kohlenstoffatomen Anhydride. Diese Blancsche Methode wurde von Wieland wesentlich abgeändert und vereinfacht, indem er den Gewichtsverlust der Dicarbonsäuren beim Erhitzen im Hochvakuum feststellte, der nur von  $H_2O$ - oder außerdem auch von  $CO_2$ -Verlust herrühren konnte. Sie ist die beherrschende Methode des Gallensäureabbaus geworden, die die Aufarbeitung der Brenzprodukte sehr erleichterte.

Die Cholsäure wurde als 3,7,12-Trioxycholansäure, die Desoxycholsäure der Galle als 3,12-Dioxycholansäure, die Lithocholsäure als 3-Oxycholansäure erkannt. Die Oxysäuren konnte man zu Ketosäuren dehydrieren oder direkt die Ringe oxydativ aufspalten. Eine große Schar von Abbauprodukten dieser Gallensäuren hat Wieland mit zahlreichen Mitarbeitern dargestellt und ihre gegenseitigen Beziehungen geordnet. Er ist dabei unter schrittweisem Abbau der Kohlenstoffatome bis zur Solanellsäure vorgedrungen, die nur mehr ein Ringsystem enthält. Die Auswertung der komplizierten Erhitzungsergebnisse der Di- und Polycarbonsäuren erforderte sehr viel Scharfsinn.

Entscheidend war die Möglichkeit, in Tri- und Diketocholansäuren schrittweise die  $>C=O$ -Gruppen in  $>CH_2$ -Gruppen zu verwandeln und so zu der 12-Ketocholansäure und isomeren Säuren vorzustoßen. Bei der Verleihung des Nobelpreises (1927) gerade wegen der Forschungen über die Gallensäuren bekam Wieland zunächst einen gewaltigen Schreck. Denn er hatte wohl eine gigantische Abbau- und Aufklärungsarbeit geleistet, aber es war noch keine endgültige Konstitutionsformel gesichert. 1928 stellte er die hypothetische Formel V auf, bei der die Unterbringung von 2 Kohlenstoffatomen noch fraglich war.



Die Gruppierung der Ringe I und II war von Windaus, der 1928 ebenfalls den Nobelpreis erhielt, auf Grund seiner Cholesterinarbeiten (s. oben) vorgeschlagen worden, weil die Dicarbonsäure, die durch Aufspaltung des Rings II entsteht, nach Blanc nur ein Anhydrid und kein Ringketon liefert, so daß II als Fünfring angesprochen wurde. Wieland und Dane zeigten 1932, daß die 12-Ketocholansäure (III), die ihre Ketogruppe im Ring III trägt, bei der oxydativen Aufspaltung eine Tricarbonsäure (IV) liefert, die beim Erhitzen auch ein Anhydrid und kein Ringketon liefert. Für Ring III war



aber die Annahme eines Fünfrings nicht möglich, so daß damit die Blancsche Regel für kondensierte Ringsysteme als unzuverlässig erkannt war. Sie gilt nur, wenn die Carboxyle oder carboxyltragenden Seitenketten am gleichen Kohlenstoffring stehen. Damit wurde aber auch für Ring II die Fünfringnatur zweifelhaft, da sie nur nach Blanc erschlossen war, und konnte vorteilhaft durch einen Sechsring ersetzt werden. Gleichzeitig mit dieser Erkenntnis von Wieland und Dane, ebenfalls 1932, schlugen Rosenheim und G. KING für das Sterinskelett die hypothetische Formel eines hydrierten Chrysens mit vier kondensierten Sechsringen vor, wobei sie sich auf Arbeiten von O. DIELS, H. Wieland und eine Röntgenstrukturuntersuchung von Bernal stützten, der ein langgestrecktes Molekül befürwortete.

Wieland und Dane erkannten aber sofort auf Grund ihrer Abbauergebnisse, daß der Ring mit der Seitenkette ein Fünfring sein müsse und daß die zwei in der früheren Formel V noch fehlenden Kohlenstoffatome als quartäre (achselständige) Methylgruppen an den Kohlenstoffatomen zehn und dreizehn untergebracht werden müssen, wie wir es in der Formel II der Choleinsäure schon vorweggenommen haben.<sup>1</sup> Das folgte aus der Isolierung einer Tricarbonsäure mit Fünfring  $C_{13}H_{20}O_6$  (VI); sie trägt eine Methylgruppe in 13. Die andere Methylgruppe wurde an  $C_{10}$  untergebracht, weil sie nur an dieser Stelle durch Dehydrierung abgespalten werden konnte. Die Stellung der Seitenkette in 17 bewiesen Wieland und Dane in der fünfzigsten Mitteilung Wielands über Gallensäuren (1933) mit der inneren Perkin-Kondensation der 12-Ketocholeinsäure zum Dehydro-norcholen (VII), wobei Kohlendioxyd abgespalten wurde. Damit war die endgültige Konstitutionsaufklärung erreicht, bis auf bestimmte stereochemische Fragen und die Synthese. VII ließ sich zum Methylcholanthen (VIII) dehydrieren, einem Anthracenderivat mit stärkster krebserregender Wirkung.

#### *Das Choleinsäureprinzip und seine physiologische Bedeutung*

Choleinsäure galt lange als identisch, dann als isomer mit Desoxycholsäure. Wieland erkannte sie als eine wohldefinierte Molekularverbindung aus acht Mol Desoxycholsäure und einem Mol Stearin-(Palmitin-, oder Öl-)säure. Alle Fettsäuren mit Ausnahme der Ameisensäure geben solche Choleinsäuren, wobei die Kettenlänge der Fettsäure die Zahl der gebundenen Desoxycholsäuremoleküle bestimmt.

Nicht nur wasserlösliche Säuren treten mit Desoxycholsäure zusammen, auch wasserunlösliche Stoffe wie Naphthalin, Azobenzol, Campher, Benzaldehyd. Die Choleinsäuren mit riechenden Komponenten sind völlig ge-

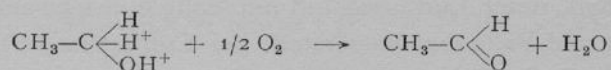
<sup>1</sup> Die Ringe werden jetzt mit A-D bezeichnet, ihre Reihenfolge ist nicht mehr mit I-IV identisch.

ruchlos, ein Beweis für die Festigkeit der Bindung. Cholsäure liefert keine derartigen Additionsprodukte. Camphercholeinsäure wurde als Cadechol in den Handel gebracht.

Wieland begründete die Ansicht, daß die Löslichmachung unlöslicher, per os eingeführter Stoffe mit eine wichtige Funktion der Galle darstellt, die sie mittels der Desoxycholate erfüllt. Die rasche Wirkung von Chinin oder Strychnin wird so verständlich, während man bisher erwarten mußte, daß sie im alkalischen Darmsaft als freie unlösliche Basen zur Fällung kommen müßten. Die Erscheinung der Fettlösung durch Desoxycholat läßt sich an der Milch sehr schön demonstrieren, die mit dem Reagenz durchsichtig klar wird.

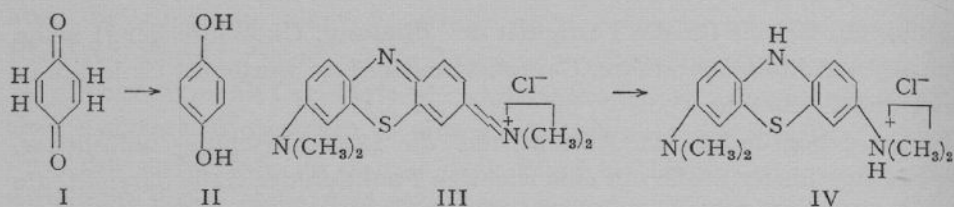
### V. Die Dehydrierungstheorie

Als Wielands umfassendste allgemeine Leistung, die am stärksten bis heute nachwirkt und in ihrer Weiterentwicklung jetzt Dutzende von Laboratorien beschäftigt, muß seine Dehydrierungstheorie bezeichnet werden. Der Wasserstoff der organischen Nahrungsstoffe wird in den Zellen in einer Kette von Substanzen von einer zur anderen weitergegeben, bis ihn der Sauerstoff der Atmung aufnehmen kann. Die Theorie ging von der lange bekannten Tatsache aus, daß Alkohol unter der katalytischen Wirkung von Palladium- oder Platinschwarz durch Luftsauerstoff zu Acetaldehyd oxydiert (dehydriert) wird. Al(cohol)dehyd(rogenatus) ist der Name, den Liebig dem Aldehyd gegeben hat, der aus Alkohol durch Wegnahme von 2 Atomen Wasserstoff (+) entsteht:



Man schrieb den Platinmetallen eine aktivierende Wirkung auf den Luftsauerstoff zu. Wieland hat in einer Fülle von klassischen Versuchen nachgewiesen, daß der Vorgang auf einer Übertragung des Wasserstoffs beruht.

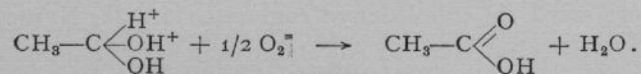
Schon 1912 war Wieland auf die Wasserstoff übertragende Wirkung von Palladiumschwarz aufmerksam geworden. Dihydronaphthalin wurde durch diesen Katalysator in Naphthalin und Tetrahydronaphthalin dismutiert, Hydrazobenzol in Azobenzol und Anilin. Bei der Alkoholdehydrierung zu Aldehyd hat der Sauerstoff der Luft nach Wieland nur die Funktion, die zwei Wasserstoffatome des Alkohols aufzunehmen. Der Beweis dafür wurde dadurch erbracht, daß man ihn durch andere Wasserstoffakzeptoren wie Chinon oder den chinoiden Farbstoff Methyleneblau ersetzen kann. Chinon (I) geht dabei in Hydrochinon (II), Methyleneblau (III) in das farblose Leukomethyleneblau (IV) (Dihydromethyleneblau) über.



Genau so wird auch das Sauerstoffmolekül  $\text{O}=\text{O} \rightarrow \text{HO}-\text{OH}$  zu Hydroperoxyd hydriert, das weiter zu Wasser hydrierend gespalten wird oder katalytisch durch Platinmetall zu Sauerstoff und Wasser dismutiert werden kann. In der Zelle besorgt dies das überall vorhandene Ferment Katalase. Denn Hydroperoxyd ist ein Zellgift und darf sich daher nicht anhäufen. Die katalytische Zersetzung des Peroxyds faßt Wieland auch als Dehydrierung eines Moleküls durch ein weiteres auf



Bei Vergärung des Alkohols zu Essigsäure wird der Acetaldehyd weiter durch Luftsauerstoff und das Ferment Aldehyd-(dehyd)rasedes Essigbakteriums (Essigmutter) in Essigsäure verwandelt. Wieland formuliert das ganz analog wie die Alkohol-dehydrierung, indem er zwei Wasserstoffatome (+) des Aldehydhydrats der Dehydrierung anheimfallen läßt.



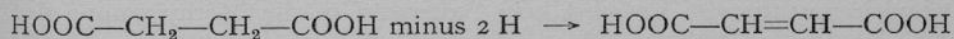
Feuchter Aldehyd, unter Luftausschluß mit Palladiumschwarz geschüttelt, gibt Essigsäure und Palladiumwasserstoff. Bei Luftzutritt verbrennt dieser Wasserstoff und die Reaktion geht weiter. Früher hatte man einen Eintritt des „aktivierten Sauerstoffs“ in das Aldehydmolekül zwischen C und H der Aldehydgruppe angenommen. Daß wasserfreie Aldehyde Sauerstoff in dieser Weise zu Persäuren anlagern können, hat Wieland nie bestritten und Baeyer am Benzaldehyd nachgewiesen (S. 164). Auch in diesem Fall konnte Wieland den Sauerstoff durch Chinon oder Metylenblau als Wasserstoffakzeptoren ersetzen. Die chinoiden Akzeptoren zeigen sichtbar den Vorgang der Hydrierung (Reduktion) durch den auf sie übertragenen Wasserstoff, der mit dem Dehydrierungsprozeß des Aldehydhydrats zu Essigsäure gekoppelt ist. In seinem Vortrag auf jener der Enzymchemie gewidmeten Naturforschertagung in Leipzig 1922 formuliert Wieland folgende grundlegende Sätze: „Es ist eine wichtige experimentell begründete Folgerung aus der hier vertretenen Theorie, daß die im Leben der Zelle zahlreich beobachteten Reduktionsvorgänge, die man unter die Wirkung besonderer reduzierender Enzyme



gestellt hat, sich als korrespondierende Erscheinungen der zellularen Oxydation darstellen. Die Hypothese der Sauerstoffaktivierung muß hier zwei Enzyme von ganz heterogener Wirkung ins Feld führen und ist völlig außerstande, den Vorgang der sauerstofflosen Essiggärung zu erfassen, der mit seinem stöchiometrischen Ergebnis von Dehydrierung (Oxydation) und Hydrierung sich sozusagen als Schulbeispiel in den Rahmen der neuen Vorstellungen einfügt.“

Solche korrelativen Vorgänge werden auch beim Schardinger-Enzym der Milch festgestellt: Es besitzt die Funktion der Aldehyd(dehyd)rase in Gegenwart von Sauerstoff, Methylenblau oder Chinon, wobei die letzteren zu den farblosen Dihydroverbindungen reduziert werden, der Aldehyd zu Essigsäure dehydriert wird. Bei Verwendung von Sauerstoff läßt sich hier endlich Hydroperoxyd nachweisen, woraus hervorgeht, daß das Sauerstoffmolekül analog hydriert wird, wie die chinoiden Verbindungen. Der Nachweis gelingt mit Cer(III)hydroxyd, das durch Hydroperoxyd in gelbes Cer(IV)-hydroxyd übergeführt und dann quantitativ erfaßt wird. Das Enzymsystem der Milch ist damit noch nicht erschöpft, auch Xanthin wird zu Harnsäure dehydriert. Beim Stehen verändert sich das Enzymsystem der Milch. Später wird auch bei anderen Mikroorganismen, deren Zellen keine Katalase enthalten, bei aerobem Leben Hydroperoxyd nachgewiesen. Damit ist der Theorie der experimentelle Schlußstein eingefügt.

Starke Unterstützung erhielt Wielands Lehre sehr bald durch des Schweden T. L. THUNBERG wichtige Entdeckung der Succino-dehydrase, die Bernsteinsäure zu Fumarsäure dehydriert:



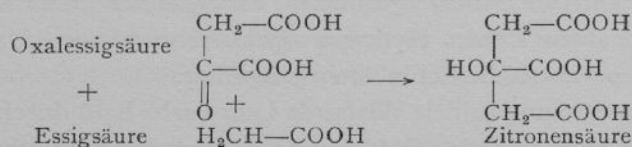
Fumarsäure lagert in Gegenwart von Fumarase Wasser an zur Apfelsäure, die nach Thunberg ohne Sauerstoffzufuhr mit chinoiden Verbindungen zu Oxalessigsäure dehydrierbar ist, der eine Schlüsselstellung beim Zitronensäurecyclus zukommt (siehe Seite 208).

Daß auch Essigsäure dehydrierbar ist, erkennen Thunberg und Wieland. Letzterer macht die denkwürdige Feststellung, daß „verarmte“ Hefe, also Hefe, die durch Schütteln mit Sauerstoff ihrer Inhaltsstoffe beraubt ist, die Fähigkeit besitzt, Acetat abzubauen zu Kohlendioxyd und Wasser, daß aber in der Lösung aus 15% der Essigsäure Bernsteinsäure und Zitronensäure gebildet werden. Schon lange vorher, in demselben Vortrag wie oben 1922, betont Wieland die biologische Bedeutung der Essigsäure im intermediären Stoffwechsel: „Der Abbau der Milchsäure, eines Abwandlungsprodukts des Zuckers, führt über die Stufen der Brenztraubensäure und des Acetaldehyds zur Essigsäure. Der sichere Nachweis dieser Säure als Zwischenprodukt der

Atmung fehlt bis jetzt, aber sie steht . . . breit inmitten der Bahn von jeglicher Atmungstheorie.“

Bei der Knoopschen  $\beta$ -Oxydation der Fettsäuren, jetzt durch Thunberg als Wasseranlagerung an  $\alpha$ ,  $\beta$ -ungesättigte Säuren erklärt, entsteht ebenfalls Essigsäure – hier aus einer  $\beta$ -Ketosäure durch Säurespaltung. Wieland zeigt, daß auch die  $\alpha$ -Aminosäuren des Eiweiß an aktiver Kohle mit Sauerstoff dehydriert werden über die Iminostufe zum Aldehyd unter Abspaltung von Kohlendioxyd. So entsteht aus Alanin Acetaldehyd, der weiter in Essigsäure übergehen kann, aus anderen Aminosäuren entstehen Aldehyde und Fettsäuren mit einer um ein C-Atom verkürzten Kette. So können die drei wichtigsten Kategorien der Nahrungsstoffe Essigsäure liefern.

Fast zwanzig Jahre lang aber währt das Ringen um die Erkenntnis, wie die Essigsäure weiter abgebaut wird. Wieland und Thunberg denken zuerst an die dimolare Dehydrierung zu Bernsteinsäure, Gedanken, die auch für die Brenztraubensäure diskutiert werden. Erst das Abbauschema von Krebs, das auf den Experimenten von Szent Györgyi und von Martius und Knoop aufbaut, klärt weiter auf. Die Essigsäure geht in den Zitronensäurezyklus ein, indem sie mit Oxalessigsäure zu Zitronensäure zusammentritt.



Auch der Abbau der Essigsäure ist eine Bestätigung der Wielandschen Dehydrierungstheorie. Es wird kein Sauerstoff in die Methylgruppe der Essigsäure hineingetragen, sondern auf kompliziertem Umweg über Kondensation, Dehydrierung, Decarboxylierung erreicht die Natur energiesparend die völlige Auflösung der Nähr- und Baustoffe zu Kohlendioxyd und Wasser. Der Sauerstoff des Kohlendioxyds stammt nie direkt aus dem Sauerstoff der Luft, sondern aus dem Wasser, das an ungesättigte Verbindungen wie Crotonsäure oder Fumarsäure angelagert wird unter Bildung von Oxysäuren. Diese werden dann weiter zu Ketosäuren dehydriert, die unter Decarboxylierung Kohlendioxyd liefern. Zitronensäure fällt in mehreren Phasen dem Abbau anheim. Martius und Knoop zeigten, daß sie über Oxalbernsteinsäure und  $\alpha$ -Ketoglutarensäure in Bernsteinsäure übergeht, wobei zwei Moleküle  $\text{CO}_2$  abgespalten werden.

Frühere Ansichten, daß Brenztraubensäure oder Acetessigsäure mit Oxalessigsäure zu Zitronensäure zusammentreten, ließen sich nicht halten. Wieland erhielt aus einem Mol Acetessigsäure mit Oxalessigsäure mehr als ein Mol Zitronensäure, was nur möglich ist, wenn Acetessigsäure vorher in

zwei Bruchstücke zu je zwei C-Atomen (Essigsäure) zerfällt. In Wielands Laboratorium zeigten Sonderhoff und Thomas, daß aus trideuterierter Essigsäure ( $\text{CD}_3\text{—COOH}$ ) mit Oxalessigsäure deuterierte Zitronensäure entsteht. (Deuterium (D) = schwerer Wasserstoff, Isotop mit dem Atomgewicht 2.) Sonderhoff fand auch, daß deuterierte Essigsäure von Hefe zum Aufbau von deuteriertem Ergosterin verwendet wird. Spätere Versuche mit radioaktiv markierter Essigsäure bestätigten das vollkommen. Die zentrale Rolle, die heute die „aktivierte Essigsäure“ in Form des Acetyl-Coenzym A von Lynen im Zellgeschehen spielt, hat Wielands Voraussage aus dem Jahr 1922 glänzend bestätigt und das neue Münchner Institut für Biochemie in der ganzen Welt bekannt gemacht.

Die Neuheit der Wielandschen Dehydrierungstheorie mag man auch vor allem aus dem überaus heftigen Angriff von Otto Warburg gegen diese Vorstellungen abschätzen, dem Wieland nur vornehm sachliche Abwehr entgegensetzte. Im Lauf der Zeit hat dann Warburg mit der Isolierung und Charakterisierung der Wasserstoff übertragenden Cofermente der Dehydrierungstheorie selbst einen Schlußstein eingefügt und zur Aufklärung des chemischen Mechanismus beigetragen. Damit ist eine versöhnliche Synthese der so bahnbrechenden Entdeckungen von Wieland und Warburg zustande gekommen. In der Mehrzahl der Stufen der „Atmungskette“ bis zu den Flavinen herrscht Dehydrierung bzw. Wasserstoffübertragung, vom Cytochrom ab ist der Wertigkeitswechsel eines Metallatoms, also Elektronenübertragung wirksam. Beim letzten Glied der Kette, dem „Atmungsferment“, wird höchstwahrscheinlich der Atmungssauerstoff durch Komplexbildung mit dem zweiwertigen Eisen eines Hämins eingefangen und übertragen. Der experimentelle Nachweis dieses Komplexes ist freilich noch nicht gelungen.

Literarisch ist Wieland in zwei Richtungen bedeutsam hervorgetreten. Seit 1922 hat er als Herausgeber und strenger Redakteur von „Justus Liebigs Annalen der Chemie“, unserer ältesten chemischen Zeitschrift, zahllose Autoren zu straffer, exakter Darstellung ihrer Ergebnisse erzogen.

Durch die Fortführung von Gattermanns „Praxis des organischen Chemikers“, die in neunzehn Auflagen erschienen und in viele Fremdsprachen übersetzt worden ist, hat Wieland weit über das deutsche Sprachgebiet hinaus die Studenten der Chemie präparativ und methodisch geschult und ihnen dabei auch die wichtigsten theoretischen Grundlagen übermittelt. So leuchtet der Name des von uns gegangenen Kollegen und Freundes hell im Bewußtsein der Chemiestudenten und Forscher der ganzen Welt.

Den Professoren E. Dane, R. Huisgen und F. Lynen danke ich vielmals für freundliche Auskünfte. Literatur: Die Originalarbeiten Wielands.



## HANS FISCHER

*Studium und Laufbahn*

HANS FISCHER\* (1881–1945; Akademiemitglied 1926) wurde als Sohn des Chemikers Eugen Fischer in Höchst/M. geboren, der später die technische Leitung der Firma Kalle & Co. in Biebrich übernahm.

H. Fischer hatte in der Jugend eine lange und schwere gesundheitliche Krise durchzumachen, mit deren schließlicher Überwindung er aber seine Lebenskraft und Ausdauer in ungewöhnlicher Weise gestählt hat. Seine Umgebung gab ihm ohne weiteres wissenschaftliches chemisches Denken mit. Sein chemisches und medizinisches Studium begann er gleichzeitig im benachbarten Marburg und promovierte 1904 bei seinem Lehrer Theodor Zincke. Dann setzte er sein Medizinstudium in München fort, das er 1908 mit der Promotion abschloß. Eine längere Zusammenarbeit mit Emil Fischer in Berlin brachte ihm das Gebiet der Zucker näher.

Von entscheidendem Einfluß auf seine Ausbildung und Themawahl war der große Münchner Kliniker FRIEDRICH VON MÜLLER\*, der selbst an den Beziehungen zwischen Blut- und Gallenfarbstoff interessiert war und Fischer in der Klinik weitblickend ein chemisches Laboratorium zum Studium dieser Fragen zur Verfügung stellte. 1912 habilitierte sich Fischer an der medizinischen Fakultät mit einer Arbeit über den Gallenfarbstoff Bilirubin.

Er beschränkte sich keineswegs auf die medizinisch interessanten Fragen über den physiologischen und pathologischen Abbau des Blutfarbstoffes, sondern wollte die Konstitution der Farbkomponente, die darin an Eiweiß gebunden ist, aufklären, ja auch die äußerst schwierig erscheinende Synthese dieses Hämins angehen.

1914 entwarf William Küster (Technische Hochschule Stuttgart) in genialer Intuition auf Grund von oxydativen Abbaubersuchen mit Hämin keineswegs zwingend ein Strukturbild von dessen Bau. Auch Nencki, Willstätter und Piloty arbeiteten in dieser Richtung. Piloty hat durch energischen reduktiven Abbau die zwei Pyrrolkerne entdeckt, die je eine Propionsäuregruppe tragen (s. S. 170). Diese große Konkurrenz kümmerte Fischer wenig. Wohl keiner dieser anderen Forscher dachte übrigens an die Synthese des Hämins, die ungeheuer schwierig erschien. Sie war aber der Prüfstein für die Richtigkeit der Küsterschen Formel.

Voraussetzung für die von Fischer angestrebte Hämin-Synthese war eine weitgehende Beherrschung der Chemie des Pyrrolrings, die damals noch

wenig ausgebaut war. So begann Fischer gleich mit rein chemischen Grundlagenarbeiten, in der Folge baute er die Chemie des Pyrrols so reichlich aus, wie man das bisher nur bei den aromatischen Ringsystemen kannte.

Die ersten Erfolge brachten H. Fischer bereits 1916 den Ruf auf den Lehrstuhl für medizinische Chemie an der Universität Innsbruck und 1918 auf den gleichen Lehrstuhl in Wien. Dort war wegen Nachwirkungen des Krieges und vieler Unterrichtspflichten keine günstige Weiterentwicklung seiner Forschungen möglich. Erst als Nachfolger Wielands an der Technischen Hochschule München (1921) hatte er nach einigen Jahren des Aufbaus erreicht, daß sein Institut der gigantischen Aufgabe gewachsen war, die er sich gestellt hatte.

#### *Die Organisation des Münchner Instituts*

Verwaltungsarbeit schätzte Fischer zwar gar nicht, aber die großzügige Organisation seines ganzen Forschungsapparates im Institut führte er mit der ihm eigenen Gradlinigkeit und Energie durch, die das Geheimnis seiner Erfolge war. Der analytische Teil seiner Forschungen wurde in Speziallaboratorien organisiert: die Fluoreszenz- und Absorptionsspektroskopie im Sichtbaren, im Ultraviolett- und Infrarot-Gebiet (damals durch Raman-spektren), die Röntgenstrukturanalyse und die Mikroanalyse nach Pregl. Durch diese Untersuchungsstellen wurden die Doktoranden und Assistenten stark entlastet und die Sicherheit und Geschwindigkeit der von Spezialisten ausgeführten Bestimmungen bedeutend erhöht.

Auch in präparativer Hinsicht gestaltete Fischer die Zusammenarbeit seiner ganzen „Mannschaft“ möglichst wirkungsvoll. Assistenten, Doktoranden und Praktikanten, meist in einzelnen Räumen zusammenarbeitend, strebten mit höchster Intensität dem nächsten gesteckten Ziele zu. Umfangreiche Herstellungen wurden im Mehrschichtenbetrieb von einer Gruppe Tag und Nacht gefördert, es war – besonders später beim Chlorophyll – eine ganz respektable kleine Fabrik, die das Ausgangsmaterial durch Extraktion von Brennesselpulver gewann und nach der Willstätterschen Salzsäure-Fraktionierungs-Methode aufarbeitete.

#### *Das wissenschaftliche Werk*

von Hans Fischer war ohne die bewunderswerte Organisation seines Instituts nicht zu denken. Das von Küster erschaute Grundskelett des Hämins, das Fischer nach vierzehn Jahren experimenteller Forschung beweisen konnte, nannte er Porphin (I), ein Ringsystem aus vier Pyrrolkernen, die durch vier CH-Gruppen in Nachbarstellung zum Stickstoff ringförmig verbunden

sind. Mitten im Ring sitzt beim Blutfarbstoff zweiwertiges Eisen, das durch jeweils zwei Haupt- und zwei Nebenvalenzen an die vier Stickstoffatome der Pyrrolkerne innerkomplex gebunden und zur Aufnahme und Weitergabe des Luftsauerstoffs im Blut befähigt ist. Im Hämin (II), der mit Eisessig-Kochsalz bei Luftzutritt vom Eiweißträger abgespaltenen Farbkomponente des Blutfarbstoffs, ist das Eisen dreiwertig geworden, noch mit einem Chlorion verbunden.

Die Synthese des Deuteroporphyrins, dem noch zwei  $\text{CH}_2=\text{CH}$ -Gruppen fehlten, gelang 1928 und ließ alle Welt bereits aufhorchen, im nächsten Jahr erhielt Fischer bereits das richtige Hämin. Damit war die Konstitution der Farbkomponente des Blutfarbstoffs durch Synthese aufgeklärt. Diese großartige Leistung von Fischer wurde 1930 durch den Nobelpreis und weiter durch viele andere Ehrungen ausgezeichnet.

Die Synthese ist überall der Schlußpunkt bei der Konstitutionsaufklärung von Naturprodukten. Hier war sie besonders notwendig, da die Abbauergebnisse allein keine absolute Sicherheit über die Verkettung der Pyrrolbausteine geliefert hatten. Vierzig Jahre der Arbeit durch die vorangehenden Forscher und H. Fischer waren nötig, um die endgültige Klärung zu erreichen. Eine große Schwierigkeit war die, aus den durch Abbau ermittelten substituierten Pyrrolen die richtige Anordnung der acht Substituenten an den im Porphyrin verbundenen vier Pyrrolkernen herauszufinden. Fünfzehn Möglichkeiten der Anordnung der acht Substituenten ( $4-\text{CH}_3$ -,  $2-\text{CH}=\text{CH}_2$ - und  $2-\text{CH}_2-\text{CH}_2-\text{COOH}$ -Gruppen) an den vier Pyrrolkernen bestanden. Fischer ging gleich synthetisch auf diejenige Möglichkeit los, die Küster und ihm als die wahrscheinlichste erschien und sich dann auch als richtig erwies.

Bei dieser Arbeit zeigten sich nicht etwa subtile enzymatische Methoden als notwendig, sondern überraschend handfeste Verfahren der Farbenchemie. Die Bromierung eines Dipyrrylmethens, der Ringschluß, die Vereinigung zweier Dipyrrylmethene durch Bromwasserstoffabspaltung in einer Schmelze von Bernsteinsäureanhydrid bei  $180-190^\circ$  führten zum Ziel. Der Porphinring ist trotz seines komplizierten Baus erstaunlich widerstandsfähig und zeigt eine bedeutende Bildungstendenz.

Eine offene Kette von vier Pyrrolringen, durch drei CH-Gruppen verbunden, erwies sich als die Grundformel des Gallenfarbstoffs Bilirubin, dessen Synthese erst 1942 geglückt ist. Der im Organismus eintretende Abbau des Hämins zum Bilirubin erwies sich als eine Ringsprengung, bei der statt einer CH-Brücke zwei Oxygruppen auftreten und das Eisen eliminiert wird.

Andere natürliche Porphyrine wurden in klinischen Untersuchungen aus dem Harn und Kot von Porphyrinurie-Kranken isoliert, so das Uro- und

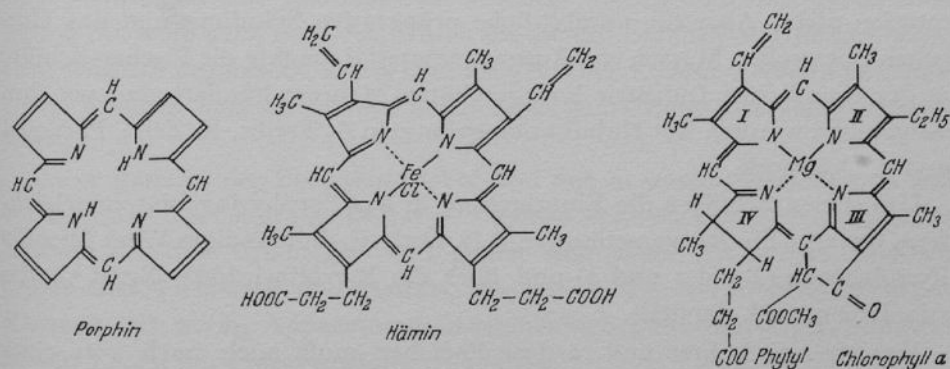


Koproporphyrin, dann aufgeklärt und synthetisiert. So wurden die Porphyrine als eine nicht auf den Blutfarbstoff beschränkte Körperklasse erkannt, deren Vertreter auch manchmal die Färbungen von Vogeleiern und Federn verursachen können.

Noch viel schwieriger als die Aufklärung des Hämins gestaltete sich die des Chlorophylls, dessen Erforschung von Willstätter mit der Entdeckung des komplex gebundenen Magnesiums, des hochmolekularen Alkohols Phytol und zahlreicher Abbaureaktionen begonnen worden war (siehe dort).

In dieser Richtung ging nun Fischers Hauptarbeit anschließend an die Synthese des Hämins. Er zeigte, daß dem Chlorophyll a (III) grundsätzlich dasselbe Porphyrinskelett zugrunde liegt wie dem Hämin, nur daß die Propionsäuregruppe des Rings III mit der benachbarten CH-Brücke zu einem Kohlenstoff-fünfring kondensiert und darin die  $\text{CH}_2$ -Gruppe zu einer CO-Gruppe oxydiert ist. Auch sind der Pyrrolring IV und die Vinylgruppe des Rings II durch Anlagerung von je zwei Wasserstoffatomen hydriert, was sich auf Farbe und Labilität der Chlorophylls auswirkt. Seine Empfindlichkeit und Isomerisierbarkeit erschwerte die Untersuchung ungeheuer. Chlorophyll b unterscheidet sich von der Komponente a durch die Anwesenheit einer Aldehydgruppe statt einer Methylgruppe.

Die Synthese des Chlorophylls steht noch aus, doch hat H. Fischer in seiner letzten Veröffentlichung den Weg dazu gewiesen.



### Forschungsmethode und Persönlichkeit

Die Lebensarbeit von H. Fischer zeigt eine höchst selten anzutreffende Geschlossenheit, war bezüglich des Hämins schon von dem jungen Doktor geplant und ist dann ganz konsequent in weiser Beschränkung auf dieses

eine Thema durchgeführt worden. Theorien wurden bei Fischer nur als Arbeitshypothesen geduldet, die Konstitution wurde durch eine erdrückende Fülle von experimentellen Tatsachen erhärtet, ein Beweis genügte ihm nie. Er wurde geradezu erbittert, wenn ihm jemand einen Hinweis als Beweis vorzulegen versuchte.

Wenn ihm ein Mitarbeiter stolz kleine Mengen von einer neuen wichtigen Substanz vorwies, war die spröde Anerkennung: „Machen Sie mehr davon“. Wenn jemand zwei Ansätze pro Tag durchführte, sagte er: „Früher haben wir vier davon fertig gebracht“. Er war deshalb kein bequemer Chef, da er von seinen Mitarbeitern denselben restlosen Einsatz in ungeheurer Arbeitsleistung eventuell samstagsnachts und nachts forderte, den er vorlebte. Geheimniskrämerei bei den Themen gab es nicht, meist nahmen alle Mitarbeiter mit größtem Interesse an den Fortschritten der aktuellen Probleme Anteil. Dreißig und mehr Doktoranden waren in den späteren Jahren meist gleichzeitig am Werk, Fischer mit seiner ungeheuren Arbeitskraft war immer für jeden zu sprechen, hatte immer Arbeitsvorschläge im Überfluß bereit und nahm wichtige Vorversuche, Schmelzpunkte und dergleichen oft persönlich vor.

Die schwierigen Zwischenprodukte der Pyrrolreihe, die dann zum biologisch wichtigen Farbstoff zusammengeschweißt werden sollten, wurden meist von vorgerückten Praktikanten als sog. „Chefpräparat“ hergestellt, das unter Umständen später als Ausgangspunkt einer Dissertation dienen konnte. Derartige, häufig langwierige Auflagen gab es in anderen Laboratorien nicht. Aber die unerbittliche präparative Schulung und das Umgehen mit großen Massen von Ausgangsmaterial machte die Fischer-Schüler in der chemischen Industrie hochgeschätzt. Mehrere hundert sind von ihm ausgebildet worden. Zur Habilitation gelangten A. Treibs, K. Zeile, P. Siedel und v. Dobeneck.

Um seinen Schülern die Einarbeitung in das Porphyrygebiet zu erleichtern, verfaßte Fischer gemeinsam mit H. Orth ein dreibändiges Werk über die Pyrrolchemie (Band 1 und 2) und über die Pyrrolfarbstoffe (Band 3), das sein Lebenswerk darstellt.

Der strenge Lehrer und rastlose Forscher muß auch noch von einer freundlichen und humorvollen Seite gezeigt werden. Er suchte Entspannung in anstrengenden Ski- und Bergfahrten und in der Erzielung großer Geschwindigkeiten mit Motorrad und Auto. Als er mit einem Mitarbeiter am Soziussitz des Motorrads einmal in rasendem Tempo fuhr, rief er alle paar Kilometer nach hinten: „Sind Sie noch da? Sind Sie noch da?“ Ein andermal: „Jetzt muß ich nach Wolfratshausen zur Verhandlung. Sie haben mich wieder aufgeschrieben, weil ich zu schnell gefahren bin.“ Nach Über-

gang zum Auto erzählte er im Labor: „Ich komme direkt von Berlin. Der Ford ist wieder prachtvoll gelaufen. Diesmal hat mich aber keiner überholt – kein einziger.“ Es kam ihm nicht darauf an, vierhundert Kilometer zu fahren und dann eine anstrengende Bergtour zu machen.

Fischer ging also ganz mit der Zeit der Motorisierung, deren Heraufkommen er erlebt hatte. Erst durch die späte und sehr glückliche Ehe mit Wiltrud, geborene Haufe, wurde er einem ruhigeren Leben im freundlichen Heim zugänglich.

Fischer war auch ein Liebhaber und Kenner des bayerischen Bieres. Als er in der ersten Nachkriegszeit, etwa 1921/22, wo es nur Dünnbier gab, einmal beim Ministerpräsidenten eingeladen war, erzählte er nachher: „Übrigens ein Bier hatten die, ganz großartig – es war ja auch sonst ganz interessant“. Die Zukunft Münchens als Studentenstadt beurteilte er sehr optimistisch: „Ach was, in München gibt's immer genügend Studenten, da ist immer was los. Zuerst das Skifahren und der Fasching, dann kommt das Paddeln und Klettern und dann ist das Oktoberfest auch nicht mehr weit, und dann ist das Jahr schon sowieso bald wieder rum.“

### *Ausklang*

In der Wissenschaft höchst optimistisch, war Fischer politisch völliger Pessimist und hat den unglücklichen Ausgang lange vorausgesehen. Ständige Reibungen mit nationalsozialistischen Stellen und Denunziationen hatten ihn wohl auch ermüdet. Durch die letzten Bombenangriffe auf München war das organische Laboratorium der Technischen Hochschule München, Fischers hochwirksame Forschungsorganisation, fast völlig zerstört worden.

Da er ganz in der Forschung lebte und nur in seinem großzügigen Stil die Synthese des Chlorophylls hätte vollenden können, kehrte sich die große Energie des bald 64jährigen nun gegen sich selbst. In seinem Abscheu gegen alles Flickwerk und Gefrett, die nun in den verbliebenen wenigen Räumen mit wenig Apparaturen unvermeidlich geworden wären, beendete er sein Leben am Ostersonntag, 31. 3. 1945.

### Literatur

Karl Zeile, Das Lebenswerk Hans Fischers, Die Naturwissenschaften 33, 289 (1945);  
Alfred Treibs, Hans Fischert, Zeitschr. f. Naturforschung I, Heft 8 S. 1–4 (1946)

Für die Mitteilung der Anekdoten danke ich Herrn Professor W. Zerweck, einem Schüler H. Fischers, vielfach.



## WILHELM MANCHOT

WILHELM MANCHOT (1869–1945; Akademiemitglied 1929) wurde in Bremen geboren, absolvierte das Johanneum in Hamburg und promovierte nach dem Chemiestudium an der Universität München bei Thiele 1895. Nach der Habilitation in Göttingen (1899) wurde er als planmäßiger ao. Professor nach Würzburg berufen, 1914 folgte er als Nachfolger Muthmanns (Seite 160) dem Ruf als o. Professor und Vorstand des Anorganisch-chemischen Laboratoriums an die Technische Hochschule München.

Manchots erste Arbeiten betrafen Sauerstoff-Aktivierung, Autoxydation und brachten die Kenntnis der Bildung von Hydroperoxyd bei der Luftoxydation von Verbindungen mit labilem Wasserstoff wie Oxanthranol (Anthrahydrochinon) und Indigweiß zu den Dicarbonylverbindungen, die sich trefflich in die ab 1912 entwickelte Dehydrierungstheorie von H. Wieland (Seite 205) einfügte. Manchot wies auch die Bildung von Ozon in der Wasserstoffflamme nach und die Verunreinigung von Ozon durch Stickoxyde, wenn der Sauerstoff auch nur ganz geringe Mengen von Stickstoff bei der Ozonisierung enthält.

Sein Hauptarbeitsgebiet wurde dann die Chemie der Anlagerungsverbindungen von Stickstoff-monoxyd und Kohlenstoff-monoxyd an Metallsalze. Er stellte als erste kristallisierte Verbindung des Nitrosotyps das  $\text{Fe}^{\text{II}}(\text{NO})\text{HPO}_4$  dar. Auch über die „Nitrosisulfosäure“ von Raschig hat er gearbeitet. Von Metallcarbonylen des „gemischten Typus“ stellte er das analytisch wichtige  $\text{CuClCO} \cdot 2 \text{H}_2\text{O}$  erstmals in der richtigen Zusammensetzung dar. In der Form solcher Komplexverbindungen konnte er die einwertigen Stufen von Mn, Fe, Co, Ni, Pt nachweisen, wobei die Bindung des Metalls an die Gruppe-SNO vorteilhaft war. Auch Dissoziationsgleichgewichte solcher Verbindungen hat er studiert und die Verdrängung von CO durch NO bei der Darstellung von  $\text{Fe}(\text{NO})_4$  sowie die Umkehrbarkeit solcher Reaktionen festgestellt. Außer der Gewinnung gemischter Carbonyle hat er auch neue Wege zum Nickelcarbonyl und zu Rutheniumcarbonylen aufgefunden. Analytisch suchte er in der Bromometrie einen Ersatz für die Jodometrie zu schaffen. Der weitere präparative Ausbau der Carbonylchemie und ihre elektronentheoretische Deutung blieb Manchots Nachfolger W. HIEBER vorbehalten.

Manchot war ein ungemein vielseitiger Forscher, der durch einen Aufenthalt bei Moissan (Paris) auch für Metallsilicide wie das von ihm gefundene  $\text{V}_2\text{Al}_2\text{Si}_{13}$  und daraus gewinnbare flüchtige Siliciumwasserstoffverbindungen mit Siliciumketten Interesse hatte.

Er hat mit seinen gründlichen Kenntnissen, seiner Experimentierkunst, mit Zähigkeit, Pflichtbewußtsein und Energie zahlreiche Schüler sehr gut ausgebildet. 1929 wurde er zum Mitglied unserer Akademie gewählt.

Literatur: Originalarbeiten Manchots. Nachruf W. Hiebers, Akademie-Jahrbuch 1944/48 S. 214-216.

#### THEODOR PAUL

##### *und die Entwicklung der Lebensmittelchemie*

THEODOR PAUL (1862-1928; Akademiemitglied 1918) wurde als Pfarrerssohn in Lorenzkirch bei Strehla a. d. Elbe geboren und widmete sich nach Erlangung der Reife einem ungemein vielseitigen Studium in Leipzig: Pharmazie, Chemie, Lebensmittelchemie und Medizin. Durch sein Chemiestudium am Institut von Wilhelm Ostwald und Assistententätigkeit bei diesem wurde Paul physikalisch-chemisch geprägt, promovierte 1891 und habilitierte sich 1894. 1895 folgt die Staatsprüfung in Nahrungsmittelchemie, 1897 die in Medizin. 1898 sehen wir ihn in Tübingen als Extraordinarius für analytische und pharmazeutische Chemie, wo er bedeutsame Untersuchungen über die Keimfreimachung der Hände durchführt. 1902 kommt er an das Reichsgesundheitsamt in Berlin als Direktor der Naturwissenschaftlichen Abteilung. 1901 war die Promotion zum Dr. med. erfolgt. 1905 schließt er seine Wanderjahre in München ab als Ordinarius für Pharmazie und angewandte Chemie, wo er Nachfolger von A. Hilger wird als Leiter des damaligen „Laboratoriums für Angewandte Chemie“. 1918 wird er außerordentliches, 1921 ordentliches Mitglied unserer Akademie.

Paul hat die physikalisch-chemische Betrachtungsweise in das Gebiet der Lebensmittelchemie hineingetragen und dort zu Erfolgen geführt. 1914 schreibt er ein Buch „Nahrungsmittelchemie mit besonderer Berücksichtigung der modernen physikalisch-chemischen Lehren“. Er befaßt sich unter anderem mit dem sauren Geschmack der Lebensmittel und besonders der Weine. Hier wurden von ihm erstmalig die Zusammenhänge zwischen der Wasserstoffion-Konzentration (= dem „Säuregrad“) und dem sauren Geschmack bearbeitet. Er klärt den Unterschied zwischen potenzieller (titrierbarer) und aktueller ( $H^+$ -Ion-Konzentration) Acidität auf und entwickelt die von Wilhelmy angegebene Methode der Zuckerinversion zu einem im Lebensmittellaboratorium brauchbaren Verfahren. Die Fragen der Entsäuerung des Weines mit Dikaliumtartrat oder Calcium-

carbonat werden bearbeitet. Sehr eingehend studiert er (mit R. Dietzel und W. Sonneborn) die in einer Lösung von saurem Kaliumtartrat (Weinstein) bestehenden Gleichgewichte, die für den Säuregrad und den Werdegang des Weines wie auch die dabei erfolgende Abscheidung des Weinsteins maßgebend sind. Andere Arbeiten betrafen den Süßungsgrad der künstlichen Süßstoffe Saccharin und Dulcin, verglichen mit dem des Rohrzuckers. Über die hergebrachte rein analytische Tätigkeit hinaus richtet Paul den Blick der Nahrungsmittelchemiker auf das große Ziel der Forschung. Paul war vielfach als Berater für öffentliche Stellen tätig, auch als Mitarbeiter am Deutschen Arzneibuch, und war ein begeisterter Lehrer.

Die besondere Organisationskraft Pauls zeigte sich schon bei der Ernährungsnot des ersten Weltkrieges. Sie brachte ihn auf den Gedanken, für die Zukunft die Forschung auf dem Gesamtgebiet der Lebensmittelchemie (Gewinnung, Veredelung, Aufbewahrung und Zubereitung der Lebensmittel) intensiver zu gestalten. Er gewann namhafte öffentliche und private Stiftungsmittel für diesen Gedanken und setzte in zäher, rastloser Bemühung die Gründung der „Deutschen Forschungsanstalt für Lebensmittelchemie“ durch, die am 3. 4. 1918 erfolgte.

Heute, wo wir eine gewisse Notlage der Lebensmittelchemie im Verhältnis zu den vielen andrängenden Aufgaben empfinden (besonders auch eine Unzulänglichkeit der Lebensmittelchemiker-Prüfungsordnung, die ganz veraltet ist und an deren Erneuerung schon seit Jahren gearbeitet wird), müssen wir bedauern, daß Pauls weitblickende Gründung nicht in der Folge noch kräftiger gefördert wurde. Paul starb 1928; die Stiftungsmittel waren in der Inflation dahingeschwunden, neue in der Nachkriegszeit ungemein schwer zu beschaffen.

Erst Pauls Nachfolger Benno Bleyer gelang es, mit staatlicher und industrieller Hilfe die Forschungsanstalt im gleichen Hause selbständig zu machen. Zu den früheren Mitarbeitern kamen neue tüchtige Kräfte hinzu.

Von den Hauptthemen, die bereits Paul festgelegt hatte, werden an der Forschungsanstalt nach Arbeitsteilung mit anderen Instituten heute bevorzugt zwei gepflegt: die Aufklärung der Zusammensetzung unserer Nahrung (Lebensmittelanalytik) und die Prüfung und Bewertung aller Lebensmittel-Zusatzstoffe (Konservierungsmittel, Farbstoffe, Vitamine und anderem).

Quellen: Für die Überlassung zweier Tätigkeitsberichte der Forschungsanstalt 1922–28 und 1953–55), zweier Nachrufe auf Th. Paul und seines erwähnten Buches über Lebensmittelchemie bin ich Herrn Professor Dr. S. W. Souci zu bestem Dank verpflichtet.



## PHYSIOLOGIE

*Von Richard Wagner*

In historischer Betrachtung der Bayerischen Akademie der Wissenschaften verdichtet sich das Wissen um die Funktion der lebenden Organismen und ihrer Organe (s. a. dem Beitrag „Zoologie“ S. 248) erstmals zum Begriff „Physiologie“, als im Jahre 1808 der ordentliche Professor für Physiologie, Chirurgie und Ophthalmologie in Landshut, später in München, PHILIPP FRANZ WALTHER\* (1782–1849) korrespondierendes Mitglied der Akademie wurde. Derselbe wurde 1830 außerordentliches und 1839 ordentliches Mitglied. Damals fing der Baum der Erkenntnisse in der Physiologie zu wachsen an und bezog seine ersten Säfte noch aus der Naturphilosophie eines Schelling (1775–1854; Akademiemitglied 1806). Wie schnell das Interesse für das neu abgegrenzte Wissensgebiet wuchs, geht daraus hervor, daß unter dem Einfluß Walthers JEAN PIERRE FLOURENS (1794–1867; Akademiemitglied 1843), neben Legallois der Entdecker des Atemzentrums, und JOHANNES PETRUS MÜLLER (1801–1858; Akademiemitglied 1844), der Begründer der modernen Physiologie, zu korrespondierenden Mitgliedern gewählt wurden. Walther war selbst einer der zahlreichen Schüler von Johannes Müller. Im Jahre 1853 trat als ordentliches Akademiemitglied ein zweiter Physiologe in Erscheinung, CARL THEODOR ERNST V. SIEBOLD\* (1804–1885, s. a. den Beitrag „Zoologie“ S. 248). Er war ordentlicher Professor der Physiologie und der vergleichenden Anatomie zuerst in Freiburg i. Br., dann in Breslau, schließlich in München. v. Siebold ist der Erbauer des Physiologischen Instituts in München, das bis vor eineinhalb Dezennien ein Institut der Bayerischen Akademie der Wissenschaften war, ehe es in die Verwaltung der Universität übergeführt wurde. Wohl seine Hauptanregungen in der Physiologie hat v. Siebold in Breslau bei dem genialen tschechischen Physiologen Purkynje empfangen, der seinerzeit einem Wunsche Goethes folgend durch A. v. Humboldt auf den Lehrstuhl der Physiologie in Breslau berufen worden war. Erst durch v. Siebold hatte die Physiologie in München, insbesondere in der Akademie der Wissenschaften, fest Wurzel geschlagen. Die nächste Persönlichkeit, die diesem Fach in München ein Gepräge gab, war EMIL V. HARLESS (1820–1862; Akademiemitglied 1856). Er hatte bis 1862 den Lehrstuhl dieses Faches in München inne.

Noch während seiner Tätigkeit wurden 1846 MAX JOSEPH PETTENKOFER\* (1818–1901; vgl. die Beiträge „Chemie“ S. 154 und „Hygiene“ S. 239) und 1857 LUDWIG WILHELM THEODOR v. BISCHOFF\* (1807–1882) in die Akademie aufgenommen. Durch sie wurde eine neue bedeutende Ära der Physiologie eingeleitet, deren Wirkung weit über München in die Welt hinausstrahlte.

v. Bischoff erkannte früh die Bedeutung der Chemie für Erkenntnis der Funktionen des Lebenden. Er war im Kraftfeld des genialen JUSTUS v. LIEBIG (1803–1873; Akademiemitglied 1838; vgl. den Beitrag „Chemie“ S. 133), dem er als Freund nach München folgte, auf physiologisch-chemische Probleme ausgerichtet worden. Seine ersten Physiologiestudien betrieb er in Bonn als Schüler von Johannes Müller. Auch Entwicklungsgeschichte war ein Lieblingsgebiet von v. Bischoff, dem er, von seiner Habilitation angefangen, bis in sein Alter treu blieb. Max v. Pettenkofer, ein Wissenschaftler von seltener Vielseitigkeit und hohem Rang, war zwar wohl in der Hauptsache Hygieniker und hat sich als solcher unvergängliche Verdienste um das Wohl der Menschheit im allgemeinen und um das Gesundheitswesen in München im besonderen erworben. Über seine Verdienste als Hygieniker soll in diesem Beitrag nicht gesprochen werden. Pettenkofer war aber auch seit 1853 ordentlicher Professor der Medizinischen Chemie in München. Seine überragenden Verdienste auf dem Gebiete der Physiologie ergeben sich in Zusammenarbeit mit CARL v. VOIT\* (1831–1908; Akademiemitglied 1865), als diese beiden Forscher in zehnjähriger Arbeitsgemeinschaft die ersten Stoffwechsellapparate bauten. Mit ihrer Hilfe gelang es diesem berühmten Team-work erstmals, die Kohlensäureausscheidung des Menschen quantitativ zu erfassen und damit grundlegende Bestimmungen über den Energieumsatz des Menschen durchzuführen. Pettenkofer und Voit erweiterten und ergänzten ihre Versuche auch noch durch den Bau eines Kalorimeters, welches sie in die Lage versetzte, die Energieabgabe direkt durch Wärmemessung zu bestimmen. Diese Arbeiten waren eine Pioniertat auf dem Gebiete der ganzen Biologie und sie prägten der physiologischen Arbeitsrichtung nicht nur in München für Dezennien einen charakteristischen Stempel auf. Alle diese fundamentalen Arbeiten wurden nicht nur in einem Institut der Bayerischen Akademie der Wissenschaften experimentell durchgekämpft, sondern sie wurden auch in ihren wesentlichen Ergebnissen im Rahmen der Akademie-Sitzungen diskutiert und publiziert. Max v. Pettenkofer war später von 1890–1899 Präsident der Bayerischen Akademie der Wissenschaften und hat sich für deren Ansehen große Verdienste erworben. Wohl unter dem mächtigen Einfluß v. Pettenkofers als auch unter jenem Justus v. Liebig's kam es dazu, daß in der Zeit nach 1856 – nachdem Pettenkofer

ordentliches Mitglied der Akademie geworden war – eine größere Zahl von Physiologen als korrespondierende Mitglieder in die Akademie aufgenommen wurde. Man könnte das Niveau, auf dem sich die Physiologie im Rahmen der Akademie damals befand, nur ungenügend kennzeichnen, wenn man nicht wenigstens die Namen jener korrespondierenden Mitglieder, die sich um die ordentlichen Mitglieder Voit und Pettenkofer gruppierten, aufzählen würde. Es sind dies H. v. HELMHOLTZ, CARL LUDWIG, E. v. BRÜCKE, die größten Pioniere, die das Wissensgebiet der Physiologie im Laufe seiner historischen Entwicklung jemals aufzuweisen hatte. Carl v. Voit, dessen intensive Zusammenarbeit mit M. v. Pettenkofer auf dem Gebiete des Stoff- und Energiewechsels schon hervorgehoben wurde, bevorzugte schon im Laboratorium von v. Pettenkofer, später in jenem von v. Bischoff physiologisch-chemische Arbeitsweisen, nachdem er früher bei F. WÖHLER (1800–1882; Akademiemitglied 1839) in Göttingen sich die Kenntnis solcher chemischer Methoden angeeignet hatte. Die geistigen Ausstrahlungen Justus v. Liebig's hatten ihn für die Probleme des Stoffwechsels begeistert. 1863 wurde Voit als der Nachfolger von E. Harleß, der, wie schon früher erwähnt, gleichfalls Mitglied der Akademie war, auf den Lehrstuhl der Physiologie in München berufen. Hier entstand nun die sogenannte „Münchener Schule“ der Physiologie, welche durch ausgedehnte systematische Untersuchungen bei Aufstellung von Stoffwechselbilanzen wertvolle Aufschlüsse über den Lebensvorgang brachte. Daß z. B. der ganze mit der Nahrung aufgenommene Stickstoff in Harn und Exkrementen ohne Verlust wieder aus dem Organismus herauskommt, ist eine der grundlegenden Erkenntnisse, die auf Grund solcher Stoffwechsel-Bilanz-Versuche gewonnen wurde. Über die Stoffwechselversuche, die Voit zusammen mit Pettenkofer in 10-jähriger Zusammenarbeit unter Benützung von Respirationsapparaten und Calorimetern durchgeführt hat, wurde schon berichtet. Man muß – um das große Verdienst zu erkennen – bedenken, daß es die ganzen in Anwendung gebrachten Methoden der Stoffwechseluntersuchung vorher überhaupt nicht gab. Es war eine mühevollere Kleinarbeit, ein Kampf mit tausend Tücken der Objekte, diese Methodik zu schaffen. Durch die gleichzeitige Aufstellung von Kohlenstoff- und Stickstoffbilanzen, ergänzt durch calorimetrische Untersuchungen des Energieaustausches, wurde erst jene Übersicht gewonnen, die zu besitzen nötig war, um die klassische Lehre vom Stoffwechsel auf ein unerschütterliches Fundament zu stellen. Auch durch das nach Voit benannte Kostmaß ist die „Münchener Schule“ weltbekannt geworden. Dieses „Voitsche Kostmaß“ gibt an, wieviel ein Mensch bei völlig freier Kostwahl – wenn er essen kann, wie es ihm beliebt – an Eiweißstoffen, Fetten und Kohlehydraten im Laufe eines Tages aufnimmt. Da der Mensch in



Notzeiten auch mit weniger auskommt, als es dem Voitschen Kostmaß entspricht, sind die von Carl v. Voit angegebenen Zahlen immer wieder als übertrieben hoch kritisiert und angezweifelt worden. Gewiß kann der Mensch vorübergehend mit weniger auskommen – aber wenn er sich auf die Dauer wohlfinden will, tut er gut, sich an das Voitsche Kostmaß zu halten. Z. B. hat sich herausgestellt, daß eine Unterschreitung der Eiweißmenge in der Nahrung vorübergehend tragbar ist, daß es aber bei länger-dauernder Unterschreitung bald zu einer Einschränkung und Herabsetzung der seelischen Initiative und des Willens kommt. Die Truppen zweier Weltkriege wurden praktisch nach dem Voitschen Kostmaß ernährt. Viele Schüler haben das Lebenswerk Carl von Voits weitergeführt, in Deutschland MAX RUBNER (1854–1932; Akademiemitglied 1914), der spätere Berliner Physiologe, weiterhin H. v. Hoesslin und Erwin Voit. Auch die Begründer der Stoffwechselphysiologie in den Vereinigten Staaten von Amerika wie Graham Lusk, W. O. Atwater, F. Benedikt sind bei Carl v. Voit in die Schule gegangen. Nicht nur daß dies alles aus einem Institut der Bayerischen Akademie der Wissenschaften hervorgegangen ist, es wurden diese Stoffwechselprobleme auch in den Akademiesitzungen vorgetragen und diskutiert und es haben diese Gedanken auch ihren Niederschlag in den Berichten der Akademie gefunden. Auch diese Ära der Physiologie im Verbande der Akademie kann nur dann eindrucksvoll in der historischen Entwicklung hervorgehoben werden, wenn im Hintergrund wenigstens den Namen nach jene korrespondierenden Mitglieder aufscheinen, die das hohe Gesamtniveau der Physiologie in jenen Zeiten Carl von Voits kennzeichnen. Es sind dies CLAUDE BERNARD, Professor am Collège de France in Paris, der größte französische Physiologe in der zweiten Hälfte des vorigen Jahrhunderts, RUDOLF HEIDENHAIN und EMIL H. DU BOIS-REYMOND, der Berliner Physiologe und Begründer der Elektrophysiologie. Auch die Namen THEODOR SCHWANN (Lüttich), FRANZ C. DONDERS (Utrecht), KARL V. VIERORDT (Tübingen), WILHELM KÜHNE (Heidelberg) müssen übersichtshalber als korrespondierende Mitglieder noch genannt werden. Im Jahre 1903 wurde ERWIN VOIT (1852–1932; Akademiemitglied 1909) Professor der Physiologie und Diätetik an der damaligen tierärztlichen Hochschule in München. Er war der zwanzig Jahre jüngere Stiefbruder von Carl von Voit und habilitierte sich 1885 bei Carl Ludwig. In seinen Arbeiten behandelte er den Eiweißzerfall im Organismus, die Fettbildung aus Kohlehydraten, insbesondere aber das auch praktisch wichtige Problem der biologischen Wertigkeit der Eiweißstoffe. Ergebnisse dieser Untersuchungen wurden in den Akademie-Abhandlungen publiziert. Die breiteste Darstellung der Untersuchungen Erwin Voits, die einem größeren Leserkreis zugänglich gemacht wurde,

erschien in der Zeitschrift für Biologie, die als ältestes deutsches Publikationsorgan für Physiologie im Jahre 1865 von Voit, Pettenkofer, Radlkofer und Buhl gegründet, heute noch als eine wichtige Fachzeitschrift existiert. Auch diese weltbekannte Zeitschrift verdankt also schließlich ihr Dasein der Wirksamkeit von Mitgliedern der Bayerischen Akademie der Wissenschaften, was nicht in Vergessenheit geraten soll. Erwin Voit arbeitete viel zusammen mit Graham Lusk, der 1891 nach den USA zurückkehrte und 1898 Professor der Physiologie in New York wurde. Dieser hat auch in den Vereinigten Staaten an den in München behandelten Problemen weitergearbeitet und war sein ganzes Leben Voit und der Münchener Physiologenschule engstens verbunden.

Die nächste überragende Persönlichkeit, die im Verbands der Akademie die Physiologie repräsentierte, war OTTO FRANK\* (1865–1944; Akademienmitglied 1909), der Nachfolger Voits auf dem Münchner Lehrstuhl. Schüler von Carl Ludwig und Carl v. Voit, befaßte er sich zuerst, in den Spuren Voits wandelnd, mit physiologisch-chemischen Arbeiten über die Fettverdauung. Er erbrachte einen schlüssigen experimentellen Beweis, daß alles Fett vor der Resorption im Darm gespalten werden muß. Als er 1891 bei Carl Ludwig in das Laboratorium eintrat, wurde seine spätere Vorliebe für die physikalische Richtung der Physiologie entzündet. 1894 wurde Otto Frank Assistent bei Carl v. Voit und er habilitierte sich mit seiner berühmt gewordenen fundamentalen Arbeit „Die Dynamik des Herzmuskels“. Seine später durchgeführten Arbeiten über die Ruhe-Dehnungs-Kurve des Herzmuskels sowie über die isotonischen und isometrischen Maxima hängen mit dem Thema seiner Habilitationsarbeit engstens zusammen. Auch schuf er mit diesen Beobachtungen die Voraussetzung für eine exakte Berechnung der Arbeitsleistung des Herzens. Seine Vorliebe für Mathematik setzte ihn in die Lage, einwandfreie Registriermethoden für die Physiologie zu schaffen, die später auf der ganzen Welt in Anwendung kamen und in ihren Grundprinzipien heute noch in Anwendung sind. Man möge bedenken, daß vor Frank jede am gleichen Ort des Arteriensystems registrierte Pulscurve anders ausschaute, je nach dem Apparat, mit dem sie aufgeschrieben wurde, so daß die französische Akademie der Wissenschaften den damals sehr berechtigten Wunsch äußerte, man möge bei jeder Pulscurve angeben, mit wessen Sphygmograph sie geschrieben wurde. Otto Frank hat unter Anwendung der physikalischen Gesetze für erzwungene Schwingungen nicht nur die Pulsschreibung, sondern die ganze physiologische Registriertechnik reformiert und auf die feste Basis gestellt, auf der sie heute noch steht. Dies ist zweifellos ein Verdienst für Physiologie und Medizin, das der ganzen Menschheit zugute kam und Klarheit in eine Fülle medi-

zinischer Probleme brachte. Vor Frank wußte man in vielen Fällen nicht, was man tat und was man registrierte. Wo aber ein Naturvorgang nicht richtig verzeichnet ist, läßt er sich auch nicht richtig deuten. Wenn auch zuerst diese Registriertechnik auf die Pulsschreibung beschränkt war, so wurden weiterhin die Frankschen Prinzipien der Registrierung auf alle mechanischen Lebensäußerungen des Organismus in Anwendung gebracht, sei es nun die Blutdruckaufschrift, die Verzeichnung des zeitlichen Ablaufes der Skelettmuskelkraft oder der Skelettmuskelverkürzung, seien es Schwingungen der Gehörknöchelchen oder andere Vorgänge. Zuerst folgte Frank einem Ruf nach Gießen, doch schon 1908 kehrte er nach München zurück, um einem Ruf auf den Münchner Lehrstuhl zu folgen. Eine große Zahl weiterer grundlegender Arbeiten vollendete Frank während der Zeit seiner Mitgliedschaft in der Akademie. Genannt seien nur seine Versuche über die elastischen Eigenschaften der Blutgefäße, seine theoretische und experimentelle Behandlung der Pulswellen, seine Versuche über Schlagvolumenbestimmung des Herzens sowie seine Erkenntnis und Klarstellung der Windkessel-eigenschaften der Aorta. Studien über endliche Dehnungen elastischer Körper, über gekoppelte Schwingungen schließen sich an. Öfter ist in den Sitzungsberichten der Akademie eine grundlegend neue Erkenntnis O. Franks zuerst publiziert worden. Seine Noten in der Akademie sind meist kurz und reich an mathematischen Formeln. Weitere überragende Arbeiten Franks betreffen das Gebiet der Muskelphysiologie. Seine theoretische Abhandlung über die Thermodynamik des Muskels ist die Plattform für die späteren Fortschritte der Muskelphysiologie geworden, welche andere Autoren erzielt haben. So sagt der englische Physiologe A. V. Hill, der für seine muskelphysiologischen Arbeiten mit dem Nobelpreis ausgezeichnet wurde, er sei sich bewußt, daß seine Arbeit nur eine ungleichwertige Fortsetzung der Arbeit Franks sei. Die mathematisch fundierte physikalische Arbeitsrichtung in der Physiologie führte Frank schließlich noch auf ein anderes Gebiet, das er mit dem ihm zur Verfügung stehenden geistigen Rüstzeug in Angriff nahm. Dies waren die Probleme der Schallübertragung im Mittelohr. Auch auf diesem Gebiet ist Frank weiter gekommen als andere Autoren vor ihm. So liegt ein hervorragendes, in sich geschlossenes Lebenswerk Otto Franks vor. Seine Gründlichkeit und Sorgfalt sind die Ursache, daß wohl bis heute keine seiner Arbeiten überholt oder gar widerlegt ist. Die von ihm geförderten Erkenntnisse sind heute noch so aktuell und richtig wie am ersten Tag und tragen den unverkennbaren Stempel des Klassischen. Seinen mathematisch-physikalischen Ambitionen ist es wahrscheinlich zuzuschreiben, daß ihn in der Akademie besondere Neigungen mit A. Sommerfeld verbanden, den er besonders verehrte. Mit ihm



hatte er bei Nachmittagsspaziergängen einen intensiven Gedankenaustausch. So ist auch durch O. Frank wiederum ein stolzes Gebäude des Wissens auf dem Boden der Bayerischen Akademie der Wissenschaften entstanden. Um den Hintergrund zu beleuchten, vor dem dieses Gebäude stand, und das Gesamtniveau aufscheinen zu lassen, auf dem es errichtet wurde, sollen die Namen jener korrespondierenden Mitglieder aufgezählt werden, die zur Zeit Otto Franks im Verzeichnis der Akademie hervorstechen. Es sind dies SIGMUND EXNER (Wien), MAX RUBNER (Berlin), MAX v. FREY (Würzburg), ROBERT TIGERSTEDT (Helsingfors), WILHELM EINTHOVEN (Leiden), FREDERIK HOPKINS (Cambridge), JOHANN ERIK JOHANSSON (Stockholm), TORSTEN LUDWIG THUNBERG (Lund), WILHELM TRENDELENBURG (Berlin). Der Vorschlag und die Wahl derart überragender korrespondierender Mitglieder wirft ein kennzeichnendes Schlaglicht auf die Persönlichkeit Otto Franks, der für die Vorschläge verantwortlich war, denn auch in der Wissenschaft gilt – „sage mir, mit wem Du umgehst, und ich sage Dir, wer Du bist“.

Schließlich ist die Reihe der Physiologen, die als ordentliche Mitglieder in der Akademie wirkten, zu beschließen durch PHILIPP BROEMSER (1886–1940; Akademiemitglied 1940), der 1934 als ordentlicher Professor auf den Münchner Lehrstuhl berufen wurde. Als einem Schüler Otto Franks gingen seine wissenschaftlichen Ambitionen gleichfalls in den physikalischen Sektor der Physiologie. Seine Arbeiten befaßten sich mit der Theorie der erzwungenen Schwingungen sowie mit dem Auftreten von Differenz- und Summations-Tönen. Eine sehr originelle Theorie der Erregungsleitung im Nerven wurde von Broemser aufgestellt, aus der sich ergibt, daß der Vorgang der Erregungsleitung im Nerven sich durch eine partielle Differentialgleichung beschreiben läßt, die dem Nachrichtentechniker als „Telegraphengleichung“ schon lange bekannt war. Auch ergab die Theorie, daß wahrscheinlich eine Abhängigkeit der Nervenleitungsgeschwindigkeit von jenem osmotischen Druck besteht, der im ruhenden Nerven herrscht. Am bekanntesten ist Ph. Broemser wohl durch seine kreislaufphysiologischen Untersuchungen, insbesondere durch sein Verfahren einer physikalischen Schlagvolumbestimmung des menschlichen Herzens geworden, das er zusammen mit Otto Ranke ausgearbeitet hat. Broemser hatte das Unglück, in einer der Wissenschaft sehr abholden Zeit in München wirken zu müssen und noch relativ jung durch eine akute Krankheit dahingerafft zu werden.

In historischer Rückschau und Übersicht über jenen Weg, den die Physiologie im Laufe der letzten zweihundert Jahre – betreut von der Bayerischen Akademie der Wissenschaften – zurückgelegt hat, muß man abschließend

sagen: Große und wichtige Fortschritte dieser vom Geheimnisvollen auch heute noch unwitterten Wissenschaft der Funktionen des Lebenden wurden auf dem Boden der Akademie erzielt. Es wurden Kenntnisse erarbeitet, die der ganzen Menschheit zum Nutzen waren. Es wurden schwierige Rätsel gelöst, wie sie nur die Sphinx des Lebens aufgibt, und es wurden Zusammenhänge aufgedeckt, getreu dem Wahlspruch der Akademie „rerum cognoscere causas“.

## ANATOMIE

*Von Benno Romeis*

Als zu Beginn des 19. Jahrhunderts das Ehrenmitglied BENJAMIN THOMPSON GRAF RUMFORD dem König MAX I. JOSEPH\* Verbesserungsvorschläge zur Hebung der Akademie unterbreitete, wurde 1805 unter dem Staatsminister Graf MONTGELAS\* mit dem gleichen Ziele unter anderem auch der angesehene Anatom SAMUEL THOMAS VON SOEMMERING\* (1755–1830; Akademiemitglied 1805) an die Akademie berufen. Der Gelehrte lebte in Frankfurt a. M. und befaßte sich neben seinem Fache auch mit physikalischen Versuchen. So berichtete er in einer Akademiesitzung 1809 über einen von ihm erfundenen galvanischen Telegraphen. Die Soemmering zugesagte Errichtung einer Anatomischen Anstalt wurde jedoch durch die Ungunst der Zeitverhältnisse und durch andere Einflüsse immer wieder durchkreuzt, so daß sich der Gelehrte mit einem Zimmer in der Akademie begnügen mußte. Schließlich wurde der 1809 für den Bau eines anatomischen Theaters erworbene Bauplatz 1819 wieder verkauft. Soemmering aber verließ München und kehrte 1820 wieder nach Frankfurt zurück.

Als Nachfolger wurde 1823 der Würzburger Anatom IGNAZ DÖLLINGER\* (1770–1841; Akademiemitglied 1819) zum Konservator der Anatomischen Anstalt ernannt. Bei seiner Berufung erhielt er auch den Auftrag, Pläne für die Erbauung eines anatomischen Theaters auszuarbeiten. Sie fanden schon 1824/25 in dem Bau, der von LEO VON KLENZE (Akademiemitglied 1821) an der Singstraße, der späteren Schillerstraße, errichtet wurde, ihre Verwirklichung. Er diente zunächst der Aufnahme der Sammlung.

Als dann König LUDWIG I.\* 1825 die Universität von Landshut nach München verlegte, „um einen Mittelpunkt im geistigen Leben des Landes zu schaffen“, konnte Döllinger, der nun auch zum ordentlichen Professor der Anatomie ernannt war, am neuerbauten Institut auch die Unterrichtsaufgaben seines Faches übernehmen. 1827 wurde durch eine besondere Verordnung eine organische Verbindung von Akademie und Hochschule durchgeführt. Dabei wird unter den wissenschaftlichen Sammlungen und Anstalten, die aufhören, „Attribute der genannten Akademie“ zu sein, auch das „Anatomische Theater“ genannt. Die Doppelstellung des Anatomen, der als Konservator der anatomischen Sammlung der Akademie, als o. Professor aber der Universität angehörte, blieb jedoch noch bis 1905 erhalten. 1827 bis



1838 war Döllinger Klassensekretär der „mathematisch-physikalischen“ Klasse. Ein von ihm veröffentlichtes Programm „Über den Wert und die Bedeutung der vergleichenden Anatomie“ hat ein auch heute noch gültiges Epigramm Schillers zum Motto: „Wissenschaft: Einem ist sie die hohe, die himmlische Göttin, dem anderen eine tüchtige Kuh, die ihn mit Butter versorgt.“

Schon Jahre vor seinem Tode war Döllingers Arbeitskraft durch eine schwere Choleraerkrankung gebrochen. Er mußte durch seinen Prosektor, Dr. Schneider, der 1832 zum ordentlichen Professor der Anatomie ernannt wurde, vertreten werden. Döllingers „Grundzüge der Physiologie der Entwicklung des Zell-, Knochen- und Blutsystems“ wurden erst 1842 von dem Münchener Anatomen MICHAEL PIUS ERDL (1815–1848; Akademiemitglied 1843) herausgegeben. Nach Döllingers Tod wurde Erdl im Rahmen der Akademie zum „Adjunkten der anatomischen Sammlung“ ernannt mit 600 fl Jahresgehalt und einem Naturalbezug von 2 Scheffel Weizen und 7 Scheffel Korn. Die Stelle des Konservators aber blieb zunächst unbesetzt. 1844 erfolgte die Ernennung Erdls zum ordentlichen Professor. Nach Erdls Tode vertrat ihn der „funktionierende Vorstand der Anatomie“, Professor Dr. Schneider, bis dieser 1853 in den Ruhestand trat. Auch der Adjunkt der Anatomischen Anstalt, Professor Anton Foerg, hielt anatomische Vorlesungen ab.

In dieser Zeit mußte das an sich schon unzureichende Gebäude der Anatomie auch noch der Physiologie, der Pathologie und den Klinikern zur Vornahme von Sektionen, den Chirurgen für Operationsübungen an der Leiche und der Arzneikunde Gastrecht gewähren. Auch fehlte es an den wichtigsten Instrumenten, wie z. B. einem den Fortschritten entsprechenden Mikroskop.

1853 wurde der neuberufene Physiologe CARL THEODOR ERNST VON SIEBOLD\* (1804–1885; Akademiemitglied 1848; siehe auch die Beiträge „Zoologie“ S. 248 und „Physiologie“ S. 219) Konservator der Anatomischen Anstalt, wandte sich aber sehr bald der vergleichenden Anatomie zu.

Einen durchgreifenden Wandel brachte 1855 die Berufung des o. Professors der Anatomie und Physiologie in Gießen THEODOR BISCHOFF\* (1807 bis 1882; Akademiemitglied 1857). Gleichzeitig wurde Foerg als erster Adjunkt und o. Professor der vergleichenden Anatomie in den Ruhestand versetzt. Der zweite Adjunkt, Josef Beraz, aber wurde in die philosophische Fakultät versetzt und mit allgemeiner Naturgeschichte beauftragt

Bischoff stand namentlich durch seine entwicklungsgeschichtlichen Untersuchungen in hohem Ansehen. Auch auf physiologischem Gebiet trat er durch wertvolle Arbeiten hervor (s. S. 220). Ihn erwartete auch die Aufgabe, das unzulänglich gewordene anatomische Institut durch einen Erweiterungsbau und durch Neugestaltung der Sammlung den Erfordernissen anzupassen,

die durch die Entwicklung der Wissenschaft und der Universität entstanden waren. Bischoff hatte das Glück, für diese Aufgaben noch in Gießen in NIKOLAUS RÜDINGER (1832–1896; Akademiemitglied 1883) einen besonders begabten Mitarbeiter zu finden.

Rüdingers Lebenslauf war ungewöhnlich; er sei deshalb in Kürze geschildert. Rüdinger kam 1832 in Erbes-Rüdesheim in Rheinhessen als zwölftes Kind armer Bauersleute zur Welt. Im vierten Lebensjahr verlor er den Vater; da die Mutter das Schulgeld nicht zahlen konnte, unterrichtete der Pfarrer den aufgeweckten Knaben privat, bis dieser, statt wie erhofft, den geistlichen Beruf zu wählen, im vierzehnten Lebensjahr bei einem Bader in die Lehre trat. Nach vier Jahren lockte es ihn, Wundarzt zu werden. Hierzu mußte er in Heidelberg medizinische Vorlesungen besuchen. Dabei war es noch Brauch, daß die Bader, getrennt von den Medizinern, auf besonderen Bänken saßen. Unter Entbehrungen beendete Rüdinger ein vierjähriges Studium und legte dann in Gießen die Staatsprüfung als Wundarzt ab. Bei dieser Gelegenheit fiel er Bischoff durch seine anatomischen Kenntnisse wie seine manuelle Geschicklichkeit im Präparieren auf. Das bewog ihn, Rüdinger als Privatassistenten nach München mitzunehmen.

1855 wurde Rüdinger die Funktion eines Prosektors an der Anatomischen Anstalt übertragen. Schon nach wenigen Jahren verdankte die Anstalt seinem rastlosen Fleiß und seinem außergewöhnlichen technischen Geschick eine Sammlung von zum Teil unerreichter Qualität. Rüdingers Nervenpräparate galten noch bis zum zweiten Weltkrieg, dessen Bombenangriffen sie zum Opfer fielen, als besonderer Schatz der anatomischen Sammlung.

In seinem äußeren Vorwärtkommen hatte es Rüdinger aber sehr schwer, trotzdem Bischoff nach Kräften für ihn eintrat. Ein 1857 eingereichtes Immediatgesuch an König MAX II.\*, ihm die Habilitation unter Dispens der Vorlage eines Maturitätszeugnisses zu gewähren, wurde abgelehnt. Dabei wurde ihm mangelnde Schulbildung vorgeworfen, ferner, daß er in Heidelberg auf den Bänken der Bader gegessen habe. Kurz entschlossen nahm Rüdinger in sämtlichen Fächern eines Gymnasiums Privatunterricht, um nach Jahresfrist die Reifeprüfung zu bestehen. Ein zweites Gesuch zog er wegen ungünstiger Stimmung selbst zurück. 1861–1863 veröffentlichte er seinen berühmten „Atlas des peripheren Nervensystems“, bei dem für die Wiedergabe der einzigartigen Präparate zum ersten Male die Photographie zur Anwendung kam. Nach diesem in der gesamten Fachwelt Aufsehen erregenden Werke versuchte es Rüdinger mit einem dritten Gesuch um Habilitation, das von Senat und Minister wieder abgelehnt wurde, obwohl Rüdinger schon seit Jahren einen wesentlichen Teil des anatomischen Unterrichts versah. Erst 1868 wurde dem Adjunkten der Akademie auf Eintreten

des Generalkonservators J. von Liebig und von Pettenkofer Titel und Stellung eines „Ehrenprofessors in der Medizinischen Fakultät“ verliehen.

Unter Bischoff kam es auch 1863 zu einer Abtrennung der Physiologie von der Anatomie. Als Bischoff 1878 in den Ruhestand trat, hielt Rüdinger noch zwei Jahre lang die Vorlesungen über makroskopische Anatomie, bis er endlich 1880 gleichzeitig mit der Berufung von Carl von Kupffer zum zweiten Ordinarius der Anatomie und zweiten Konservator der Anatomischen Anstalt ernannt wurde. Er zählte nun zu den bekanntesten und beliebtesten Persönlichkeiten Münchens.

C. v. KUPFFER (1829–1903; Akademiemitglied 1881) war Rektor in Königsberg, als er 1880 den Ruf nach München erhielt. Mit ihm kam ein durch seine entwicklungsgeschichtlichen und histologischen Untersuchungen weltbekannter Gelehrter an Universität und Akademie. Er erreichte, daß das Institut 1885 durch zwei Flügelanbauten vergrößert wurde. In uneigennützig-er Weise teilte er den Unterricht an der Anatomischen Anstalt in der Weise, daß er sich mikroskopische Anatomie und Entwicklungsgeschichte als Lehrfach vorbehielt, die einträglichere deskriptive und topographische Anatomie sowie den Präpariersaal aber seinem jüngeren Kollegen überließ. Wissenschaftlich befaßte sich v. Kupffer in seinen Münchener Jahren vor allem mit den schwierigen Problemen der Entwicklung des Kopfes und der Kopfnerven. Dadurch, daß v. Kupffer verwickelte Entwicklungsvorgänge schon frühzeitig durch Untersuchung an niedriger stehenden Arten zu klären versuchte, wurde er auch einer der Begründer der vergleichenden Entwicklungsgeschichte, die sich weiterhin als überaus fruchtbar erwies.

Nach dem Tode von Rüdinger wurde JOHANNES RÜCKERT (1854–1923; Akademiemitglied 1883) auf den Lehrstuhl für makroskopische Anatomie berufen. Er war Schüler von Rüdinger und von v. Kupffer, lehrte seit 1890 als ao., dann o. Professor der Anatomie an der Tierärztlichen Hochschule, um 1897 an die Anatomische Anstalt zurückzukehren. Mit größter Zähigkeit setzte er durch, daß das alte, völlig unzureichend gewordene Institut durch einen Neubau ersetzt wurde, der bei seiner Eröffnung 1908 als größte und schönste Anatomie Deutschlands galt. Dabei kam es auch zu einer völligen Loslösung der anatomischen Sammlung von der Akademie.

Rückert war ein Forscher ganz besonderen Ranges, der durch seine Arbeiten häufig in vielumstrittene Probleme entscheidend eingriff. Vor allem waren es Fragen der Ei-Reifung und Befruchtung, der Entwicklung der Exkretionsorgane und der frühen Blutbildung, die ihn immer wieder zu tiefdringenden Untersuchungen veranlaßten. Auch eine gedrängte Darstellung all seiner Ergebnisse würde den hier zur Verfügung stehenden Raum sprengen.



Als Nachfolger seines Lehrers v. Kupffer wurde 1902 SIEGFRIED MOLLIER\* (1866–1954; Akademiemitglied 1908) berufen, der nach dem Tode von Rückert 1923 auch die Gesamtleitung der Anatomischen Anstalt übernahm. Mollier griff die Mechanik der Muskel- und Gelenkbewegungen von einer völlig neuen Seite auf, wobei es ihm gelang, die Mechanik zunächst des Schultergürtels in exakter und dabei doch biologisch wie praktisch verwertbarer Form zur Darstellung zu bringen. Entwicklungsgeschichtliche Untersuchungen entschieden die umstrittene Frage der Extremitätenentwicklung im Sinne eines segmentalen Baues der Gliedmaßen. Vergleichend embryologische Untersuchungen über die erste Entstehung des Herzens lösten die alte Streitfrage nach dessen mesodermaler oder entodermaler Entstehung. Wichtige histologische Untersuchungen klärten die Blutbildung in der Leber und den Bau der Milz. Einen weit über die Fachkreise hinausgehenden Widerhall aber fand Molliers „Plastische Anatomie“, ein Meisterwerk, das 1924 erschien und auch heute noch nicht seinesgleichen hat.

Nach der Emeritierung Molliers wurde WALTHER VOGT (1888–1941; Akademiemitglied 1934), o. Professor der Anatomie in Zürich, nach München berufen. Vogt war schon von 1923 bis 1930 als Vorstand der damaligen Abteilung für Histologie und Entwicklungsgeschichte am Münchener Institut. Vogt gelang es, bei Amphibien mittels vitaler Farbmarken die Gestaltungsvorgänge des Keimes während der Gastrulation eindeutig festzulegen. Damit wurde es ihm möglich, bereits für die Eizelle der Amphibien Baupläne aufzustellen und diese mit den wichtigsten Ergebnissen der experimentellen Forschung von HANS SPEMANN (1869–1941; Akademiemitglied 1925) in Verbindung zu bringen.

Die Anatomie wird außerhalb ihrer Fachkreise nicht selten als etwas Totes, Abgeschlossenes betrachtet, bei dem es nichts Neues mehr zu entdecken gibt. Überblickt man aber diese Namen der Anatomen, die als o. Mitglieder der Bayerischen Akademie der Wissenschaften seit ihrem Bestehen in München tätig waren, so zeigt sich, daß auch diese Wissenschaft lebt und ständig zu neuen Erkenntnissen führt. Dies gilt für die letztvergangenen Jahre, die in der Darstellung noch nicht inbegriffen sind, dank der Entwicklung neuer Forschungsgebiete – ich nenne nur die Histochemie und die Elektronenmikroskopie – noch mehr als für die vorausgehenden Jahrzehnte.

## ANTHROPOLOGIE

*Von Benno Romeis*

Zu Anfang des 19. Jahrhunderts bildete die Anthropologie an den Universitäten einen Teil des Nominalfaches „Naturgeschichte“. Das klassische Vorbild eines Anthropologen der damaligen Zeit war JOHANN FRIEDRICH BLUMENBACH (1752–1840; Akademiemitglied 1808) in Göttingen, dessen Vorlesung auch den Kronprinzen Ludwig für das Fach begeisterte. An der Münchener Universität las GOTTHILF HEINRICH VON SCHUBERT\* (1780 bis 1860; Akademiemitglied 1827) und nach dessen Tod Josef Beraz allgemeine Naturgeschichte und Anthropologie. Sein Nachfolger wurde 1869 JOHANNES RANKE (1836–1916; Akademiemitglied 1893).

Ranke hatte sich nach seinem medizinischen Staatsexamen zunächst der Physiologie zugewandt. Er arbeitete unter EMIL HEINRICH DU BOIS-REYMOND (1818–1896; Akademiemitglied 1892), CLAUDE BERNARD (1813–1878; Akademiemitglied 1859) und schließlich am Münchener Physiologischen Institut bei THEODOR BISCHOFF (1807–1882; Akademiemitglied 1857) und CARL V. VOIT\* (1831–1908; Akademiemitglied 1865), wo er sich 1863 mit einer Schrift über den „Galvanischen Leistungswiderstand des lebenden Muskels“ habilitierte. Es folgten von ihm noch eine Reihe weiterer physiologischer Arbeiten, so über die chemischen Bedingungen der Muskelermüdung, über die Blutverteilung, über die Ernährung des Menschen, sogar ein Lehrbuch „Grundzüge der Physiologie“.

1869 wurde Ranke zum ao. Professor für Anthropologie an der philosophischen Fakultät ernannt. Noch führte aber Ranke neben anthropologischen Untersuchungen auch weiterhin physiologische Studien durch, bis er sich 1876 ganz der Anthropologie zuwandte und sie durch zahlreiche grundlegende Arbeiten bereicherte, so daß er immer als einer der Mitbegründer der anthropologischen Wissenschaft fortleben wird. Von besonderer Bedeutung waren seine Schädelmessungen, für die ihm in den bayerischen Ossuarien ein reiches und einzigartiges Material zur Verfügung stand. Diese Arbeiten befassen sich mit den Schädelformen der süddeutschen Bevölkerung, bei deren Ausprägung Ranke den Völkermischungen wie auch dem Klima und sonstigen Faktoren der Umwelt Einfluß zusprach. Weltbekannt wurde Ranke durch sein zweibändiges Werk „Der Mensch“, in dem er 1886 das damalige anthropologische Wissen gemeinverständlich

zusammenfaßte. Es erlebte mehrere Auflagen und wurde auch in verschiedene Fremdsprachen übersetzt.

Im gleichen Jahre wurde für Ranke an der philosophischen Fakultät der Universität das erste Ordinariat für Anthropologie geschaffen. Damit war ihr die Anerkennung als selbständiges Lehrfach gegeben. Ranke war nun Vorstand des Anthropologischen Instituts der Universität und der Anthropologisch-prähistorischen Sammlung des Staates. Auch in die Bayerische Akademie der Wissenschaften hat damals die Anthropologie ihren Einzug gehalten durch Bildung einer Kommission zur Erforschung der Urgeschichte Bayerns, die anfangs unter dem Vorsitz von WILHELM CHRIST (1831–1906; Akademiemitglied 1858), seit 1901 unter der rührigen Leitung Rankes stand.

Den obengenannten Arbeiten folgte noch eine Fülle von weiteren, darunter auch über altperuanische Schädel, über den Zwischenkiefer, über die Anthropologie des Schulterblattes usw. Auch um die prähistorische und die Höhlenforschung erwarb sich Ranke große Verdienste. Für letztere rief er noch in seinen letzten Lebensjahren bei der Akademie eine eigene, unter seinem Vorsitz stehende Kommission ins Leben.

Ranke starb 1916 in seinem 80. Lebensjahr. Als Nachfolger an der Universität wurde 1917 RUDOLF MARTIN\* (1864–1925; Akademiemitglied 1918) berufen. Martin war von 1899 ao., von 1905–1911 o. Professor der Anthropologie in Zürich und gab dann seinen Lehrstuhl auf, um sich ganz seiner Wissenschaft widmen zu können. 1914 erschien sein grundlegendes Lehrbuch der Anthropologie, in dem Martin zum ersten Male die vielen Einzelarbeiten aus dem Gebiete der physischen Anthropologie kritisch zusammenfaßte und wertete. Von ganz besonderer Bedeutung ist, daß er in diesem Werke auch die Meßtechnik für anthropologische Untersuchungen entwickelt und standardisiert hat. Damit war er nicht nur für die Anthropologie, sondern auch für zahlreiche naturwissenschaftliche und medizinische Nachbargebiete richtungweisend. Nach Antritt seines Lehrstuhles in München im Jahre 1917 bestand eines seiner ersten Werke in der völligen Erneuerung des Anthropologischen Institutes und der Anthropologisch-prähistorischen Sammlung, die unter seiner Leitung internationale Bedeutung gewannen, bis auch sie zum großen Teil den Bombenangriffen des 2. Weltkrieges zum Opfer fielen. Nach dem ersten Weltkrieg stellte Martin durch umfassende, einwandfreie Untersuchungen und Messungen an Münchener Schulkindern die schweren Folgen der Hungerblockade und der Kriegs- und Inflationsnöte fest und veranlaßte damit die segensreiche amerikanische Schulspeisung. Das Beispiel zeigt die enge Beziehung der Anthropologie auch zu praktischen Problemen des Lebens. Sie kommen in letzter Zeit auch in den Verbindungen zur Blutgruppenforschung und zur Humangenetik zum Ausdruck.



## PATHOLOGISCHE ANATOMIE

MAX BORST

*Von Werner Hueck*

Wenn MAX BORST\* (1869–1946; Akademiemitglied 1928) erst 1928 als ordentliches Mitglied in die Bayerische Akademie der Wissenschaften aufgenommen wurde, obwohl er seit 1910 an der Universität München wirkte und lehrte, so hat das seinen Grund vielleicht darin, daß die pathologische Anatomie in Deutschland erst spät die Anerkennung als Glied der biologischen Wissenschaften gefunden hatte. Erst RUDOLF VIRCHOW (Akademiemitglied 1888) hatte sie durch die Cellularpathologie und durch seine Betonung der experimentellen Methode aus den Fesseln einer nur der praktischen Medizin dienenden Forschung befreit und sie zu einem eigenen Grundlagenfach erhoben.

Seit Max Borst in seiner Heimatstadt Würzburg 1893 Assistent bei dem dortigen Pathologen E. von Rindfleisch geworden war, hat er an der Virchow'schen Arbeitsrichtung festgehalten und das auch äußerlich in den von ihm geleiteten Instituten (Köln, Göttingen, Würzburg) und besonders in dem großen Neubau des Münchener Instituts (1928–1930) bekundet. Aber vor allem geht das aus seinen wissenschaftlichen Arbeiten hervor: Schon 1902 konnte er sich mit einem zweibändigen Werk über die Geschwülste allgemeine Beachtung und Anerkennung verschaffen, und 1904 errang er den Warren-Preis in Boston mit einer Arbeit über Gehirnregeneration, die bei einer internationalen Konkurrenz anatomischer und physiologischer Forschungen als beste Arbeit ausgezeichnet wurde. So ist es verständlich, daß die Wachstumsprobleme ihn dauernd beschäftigt haben. Seine zahlreichen Arbeiten über Entzündung, Wundheilung, Regeneration und Transplantation sind die Beweise. Ein in wiederholten Auflagen erschienener „Unterrichtskurs der pathologischen Histologie“ zeigt seine hervorragende Lehrbegabung, seine Forschungen über die „Wuchsstoffe“ und die über Porphyrine sein Interesse an chemischen Arbeiten.

Namentlich in den Jahren seiner Zugehörigkeit zur Akademie hat er immer wieder Arbeiten über experimentelle Krebserzeugung und die Geschwulstprobleme, über den Einfluß der Hormone und über die Wirkung der Strahlen auf die Gewächse veröffentlicht.

Kurz erwähnt kann hier nur seine Tätigkeit als „beratender Pathologe“ während der beiden Weltkriege (er war übrigens der erste, der schon 1914/15 bei dem Ersten Bayerischen Reserve-Armeekorps eine Feldprosektur einrichtete, die dann bald bei allen deutschen Armeen eingeführt wurde) und seine Tätigkeit auf dem Gebiet der ärztlichen Fortbildung werden.

Nimmt man hinzu, daß er sowohl dichterisch wie musikalisch produktiv tätig war und in seinen letzten Lebensjahren auch eigene Kompositionen öffentlich in München aufführen konnte, so sieht man die Universalität seines Geistes.

Unter seinen zahlreichen Auszeichnungen und Ehrungen haben ihn immer wieder am meisten die Ehrenmitgliedschaften in ärztlichen Akademien und vor allem die Berufung in die mathematisch-naturwissenschaftliche Klasse der Bayer. Akademie der Wissenschaften gefreut. Leider mußte er schon 1946 einem tödlichen Autounfall zum Opfer fallen.

## INNERE MEDIZIN

FRIEDRICH VON MÜLLER

*Von Werner Hueck*

Die Innere Medizin ist als „klinisches“ Fach in der Bayerischen Akademie der Wissenschaften in der Regel nicht vertreten, aber ein besonderer Anlaß kann eine Ausnahme von dieser Regel erzwingen, zumal, wenn es sich um eine ungewöhnlich hervorragende Persönlichkeit handelt. Das war in München im ersten Drittel unseres Jahrhunderts der Kliniker FRIEDRICH VON MÜLLER\* (1858–1941; Akademiemitglied 1940). Sein Schüler Paul Martini schreibt von ihm (im vierten Band der „Großen Deutschen“), daß er schon bei Lebzeiten vor den Ärzten Deutschlands und der Welt als „der königliche Arzt“ gestanden habe. Abgesehen von anderen zahlreichen Auszeichnungen, verdient erwähnt zu werden, daß ihn die Stadt München zu ihrem Ehrenbürger ernannt hat, daß er – in schwerer Zeit – dreimal Rektor der Münchener Universität, Ehrendoktor und Ehrenmitglied zahlreicher wissenschaftlicher Gesellschaften und Mitglied der Akademien Halle und Upsala war.

Das dürfte beweisen, daß er nicht nur wegen seiner ärztlichen, sondern vor allem auch wegen seiner wissenschaftlichen Leistungen Weltgeltung hatte. Seine ungewöhnlich gründliche Ausbildung in der Chemie ermöglichte es ihm, die Stoffwechselforgänge folgerichtig zu beobachten und zu erforschen. Aber auch auf dem lange brachgelegenen Gebiet der physikalischen Lungen- und Herzbeobachtung kam er mit exakten apparativen Methoden zu einer bedeutsamen medizinischen Akustik. Abgesehen von zahlreichen anderen von ihm gepflegten Forschungsgebieten gelang ihm auf dem neurologischen Gebiet die Erfassung der „Seelenblindheit“.

Nun sagt er zwar in seiner Selbstbiographie: „Freilich habe ich auf keinem Gebiet eine wirklich neue Entdeckung machen können“, aber das war keine „kokette Selbstbespiegelung“ (Martini), sondern entsprang dem Drang zur Wahrhaftigkeit, die ihn vor jeder Überschwänglichkeit abschreckte.

Es war daher für ihn eine stolze Freude, als die Akademie ihn, am Abend seines Lebens, zum ordentlichen Mitglied ihrer mathematisch-naturwissenschaftlichen Klasse ernannte. Leider starb er schon 1941, so daß er die Akademie nicht mehr durch neue, eigene Arbeiten bereichern konnte.



# KINDERHEILKUNDE

MEINHARD VON PFAUNDLER

*Von Werner Hueck*

Wenn jeder Mensch ein Produkt seiner Anlagen und seiner Umwelt ist, so sind diese bei MEINHARD VON PFAUNDLER (1872–1947; Akademiemitglied 1947) besonders glücklich gewesen. Geboren am 7. 6. 1872 zu Innsbruck als Sohn des bedeutenden Physikprofessors Leopold von Pfaundler und einer künstlerisch begabten Mutter, lebte er dauernd in vorbildlicher Umgebung. Anlage und Erziehung prägten ihn zu Hochleistungen.

Nach Absolvierung des humanistischen Gymnasiums studierte er Medizin in Innsbruck und Graz, wohin sein Vater 1890 berufen wurde, und wurde schon 1897 Assistent an der Grazer Kinderklinik unter dem bekannten Pädiater Escherich. Nach einem einjährigen Studienaufenthalt am Hofmeisterschen physiologisch-chemischen Institut in Straßburg habilitierte er sich 1900 in Graz für das Fach der Kinderheilkunde, wurde dort schon 1902 der Nachfolger Escherichs und erhielt 1906 die Berufung nach München, dem er – trotz sehr ehrenvoller Berufungen nach Straßburg, Leipzig und Wien – bis zu seiner Emeritierung treu blieb und das ihm in 33jähriger Tätigkeit zu einer zweiten Heimat wurde.

Das Bemerkenswerte an Pfaundler ist zunächst seine ganz ungewöhnliche Arbeitskraft. Nicht nur, daß er das aus allerbescheidensten Anfängen übernommene Haus zu einer großen, modernen Kinderklinik erweiterte, daß er hier unermüdlich als Arzt kranker Kinder, Betreuer ratsuchender Mütter und als hervorragender akademischer Lehrer wirkte, er benutzte sein großes klinisches Krankengut zu einer Fülle von (171) wissenschaftlichen Arbeiten und zahlreichen größeren Hand- und Lehrbuchbeiträgen. So gibt es kaum ein Gebiet der Kinderheilkunde, das er nicht durch eigene Arbeit wesentlich bereichert hat. Seinen Jugendvorsatz, eine Um- und Ausarbeitung der gesamten Pädiatrie zu liefern, hat er wahr gemacht, denn er hat die moderne Kinderheilkunde entscheidend mitgestaltet.

Dabei waren es die Einzelfälle, die ihn immer wieder zur genauesten Beobachtung anregten, die ihn aber durch seine unerbittliche Kritik und durch die Klarheit seines Verstandes zur Synthese großer Zusammenhänge befähigten. Dadurch, daß er nach Möglichkeit die Probleme in mathemati-

sche Begriffe kleiden konnte, daß das physikalische und chemische Denken in ihm lebendig waren, gelangen ihm seine bedeutsamen Untersuchungen über Konstitution, Disposition und Resistenz und die Studien über „Früh-tod, Geschlechtsverhältnis und Selektion“ aus den Jahren nach seiner Emeritierung.

Schon diese sehr kurze, zusammengedrängte Übersicht seiner Arbeiten soll erahnen lassen, daß er kein einseitiger Fachgelehrter, sondern ein Biologe war. Das zeigt vielleicht noch eindrucksvoller die Tatsache, daß er eine der größten Sammlungen der heimatlichen Coleopteren von 50000 Exemplaren in 11000 Formen hinterlassen hat und daß hier die Bezeichnung „Pfaundleri“ vielleicht nicht seltener anzutreffen ist als sein Name in der Kinderheilkunde, wie dies sein Schüler, Professor Husler, in seinem schönen Nachruf auf Pfaundler vom 29. 11. 1947 mitgeteilt hat.

Von seinen zahlreichen wissenschaftlichen Ehrungen hat er nie ein Aufheben gemacht, aber als ihn – der ausgebombt und krank auf seinem Landgut Pipurg im Ötztal leben mußte – 1947 die Wahl zum ordentlichen Mitglied der Bayerischen Akademie der Wissenschaften erreichte, war das für ihn eine besonders ehrenvolle, große Freude. Sein schon am 20. 7. 1947 erfolgter Tod hat ihn an einer tätigen Mitarbeit in der Akademie verhindert.

## HYGIENE

*Von August Wilhelm Forst*

### MAX VON PETTENKOFER ALS HYGIENIKER

Zu Beginn des 19. Jahrhunderts ging von England, das damals schon über eine weit fortgeschrittene Industrie verfügte, eine hygienische Welle aus, die sich vorwiegend auf verwaltungstechnische und organisatorische Maßnahmen beschränkte. Man errichtete zwar schon neue Wasserleitungen, neue Kanalisationen, riß besonders ungesunde Stadtteile nieder und kontrollierte Lebensmittel, betrieb jedoch die ganze Hygiene rein empirisch.

MAX VON PETTENKOFER\* (1818–1901; Akademiemitglied 1846), als Mediziner für die Beseitigung der Gefährdung des Menschen durch Umwelteinflüsse zuständig, als Apotheker und Chemiker naturwissenschaftlich geschult, versuchte mit exakt wissenschaftlichen Methoden als echter Naturforscher an die im Gebiete der Hygiene sich stellenden Fragen heranzugehen.

Die Physiologie hatte ihn gelehrt, das Verhalten des gesunden Organismus zu ergründen. Als Mediziner war ihm die Pathologie wohl vertraut. Die Ungewißheit der Grenze zwischen „gesund“ und „nicht mehr gesund“ stand ihm vor Augen. Mehr noch bewegte ihn die Frage nach der Kausalität für die Beeinträchtigung der Gesundheit, insbesondere soweit sie exogener Natur war. Welches sind die optimalen Lebensbedingungen und wie lassen sich diese schaffen und aufrechterhalten?

Die Beschäftigung mit diesen Fragen ist die Aufgabe der Hygiene. Sie ist eng verbunden mit den Aufgaben der Physiologie. Pettenkofer gedachte sie mit den gleichen Methoden zu beantworten, auf die der Physiologe sich stützt, also in erster Linie mit dem Experiment.

Auch bei voller Würdigung aller übrigen wissenschaftlichen Leistungen Pettenkofers ist es als sein größtes Verdienst herauszustellen, daß er die Hygiene als experimentelle Wissenschaft begründet hat

Im Sommersemester 1853 las er zum erstenmal über diätetisch-physiologische Chemie. Es war eine chemisch orientierte Hygiene-Vorlesung über Luft, Wasser, Kleidung, Wohnung, Nahrungsmittel und Baumaterialien. Hinzu kamen Vorlesungen über Gesundheitspflege und Medizinalpolizei



Vom Sommersemester 1865 an lautete die Ankündigung der umfassenden Vorlesung: „Vorträge über Hygiene“.

Im Jahre 1854 wurde er als Naturforscher vor eine bedeutende hygienische Aufgabe gestellt. Wie bei KISSKALT zu lesen ist, erwartete München für die 1854 stattfindende Industrieausstellung die zahlreichen Gäste mit Bangen wegen der Cholerafahrr. Der erste Fall kam am 23. Juli vor, gerade beim Portier der Ausstellung. Eine Panik stand bevor, alles versuchte die Stadt zu verlassen. Der 36jährige Pettenkofer, schon 1849 an der Untersuchung der Cholera in Nürnberg beteiligt, seit 17. April 1849 Mitglied des Obermedizinalausschusses, der sich mit der Bekämpfung der Cholera zu befassen hatte, war zur wichtigsten Persönlichkeit in diesem Gremium geworden. Bei seinen eingehend betriebenen Studien erkrankte er selbst als einer der ersten an Cholera, nach ihm seine Köchin, die daran starb, und seine Tochter Anna, die wieder genas. Pettenkofer bemühte sich zunächst sehr eindringlich um den gesamten Aspekt dieser verheerenden Seuche. So registrierte er nach persönlicher Inaugenscheinnahme die Cholera-Häuser, legte ein Grundbuch für Cholerafälle an, aus dem hervorging, daß vor allem in Häusern, die in Mulden lagen, die Krankheit gehäuft auftrat. Planmäßig ausgewertete Beobachtungen führten ihn, den stets chemisch Denkenden, dazu, die Ursache im Boden zu suchen. Er glaubte an eine Aktivierung des Cholera-„Stoffes“ im Boden und setzte die Berührung mit feuchter poröser Erde in Analogie zu der Katalysierung chemischer Reaktionen durch porösen Platinschwamm. Auch eine gedankliche Anlehnung an die Gärung lag nahe. Bei geeigneten Bodenverhältnissen entwickelte sich vermutlich aus den Ausscheidungen der Choleraerkrankten im Boden ein gasförmiges Miasma. Die dazu nötige Feuchtigkeit wies auf eine besondere Bedeutung des Grundwasserstandes hin. Er stellte fest, daß die Epidemien mit dem Tiefstand desselben zusammenfielen.

Die Theorie Pettenkofers über die Verbreitung des Choleraerregers erwies sich seit der Entdeckung des Choleraerregers durch Robert Koch im Jahre 1883 als in dieser Form nicht mehr haltbar. Das Grundwasser mußte in seiner Bedeutung dem Trinkwasser weichen, das durch die aus den Ausscheidungen der Kranken stammenden, in den Boden gelangenden Choleraerregern verseucht wurde. Trotz Kochs Entdeckung ist Pettenkofer zeit seines Lebens ein überzeugter Gegner der Nur-Trinkwasser-Bedingtheit zahlreicher Infektionskrankheiten geblieben.

Als kenntnis- und erfindungsreicher Mediziner und Technologe war er der vielbefragte Ratgeber in allen Fällen, in denen Technik und Praxis nicht mehr weiterwußten, vor allem auf dem Gebiete der Gesundheitspflege. Als bei der neugeschaffenen Luftheizung in der Residenz Übelstände sich zeig-

ten, war es Pettenkofer, der im Jahre 1851 um Erkennung der Ursache und deren Beseitigung angegangen wurde. Die Einführung eines eigenen Ventilationssystems im neuen Münchener Gebärhaus veranlaßte ihn, sich mit der Lüftung von Räumen zu befassen, wozu er eine Studienreise nach Paris und London unternahm. Für die in diesem Zusammenhange zu klärende Frage des Austausches der Gase zwischen Organismus und Außenwelt kam ihm sein genial erdachter Respirationsapparat sehr zustatten, dessen Bau wiederum ein Ausfluß seiner zusammen mit CARL VOIT\* betriebenen physiologischen Stoffwechselstudien gewesen war.

Mit der Bearbeitung aller dieser Objekte war Pettenkofer unversehens und unbeabsichtigt immer mehr in das Gebiet der Gesundheitspflege hineingeraten. Es wurde ihm klar, daß er im Begriff war, eine neue Anwendung der exakten Naturwissenschaft zu betreiben durch Verwertung naturwissenschaftlicher Erkenntnisse und Methoden für die Gesundheitspflege. Jetzt erst ahnte er, welche fruchtbare Synthese möglich sei zwischen dem, was er bisher widerwillig, und dem, was er mit Leidenschaft betrieben hatte (v. Gruber). Mit Feuereifer widmete er sich der systematischen Durchforschung der gesamten Lebensverhältnisse des Menschen. Sein Aufgabenkreis war weit gesteckt und umfaßte die verschiedensten Sparten der Gesundheitspflege (Sanitätspolizei, Heizung, Lüftung, Beleuchtung, Kleidung, Wasserversorgung, Abfallbeseitigung, Flußwasserreinigung und anderes mehr). Mit unermüdlicher Zähigkeit beschäftigte er sich zeitlebens mit der Erforschung der Infektionsausbreitung. Bei allen Fragen leitete ihn die entscheidende Maxime naturwissenschaftlichen Arbeitens, das Bestreben, messen zu können, um quantitative Unterschiede zu erfassen. Das gab ihm das Recht, die Hygiene als „Gesundheitswirtschaft“ zu bezeichnen.

Daß der gefeierte Chemiker und Techniker von dem Bestreben, das Los der Menschheit zu verbessern, zutiefst beseelt werden konnte, wird aus dem Idealismus glaubhaft, der ihn schon viele Jahre zuvor (1848) zu folgender Aussage bewogen hatte:

„Ein Mann der echten Wissenschaft kümmert sich jederzeit zuerst um Wahrheiten. Aber wer ist so durch und durch Philosoph, daß er nicht als Bürger eines Staates, als Haupt oder Glied einer Familie zu dem Gedanken gezwungen werden könnte: Was läßt sich aus dem Schatze meiner Erfahrungen und von den Resultaten meines angestregten Nachdenkens dazu verwenden, denen, mit welchen wir so kurz auf Erden zusammen sind, das Herz zu erfreuen, ihre Leiden zu stillen oder ihnen dankbar zu sein für so vieles, was wir von ihnen empfangen? Als Mensch ist der Gelehrte sogar hierzu verpflichtet, und er ist entweder ein Schwächling oder ein herzloser Unmensch, wenn er anders denkt und handelt.“

Max von Pettenkofer, der als gescheiter Kopf, aber als gescheiterter Schauspieler „höchstens noch Mediziner“ werden konnte und auch nur widerwillig wurde, war zum Arzt im edelsten Sinne, zum tätigen Humanisten geworden.

#### Literatur

- Lehmann, K. B.: Münch. med. Wschr. 48, 464, 1901.  
 v. Gruber, M.: M. v. Pettenkofer. Ber. D. Chem. Ges. 36, 4512-4572, 1903.  
 Gruber, M. v.: Münch. med. Wschr. 56, 1236, 1909.  
 Kisskalt, K.: M. v. Pettenkofer. Große Naturforscher Bd. 4, 1948.  
 Diepgen: Geschichte d. Medizin, Bd. II, Berlin 1951.  
 Beyer, A.: M. v. Pettenkofer. Berlin 1956.  
 Sigerist, H. E.: Große Ärzte. 4. Heft. München 1959.

#### MAX VON GRUBER

MAX VON GRUBER\* (1853-1927, Akademiemitglied), Präsident der Akademie in den Jahren 1924-1927, wurde am 6. Juli 1853 als jüngstes von fünf Kindern des praktischen Arztes und Otologen Dr. Ignaz Gruber (Herausgeber eines zweibändigen Lehrbuches der Chemie!) in Wien geboren. Dessen Gattin, Frau Gabriele, geborene Edle von Menninger war eine hochgebildete, humorvolle, „enthusiastische, für Natur, Musik und Dichtkunst begeisterte Mutter“. Nach Absolvierung des Schottengymnasiums in Wien studierte er dortselbst, sowie in München und Leipzig Medizin. Die bei einem Mediziner seltene Neigung zur Chemie hatte sich vom Vater auf den Sohn fortgepflanzt und so blieb die Chemie, die er später als die Königin der Wissenschaften bezeichnet hat, eine der Hauptfundamente seiner späteren Forschungstätigkeit. Schon als Medizinstudent betätigte er sich als Demonstrator und nach dem am 5. April 1876 in Wien bestandenen Rigorosum noch drei Jahre als Assistent von A. LIEBEN, Weidel, v. Barth und Franz Zoelestin von Schneider im Chemischen Institute. Als Ergebnis dieser Tätigkeit erschienen mehrere wertvolle Veröffentlichungen, von denen die über die Einwirkung von Salpetrigsäureanhydrid auf Protocatechusäure besondere Beachtung gefunden hat.

Schneider veranlaßte ihn, 1879 nach München zu übersiedeln, um bei Pettenkofer und Carl Voit die Anwendung der Chemie auf Physiologie und Hygiene kennenzulernen. Das Laboratorium von Voit stand damals in



heftiger Fehde mit dem Bonner Physiologen Eduard Pflüger über die Bewertung des Eiweißes als Quelle der Energie. Pflüger bestritt die Ergebnisse, die C. Voit bei seinen Versuchen gewonnen hatte und bezweifelte die Zuverlässigkeit der dabei angewandten Methoden. Gruber, der bei Schneider eine exakt chemisch-analytische Ausbildung erfahren hatte, besaß das Rüstzeug, die Bedenken von Pflüger zu entkräften. Von Voit war er beauftragt, dessen eigene Arbeiten über das Stickstoffgleichgewicht nachzuprüfen. Dabei gelang Gruber eine Verbesserung der heiß umstrittenen quantitativen Bestimmungsmethode für den Harnstoff, die er neben der als Kontrolle dienenden nach J. B. DUMAS bei zahllosen Analysen benutzte. Die laufende Bestimmung der Nahrungsaufnahme und aller Ausscheidungen neben Phosphat- und Sulfat-Analysen erbrachten den exakten Nachweis, daß der Eiweißumsatz bei konstanter Ernährung der Eiweißaufnahme entspricht und somit die Lehre vom Stickstoffgleichgewicht berechtigt war. Eine etwaige Aufnahme und Ausscheidung von Stickstoff durch die Atmung war entgültig abzulehnen. Die Schärfe des damit entfachten Kampfes zwischen Pflüger und Gruber gehört zu den klassischen Fehden auf dem Felde der Wissenschaft (Zschr. f. Biol. 17, 78, 239, 1881, Pflügers Arch. 23, 127, 1880, 25, 292 1881). An den lebhaften Diskussionen auf dem Gebiete des Stoffwechsels, der damals durch Robert Mayers Gesetz von der Erhaltung der Energie einen neuen Aspekt erhalten hatte, beteiligten sich im Laboratorium von C. Voit außer Gruber noch Rubner, Erwin Voit, H. v. Hoesslin, L. Feder und Friedrich Müller. Auch Pettenkofer fand sich häufig in diesem erlauchten Kreise ein. Gruber hörte auch Vorlesungen bei diesem und trat ihm persönlich nahe. Pettenkofer ist für Gruber zeitlebens ein Vorbild geblieben.

Von München aus ging Gruber auf Anraten von C. Voit für das Wintersemester 1882/83 zu dem berühmten Physiologen CARL LUDWIG nach Leipzig. Gemeinsam mit seinem Studienfreunde aus der Wiener Zeit, MAX VON FREY (1852–1932; Akademiemitglied 1916), dem späteren Physiologen in Würzburg, wurde ein neues Verfahren über die respiratorischen Stoffwechsellvorgänge und eine Methode zur Bestimmung der CO<sub>2</sub>-Produktion in isolierten Organen ausgearbeitet.

Der eigentliche Anstoß zur Hinwendung zur Hygiene stammt jedoch nicht von Pettenkofer. Friedrich Müller, der die damals gesponnenen wissenschaftlichen Fäden genau kannte, liefert in seinem Nachruf auf M. Gruber für dessen Wechsel zur Hygiene folgende Schilderung: HANS BUCHNER (1850–1902), den eine gemeinsame Freundschaft mit Gruber und mit dem Botaniker CARL WILHELM VON NÄGELI\* (1817–1891; Akademiemitglied 1859) verband, hatte Gruber auf die Arbeiten Naegelis aufmerksam gemacht, in

denen die von Pasteur inaugurierte Bakteriologie vom Standpunkt des Botanikers aus neu belebt und bereichert wurde. Naegelis großes Werk über die niederen Pilze hatte bei Naturwissenschaftlern und Medizinern Aufsehen erregt, und Buchner suchte die dabei gewonnenen neuen Erkenntnisse auf dem Gebiete der Infektionskrankheiten nutzbar zu machen. Es gelang Buchner, seinen Freund Gruber von der Wichtigkeit der Bakterienkunde zu überzeugen. Gruber wurde Bakteriologe.

Am 12. August 1882 habilitierte sich Gruber mit neunundzwanzig Jahren in seiner Vaterstadt für Hygiene. Trotz widriger Umstände beschäftigte er sich mit Fragen der Bakterienvariabilität am Beispiel des *Bact. proteus* und entwickelte unter anderem ein Verfahren zur Kultur von Anaerobiern, das er 1887 veröffentlichte. Als er beauftragt wurde, die 1885/86 in Südösterreich herrschende Choleraepidemie zu bekämpfen, fand sich in Wien die Gelegenheit, auch praktische Bakteriologie bei der Seuchenbekämpfung zu betreiben.

Der Ruf auf die neugeschaffene außerordentliche Professur für Hygiene nach Graz, dem er am 3. April 1884 folgte, durfte als Anerkennung der in Wien vollbrachten Leistungen gelten. Diese Professur war allerdings weder mit einer Arbeitsmöglichkeit noch mit einem Etat ausgestattet. Ein Zimmer und ein Korridor im Keller des Physiologischen Institutes war das schwer erkämpfte Maximum, das für die Unterbringung von Tieren, Brutschränken etc. dem für „Hygiene“ berufenen Professor zur Verfügung gestellt wurde. Selbst die Anschaffung der Handtücher ging auf seine eigenen Kosten. Aber auch unter diesen primitiven Verhältnissen leistete er erfolgreiche experimentelle Arbeit und veröffentlichte daneben zahlreiche Abhandlungen über Fragen der öffentlichen Gesundheitspflege.

Am 23. März 1887 kehrte er nach Wien zurück, um nach dem Tode von Nowak die Direktion des Hygienischen Institutes, zunächst als außerordentlicher Professor, vom 10. Dezember 1891 ab als ordentlicher Professor wahrzunehmen. Auch in Wien standen ihm nur einige wenige Räume in einer alten Gewehrfabrik zur Verfügung, und auch die übrigen Arbeitsmöglichkeiten waren äußerst kümmerlich. Daneben belasteten ihn die Verwaltungsbehörden mit vielfältigen Aufgaben der öffentlichen Gesundheitspflege, wozu auch die Ausarbeitung des Österreichischen Lebensmittelgesetzes gehörte. Unglück in der Familie, der Verlust seiner ersten Gattin im Jahre 1888, Sorge über die allzu große Inanspruchnahme seiner Zeit und Arbeitskraft durch die Behörden und Mißmut über unnötige Schwierigkeiten bei der Zusammenarbeit mit diesen drückten schwer auf seine Stimmung. So stellte Gruber, Ordinarius an der berühmten Wiener Medizinischen Fakultät und Mitglied der Wiener Akademie der Wissenschaften an, den Inhaber des Hygienischen Lehrstuhls in München, seinen Freund Hans Buchner das

Ansinnen, ihm eine Stelle als Laboratoriumsleiter in seinem Institute einzuräumen, und noch im Jahre 1899 wandte er sich an Lord Lister mit der Frage, ob dieser ihm nicht eine Anstellung im Jenner-Institute verschaffen könne.

Aber all die Unbill, die auf Grubers Gemüt lastete, konnte seinen Arbeits-eifer nicht lähmen. Aus der Wiener Zeit stammen die wegweisenden bakteriologischen Untersuchungen, die Weltgeltung erlangt haben.

Nach dem Tode von Hans Buchner im Jahre 1902 lag es auf der Hand, daß die Medizinische Fakultät in München, an ihrer Spitze Carl Voit, den Österreicher Max Gruber als den prädestinierten Nachfolger auf den von Pettenkofer geschaffenen Lehrstuhl ausersah, den Gruber im Oktober 1902 übernahm. Hier in München, der Stätte, von der seine ersten gründlichen chemischen und physiologischen Jugendarbeiten stammten, entfaltete Gruber eine fruchtbringende Tätigkeit, die das gesamte Gebiet der Hygiene im weitesten Sinne umfaßte, wobei eine große Reihe tüchtiger Schüler und Mitarbeiter ihn unterstützten.

Trotz ungeminderter Frische und Elastizität legte Gruber 1923 im Alter von 70 Jahren seine Professur nieder, um, aller Lehramtsverpflichtungen ledig, Werke zu vollenden, die ihm schon lange am Herzen lagen und sich den vielfältigen Aufgaben des Präsidenten der Bayerischen Akademie der Wissenschaften zu widmen. Vollkommen unerwartet raffte ihn schon vier Jahre später, am 16. September 1927 während eines Aufenthaltes in Berchtesgaden, ein Herzschlag dahin.

Die wissenschaftliche Tätigkeit Grubers ist wiederholt von kompetenter Seite eingehend gewürdigt worden (siehe bei K. B. Lehmann, 1923, Süpfle 1923, Grassberger 1927, Uhlenhut 1927, Frank 1928). Sie umfaßt im wesentlichen zwei große Gebiete: die Bakteriologie, Immunitäts- und Desinfektionslehre sowie die Seuchenbekämpfung einerseits, die vorbeugende und soziale Hygiene andererseits.

Grubers bekanntestete Leistung ist die nach ihm benannte Entdeckung der spezifischen Bakterienagglutination. Zusammen mit Durham fand er 1896, daß Bakterien, besonders der Typhusgruppe sowie Choleraerreger, durch das verdünnte Serum von Tieren, die mit diesen Erregern vorbehandelt, somit immunisiert worden waren, in spezifischer Weise verklumpt wurden. Auch die diagnostische Anwendbarkeit dieser Reaktion, die bald allergrößte praktische Bedeutung erlangte, hat er auf Grund einiger zusammen mit Grünbaum angestellter Versuche erkannt und darüber auf dem 14. Kongreß für Innere Medizin in Wiesbaden (8.-11. 4. 1896) berichtet, wobei er bereits auf die zweiseitige Bedeutung der Agglutinationsreaktion hinwies. Wegen der erstmaligen Beschreibung des Gruber-Durham'schen



Phänomens bei Typhuskrankheiten durch Widal ist die Entdeckung unter der Bezeichnung „Gruber-Widal-Reaktion“ in das Schrifttum eingegangen.

Auf dem Gebiete der Hygiene waren es Fragen des Alkoholismus, der Geschlechtskrankheiten, der Prostitution, der Sexualethik, der Tuberkulose, der Wohnungsnot, der Volksernährung, der Siedlungs-, Gewerbe- und Rassenhygiene, denen er mit wissenschaftlichem Ernst und gesundem Blick für das praktisch Anzustrebende nachging.

Auch zwei historisch-biographische Arbeiten stammen aus Grubers Feder. „Pasteurs Lebenswerk“ (1896) und eine Biographie über Max von Pettenkofer (1903). Als Freund der Mathematik hat Gruber die Bedeutung der Statistik für die Klärung biologischer Fragen früh erkannt. Sein Abschnitt „Die theoretischen Grundlagen der Statistik“ im Handbuch der Hygiene ist ein Beispiel für Grubers besondere Befähigung, schwierige Themen übersichtlich geordnet und leicht faßbar darzustellen. Dabei maß er jedoch der Statistik in ihrer Leistungsfähigkeit für die Kausalitätsforschung nur eine begrenzte Bedeutung zu. „Die Statistik taugt vortrefflich zur Dienerin, aber gar nicht zur Herrin!“. „Naturforschung auf rein statistischem Wege ist nur Kraftvergeudung und führt in die Irre“.

Max von Gruber war ein geistig hochbegabter und seelisch reicher Mann, der dank eines vorzüglichen Gedächtnisses über ein erstaunliches Wissen auf den verschiedensten Gebieten verfügte. Als echter Priester der Wissenschaft, tiefgründiger Gelehrter und unbestechlicher Forscher bekannte er sich mutig und nötigenfalls auch aggressiv zu dem, was er als richtig und wahr erkannt hatte. Für ihn war das „profiteri“ die heiligste Aufgabe eines Professors. In seiner Jugend war Gruber ein Verehrer und Anhänger von Schopenhauer. „In reifen Jahren empfand er leidenschaftlich, daß alles Seiende unzulänglich sei, und er sah seine höchste Aufgabe darin, dafür zu wirken, daß es einmal besser werde mit der Welt und den Menschen“ (Lenz). In diesem Sinne ist auch sein glühender Patriotismus zu deuten. Bezeichnend sind die Worte von Theodor Fischer aus einem Briefe an Frau von Gruber aus dem Jahre 1927: „daß er ein großer Gelehrter war und ein Mann, der die Gaben seines Geistes verschwenderisch ausschüttete, war mir der monumentale Hintergrund, auf dem sein helles, reines und schwingendes Menschentum leuchtete“.

#### Literatur

- K. B. Lehmann: Max von Gruber zum 70. Geburtstag. Münch. med. Wschr. 70, 879–881, 1923.  
 K. Süpfle: Max von Gruber zum 70. Geburtstag. Dtsch. med. Wschr. 49, 888–889, 1923.  
 M. Gruber: Dankesrede beim 70. Geburtstag. Münch. med. Wschr. 70, 1038–1039, 1923.  
 P. Uhlenhuth: Max von Gruber zum Gedächtnis. Zschr. f. Imm. Forschg. 54, I, 1927.

- Grassberger: Max von Gruber†. Wien. klin. Wschr. 40, 1304, 1927.
- Süpfle, K.: Max von Gruber zum Gedächtnis. Dtsch. med. Wschr. 53, 1869, 1927.
- K. B. Lehmann: Zum Gedächtnis an M. v. Gruber 6. 7. 1853-16. 9. 1927. Münch. med. Wschr. 74, 1838-1839, 1927.
- B. Spatz: Nachruf. Münch. med. Wschr. 74, 1649, 1927.
- F. Lenz: Max von Gruber. Süddtsch. Monatsh. 25, 116-120, 1927.
- P. Busching: Max von Gruber†. Zschr. f. Wohnungswesen in Bayern 25, 149-151, 1927.
- A. Ploetz: Max von Gruber†. Arch. f. Rasse und Gesellschaftsbiologie 20, 1, 1927.
- A. Ploetz: Nachruf für Max von Gruber. Münch. Ges. f. Rassenhyg. 12. 1. 1928.
- O. Frank: Max von Gruber. Festrede gehalten in der öffentl. Sitzung der Bayer. Akad. d. Wissensch. zur Feier des 169. Stiftungstages am 4. 6. 1928. 46 S. (Schriftenverzeichnis). Verl. d. Bayer. Akad. d. Wissensch. München 1928 in Kommission des Verlages R. Oldenburg (München).
- Friedr. v. Müller: Max von Gruber zum Gedächtnis. Gedenkrede Friedr. v. Müllers im Ärztl. Verein München 8. 2. 1928 (vgl. Münchn. med. Wschr. 75, 378, 1928).
- G. B. Gruber: Max von Gruber 6. 7. 1853-16. 9. 1927. Münch. med. Wschr. 95, 806-807, 1953.
- H. Braun: Zum Gedächtnis an Max von Gruber. 6. 7. 1853-16. 9. 1927. Med. Monatsschr. 7, 544-545, 1953.

## ZOOLOGIE

*Von Karl von Frisch*

Wer heute Zoologie studieren will, sieht einen Wissensstoff vor sich, dessen Bewältigung ihm einigen Kummer bereitet. Wenn er seine Ausbildung ernst nimmt, soll er nicht nur die wichtigsten Tierformen kennen und die Fülle der übrigen bestimmen lernen, sich mit ihren Bauplänen und mit ihrer Verhaltensweise vertraut machen und über die Funktion ihrer Organe Bescheid wissen, er muß sich auch mit Entwicklungsgeschichte und Entwicklungsphysiologie, mit der Stammesgeschichte, mit Genetik und Biochemie befassen – Teilfächer der Lebenskunde, die in jüngster Zeit so aufgeblüht sind, daß schon innerhalb eines jeden von ihnen ein neues Spezialistentum entstanden ist. Als CARL THEODOR V. SIEBOLD\* (1804–1885; Akademiemitglied 1848) 1853 nach München berufen wurde, sah es mit der Zoologie noch anders aus. Sie war repräsentiert durch die – der Akademie der Wissenschaften unterstellten – Zoologischen Sammlungen des Bayerischen Staates, und im Sammeln, Ordnen und Bestimmen der Tiere sahen die meisten Zoologen der damaligen Zeit ihre hauptsächliche Aufgabe. Wer in den Bau, in die mikroskopische Anatomie, in die Physiologie tierischer Organe tieferen Einblick gewinnen wollte, holte sich seine Ausbildung an der medizinischen Fakultät, da der Mensch das einzige, nach solcher Richtung hin gut studierte Wesen war. Für Zoologen von Rang war es daher eine Selbstverständlichkeit, neben der Zoologie auch Medizin zu studieren.

Wie eng das Fach noch umgrenzt war, wird auch darin offenkundig, daß ein Professor der Zoologie nicht selten zur Abwechslung die Anatomie oder Physiologie des Menschen zu lehren hatte, und zuweilen umfaßte sein Lehrauftrag alle drei Fächer zusammen. Der Lebensweg v. Siebolds ist hierfür ein klassisches Beispiel. Erst Kreisphysikus, dann Direktor der Hebammenschule, wurde er – auf Grund seiner nebenherlaufenden wissenschaftlichen Arbeiten – 1840 als Professor für Zoologie, vergleichende Anatomie und Veterinärmedizin an die Medizinische Fakultät der Universität Erlangen berufen; 1845 übersiedelte er als Professor für Zoologie, vergleichende Anatomie und Physiologie an die Universität Freiburg i. Br., 1850 nahm er eine Berufung als Professor der Physiologie nach Breslau an, um 1853 sein Wanderleben zu beenden und sich in München als Ordinarius für Physiologie



und vergleichende Anatomie niederzulassen; zusätzlich wurden ihm die Vorlesungen über spezielle menschliche Anatomie übertragen; aber 1855 erfolgte, ihm selbst überraschend, die Ernennung zum Professor der Zoologie in der Philosophischen Fakultät; von der Anatomie und Physiologie des Menschen nahm er Abschied, statt dessen wurde er zum Konservator der ausgedehnten Zoologischen Staatssammlung ernannt. Ihr widmete er sich die restlichen 30 Jahre seines Lebens mit jener Hingabe, die ein Wesenszug seiner Person war.

Die Zoologische Sammlung hätte sich keinen besseren Betreuer wünschen können. C. v. Siebold war Sammler aus Leidenschaft. Es sammelte Zeitungsnotizen und Familienanzeigen, er sammelte Schmetterlinge, Schnecken, Molche, und schon in seiner Schulzeit hatte er unter des Vaters Obhut gelernt, dabei sorgsam und methodisch vorzugehen. Das Hauptinteresse des Sammlers galt aber dem lebenden Tier. Was er heimtrug, wurde keineswegs gleich in Spiritus gesteckt, sondern in Aquarien und anderen Behältern gepflegt und studiert. Man wußte wenig, es gab noch so viel zu entdecken auf dem weiten Feld der Biologie. Trotzdem hatte es der Biologe nicht leichter, eher schwerer als heute, etwas Bemerkenswertes zu schaffen. Dem Beobachter fehlten noch die Zusammenhänge. Er mußte Sinn fürs Wesentliche haben, um sich nicht im Kleinkram zu verlieren und das Geschaute richtig einzuordnen. Diese Gabe war v. Siebold in hohem Maße zu eigen.

So wird aus seinen Anlagen und Neigungen die vielseitige Art seiner Tätigkeit verständlich, besonders in jenen 30 Jahren, da er die Zoologischen Sammlungen des Bayerischen Staates zu verwalten hatte. Sie waren recht groß geworden, nachdem er die zoologischen Präparate, die nach seiner Umsiedlung aus dem physiologischen Institut zunächst dort zurückgeblieben waren, mit der zoologischen Sammlung der Akademie vereinigt hatte. Mit seiner reichen Erfahrung als Sammler, mit seinem Ordnungssinn und außerordentlichem Fleiß verstand er das Material musterhaft zur Darstellung zu bringen. Aber im Grunde seines Wesens war er Biologe, dem das Sammeln und Ordnen der Tiere zwar ein Bedürfnis, dem aber der Einblick in Bau und Funktion des lebendigen Körpers eigentliche Herzenssache war. Was er beobachtete, zog ihn ganz in seinen Bann. Als er die Fortpflanzung der Wespen studierte, siedelte er ihre Nester im Institutsgarten an, um ihre ganze Lebensweise zu ergründen. In die Sommerferien reisten die Wespenester mit, weil er sie nicht aus den Augen lassen wollte. Eines Tages war er zum König zur Audienz bestellt. Unterwegs fand er einen Käfer, dem eben ein langer dünner Wurm (*Gordius*) aus den Eingeweiden kroch. Er nahm ihn auf, und als er vor dem Herrscher stand, waren seine Gedanken bei dem Käfer in seiner Hosentasche statt bei den königlichen Worten. Eine

Vielzahl oft nur kurzer, oft sehr reizvoller, ungemein mannigfacher Veröffentlichungen kam im Laufe seines langen Lebens zustande, und manches davon findet sich in den Schriften der Akademie.

Auf einige Probleme und Aufgaben, deren Tragweite er erkannte, konzentrierte er sein Interesse in jahrelanger Arbeit. Er hat dadurch seinen Namen für alle Zeiten mit der Geschichte der Zoologie verbunden. In seinem Buch über die vergleichende Anatomie der wirbellosen Tiere reformierte er die Systematik, er stellte die Würmer und die Urtiere an den ihnen angemessenen Platz und erkannte die Natur der Protozoen als einzellige Organismen. Im Auftrage der Bayerischen Regierung beschäftigte er sich mit den Fischen, denn es sollte – schon damals – durch strenge Gesetze der zunehmenden Verödung unserer Flüsse und Teiche entgegengewirkt werden. Als Frucht dieser Studien entstand das grundlegende Werk „Die Süßwasserfische Mitteleuropas“. Sein Lieblingsthema, dem er die meiste Arbeitszeit seines Lebens widmete, war die Jungferzeugung (Parthenogenesis). Es war schon mehrfach behauptet worden, daß tierische Eier gelegentlich ohne Befruchtung zu normaler Entwicklung kommen könnten – aber ein strenger Beweis lag nicht vor und man wollte nicht daran glauben. Der geniale schlesische Pfarrer und Imker Dzierzon, mit dem v. Siebold in seinen Breslauer Jahren in persönliche Berührung gekommen war, erkannte, daß sich im Bienenvolk die Drohnen aus unbefruchteten Eiern entwickeln, und belegte seine Meinung durch einen geistreichen Bastardierungsversuch zwischen einer schwarzen (deutschen) und gelben (italienischen) Bienenrasse. Ihm verdankte v. Siebold entscheidende Anregungen, und es gelang ihm weiterhin, durch anatomische Untersuchungen und kritische Experimente an Bienen und anderen Insekten wie auch bei Krebsen das Vorkommen der Parthenogenese so überzeugend darzulegen, daß die Zweifler verstummen mußten.

Die letzten Lebensjahre v. Siebolds waren durch Krankheit überschattet, die seine Arbeitskraft lähmte. Als er 1885 starb, wurde RICHARD HERTWIG\* (1850–1937; Akademiemitglied 1885) nach München berufen. Er übernahm die Vorlesungen über Zoologie und über vergleichende Anatomie der Wirbeltiere sowie die Leitung der Zoologischen Staatssammlung. Ein „Zoologisches Institut“ gab es damals noch nicht. Seine Gründung ist auch aktenmäßig nicht nachweisbar. Sie fällt wohl in den denkwürdigen Augenblick, als wenige Tage nach Hertwigs Amtsantritt als erster Schüler Theodor Boveri kam und ganztägig bei ihm arbeiten wollte. So etwas war nicht vorgesehen. Rasch entschlossen räumte Hertwig einen seiner Tische ab und trug ihn mit Boveri in ein benachbartes Zimmer, wo er sogleich mit der Arbeit beginnen konnte.

Ein Vierteljahrhundert später, als Hertwig seinen 60. Geburtstag feierte, hielt Theodor Boveri – nun Ordinarius in Würzburg – in einem großen Kreis versammelter Schüler eine unvergeßliche Festrede. Damals *gab* es ein Zoologisches Institut, es umfaßte 50 Arbeitsplätze für Vollpraktikanten und selbständige Forscher. Aus aller Herren Ländern strömten sie Hertwig zu. Er hatte die Wandlung seines Faches von einer musealen und beschreibenden zu einer experimentellen, auf die Grundvorgänge des Lebens ausgerichteten Wissenschaft in führender Weise mitgemacht. Seine Tätigkeit galt nie zerstreuten Einzelheiten. Ein wohldurchdachtes Arbeitsprogramm, aus dem die großen Zusammenhänge herausleuchteten, verlockte zur Mitarbeit. Den Anfänger fesselte Hertwig durch die Klarheit seiner Vorträge, den Fortgeschrittenen durch sein reges Eingehen auf seine Bestrebungen, wobei er doch keinen in seine Bahnen zu zwingen suchte, sondern die anderen zu selbständiger Entwicklung anzuregen wußte. Sein vorbildliches Pflichtbewußtsein machte ein solches auch seiner Umgebung zur Selbstverständlichkeit. Dabei zeigte sich der strenge Chef jedem seiner Schüler als warmer Freund, wenn er einen solchen nötig hatte. Während v. Siebold, mehr nach innen gekehrt in seinen geistvollen Naturbetrachtungen, keine Schule begründet hatte, war dies der Persönlichkeit Richard Hertwigs in einem Ausmaße gelungen, das in der Geschichte der Zoologie ohne Beispiel dasteht.

Hertwigs Studienjahre fielen in eine glückliche und erregende Zeit für die Biologie. DARWIN'S Lehre hatte sie beseelt und viele scheinbar zusammenhanglose Tatsachen unter einen einheitlichen Leitgedanken gestellt, der auch der vergleichenden Anatomie einen tieferen Sinn gab. ERNST HAECKEL (Akademienmitglied 1870), der enthusiastische Verfechter des Darwinismus in Deutschland, und CARL GEGENBAUR (Akademienmitglied 1859), der Anatom und Schöpfer der modernen vergleichenden Anatomie, waren begeisternde Lehrer in Hertwigs Jenenser Studienjahren. In Bonn wurde er durch MAX SCHULTZE (Akademienmitglied 1871) in die Feinheiten der Zellen- und Gewebelehre eingeführt. Durch solche Lehrmeister den neuen Gedanken und Methoden aufgeschlossen, nahm seine wissenschaftliche Entwicklung einen Weg weitab von der alten Museumszoologie. Studienreisen führten ihn gemeinsam mit seinem Bruder Oscar Hertwig, dem späteren Berliner Anatomen, an die Küsten des Mittelmeeres, wo in der marinen Fauna lohnende und noch wenig genützte Studienobjekte lockten. Gemeinsam bearbeiteten die Brüder die Anatomie und den Feinbau der Quallen und Seeanemonen. Sie entdeckten in ihrem nur mikroskopisch erkennbaren Nervennetz das einfachste, bis heute bekannte Nervensystem und legten mit jener Arbeit den



Grundstein für die vergleichende Histologie als neues Wissensgebiet. Acht Jahre später sieht man die Hertwigs bei einer anders- und damals neuartigen Tätigkeit, als experimentierende Zoologen. An Seeigelleiern hatte Oscar Hertwig als erster das Eindringen der Samenzelle in eine Eizelle gesehen und richtig gedeutet. Das gab Anlaß zu Versuchen, die Kerne der Ei- und Samenzellen an ihrer Vereinigung zu hindern, um zu prüfen, was jeder für sich vermochte. Richard Hertwig entdeckte, daß die Eizelle nicht nur durch das Eindringen einer Samenzelle zur Entwicklung angeregt werden kann, sondern auch durch künstlich gesetzte chemische Reize. Er fand als erster die Möglichkeit einer künstlichen Parthenogenese. Sein eigenstes und liebstes Arbeitsgebiet wurde die Protozoenforschung. Beobachtung und Experiment führten ihn von einer wichtigen Erkenntnis zur anderen. Seine Methoden der Protozoenzüchtung gewannen auch für die medizinische Wissenschaft Bedeutung.

Theoretische Erwägungen, auf die er bei seinen Protozoenstudien gekommen war, brachten ihn zu dem kühnen Versuch, bei Fröschen das Zahlenverhältnis zwischen Männchen und Weibchen künstlich zu beeinflussen und so die Geschlechtsbestimmung der Natur aus der Hand zu nehmen. Tatsächlich gelang es ihm, bei diesen Tieren durch gewisse Maßnahmen bis zu 100% männliche Nachkommenschaft zu erzielen. Aber wie so oft, zeigte sich im weiteren Verlauf, daß die Dinge viel verwickelter liegen, als es zuerst geschienen hatte, und so führten diese durch Jahrzehnte fortgesetzten Experimente über die Geschlechtsbestimmung nicht zu dem erhofften Ziel.

Schon diese kurzen Andeutungen über das wissenschaftliche Lebenswerk Richard Hertwigs lassen erkennen, daß dieses mit der Aufgabe, die Zoologischen Sammlungen zu betreuen, eigentlich nichts mehr zu tun hatte. Trotzdem nahm er die ihm anvertraute Leitung des Museums sehr ernst. Für den „dürren Boden einer geistlosen Systematik“ hatte er nichts übrig. Er haßte sie seit seiner Schulzeit, als er Tiernamen aufsagen sollte, statt den Zauber der Lebensvorgänge kennenzulernen. Er sah aber auch, daß die Entwicklung der Zoologie die Museen vor neue Aufgaben stellte und eine Reform ihrer Tätigkeit nötig machte. Eine solche war nur möglich, indem er Mitarbeiter heranzog, die Vertreter der systematischen Zoologie und dabei doch Biologen waren. So betraute er Franz Doflein, nach dessen Berufung auf das Freiburger Ordinariat Carl Zimmer, und als dieser die Leitung des Berliner Museums übernahm, Ludwig Döderlein mit der Betreuung der Sammlung. Er gab den Genannten große Selbständigkeit und überließ ihnen auch zum guten Teil den Unterricht der Lehramtsanwärter, die mehr als bisher eine von biologischem Wissen belebte Formenkenntnis der heimi-

schen Fauna erwerben sollten. Trotz alledem behielt er die Oberleitung des Museums in der Hand. Erst nach seinem Abschied kam es zur vollständigen Trennung von Institut und Sammlung.

Richard Hertwig stand dem Zoologischen Institut und der Staatssammlung durch volle vier Jahrzehnte vor und behielt auch als Emeritus durch seine restlichen zwölf Lebensjahre eine erstaunliche Schaffenskraft, nahm lebhaft Anteil an der weiteren Entwicklung der Wissenschaft und blieb der Akademie bis zuletzt in tätiger Mitarbeit verbunden, wovon eine ganze Reihe von Veröffentlichungen in den Sitzungsberichten und Abhandlungen noch heute Zeugnis ablegt.

Unter Hertwigs teilweise schon erwähnten Schülern und Mitarbeitern sind drei als ordentliche Mitglieder der Akademie zu nennen. Übertreffende Repräsentanten dreier neuerwachsener Disziplinen, sind sie durch ihre Namen eine Zierde der Akademie, ohne daß sie jedoch bei ihrer Tätigkeit eine engere Verbindung mit ihr eingegangen wären.

THEODOR BOVERI\* (1862–1915; Akademiemitglied 1903), gehörte acht Jahre dem Münchner Zoologischen Institut an, von wo er 1893 auf den Lehrstuhl für Zoologie und vergleichende Anatomie nach Würzburg berufen wurde. Er blieb dieser Universität bis zu seinem allzu frühen Tode treu.

Seine wissenschaftliche Arbeit galt fast ganz den großen Problemen der Befruchtung, Vererbung und ersten Entwicklung. Im Spulwurm erkannte er ein ungewöhnlich günstiges Objekt, um das Verhalten der Chromosomen bei der Reifung, Befruchtung und Entwicklung der Keimzellen zu studieren. Er begründete die Theorie von der Individualität der Chromosomen und entdeckte, gleichzeitig mit P. J. VAN BENEDEN (Akademiemitglied 1859), das Zentrosoma als Teilungsorgan der Zelle. An Seeigeleiern, die schon den Brüdern Hertwig so reiche Aufschlüsse gegeben hatten, führte er eines seiner berühmtesten Experimente durch: die Befruchtung kernlos gemachter Eifragmente mit Samenzellen einer anderen Seeigelart, mit dem Ziel, die Bedeutung von Kern und Plasma für die Vererbung getrennt zu ergründen. Durch seine Analyse des Verhaltens der Chromosomen bei der Reduktionsteilung der Keimzellen schlug er die Brücke von der Zytologie zur Genetik.

In seinen wissenschaftlichen Arbeiten verbindet sich größte Zuverlässigkeit im Tatsächlichen mit genialer Deutung der Befunde und einer formvollendeten Darstellung, die das Lesen zu einem Genuß gestaltet.

LUDWIG DÖDERLEIN\* (1855–1936; Akademiemitglied 1921) hatte in Straßburg die Zoologischen Sammlungen nach eigenen Plänen vorbildlich eingerichtet und war Inhaber eines Lehrauftrages für systematische Zoologie und Biologie, als er nach dem Ende des ersten Weltkrieges aus Straßburg aus-

gewiesen wurde. Auf Hertwigs Initiative erhielt er eine Honorarprofessur für systematische Zoologie an der Universität München und nach Zimmers Wegberufung die kommissarische Verwaltung der Zoologischen Staatssammlung.

Bei Siebold liefen die Pflege der Sammlungen und die biologische Arbeit nebeneinander her. Für Hertwig war die Leitung des Museums eine Verpflichtung, während seine innere Leidenschaft dem Institut galt. Döderleins wissenschaftliche Arbeiten wurzelten in den Sammlungen. Diese wurden unter seinen Händen das Gegenteil von geistloser Zusammenstellung. Aus ihnen schöpfte er immer neue Anregung zu fruchtbarer Tätigkeit. Seine Kenntnisse auf den Gebieten der Paläozoologie, Systematik und vergleichenden Anatomie waren staunenerregend. Man konnte ihm das ausgefallenste Knöchelchen irgendeines Wirbeltieres bringen, nach einem prüfenden Blick über seine Brille hinweg nannte er dessen Sitz und Besitzer. Seine Vielseitigkeit und seine Fühlung mit dem Gesamtgebiet der Biologie machten seine Lehrausflüge, auf denen er bis ins hohe Alter keine Strapazen kannte, für die Studierenden ebenso anregend wie nutzbringend. In den Vorlesungen wurde das reichlich herangezogene Sammlungsmaterial unter seinen Worten wahrhaft lebendig.

KARL LEOPOLD ESCHERICH\* (1871–1951; Akademiemitglied 1935) war in seiner Schulzeit ein begeisterter Käfersammler, genoß als Student der Naturwissenschaften und Medizin eine breite Ausbildung und widmete sich in seinen Arbeiten zunächst der Systematik, Anatomie und Entwicklungsgeschichte der Insekten. Über die eigenartigen Käferformen, die als „Gäste“ in Ameisennestern vorkommen, wurde er auf das soziale Leben der Ameisen und Termiten geführt. Aus der rein wissenschaftlichen Sphäre durch seine Berufung an die Forstakademie Tharandt herausgerissen, lernte er die katastrophale Bedeutung der Schadinsekten kennen, für deren Bekämpfung damals in Deutschland die Grundlagen fehlten. Eine Studienreise nach Amerika machte ihn mit dem neuen Fach der „angewandten Entomologie“ bekannt, das dort bereits zu beachtenswerter Höhe entwickelt war. Mit Begeisterung und großartigem Organisationstalent verschaffte er diesem praktischen Zweig der Zoologie Eingang im deutschen Vaterland. Im Jahre 1914 wurde er als o. Professor für angewandte Zoologie an die Universität München berufen. Sein mehrbändiges Lehr- und Handbuch „Die Forstinsekten Mitteleuropas“, die Gründung der „Deutschen Gesellschaft für angewandte Entomologie“, der „Zeitschrift für angewandte Entomologie“ und nicht zuletzt ein Kreis von Schülern, denen er auch menschlich eng verbunden war, sicherten den Erfolg seiner Bestrebungen, die ihn bis an sein Ende erfüllten.



In ihrer Entfaltung ist die Zoologie den schützenden Fittichen der Bayerischen Akademie der Wissenschaften zum guten Teil entwachsen – auch dadurch, daß das Zoologische Institut, ursprünglich der Akademie unterstellt, erst teilweise und später völlig der Universität angegliedert wurde. Aber man darf darüber nicht vergessen, daß die alten Sammlungen der Akademie ihr wahrer Mutterboden und die Voraussetzung für ihr Gedeihen gewesen sind.

## BOTANIK

*Von Otto Renner*

Der Botanische Garten und die Botanischen Sammlungen waren von ihrer Gründung (1812) an bis weit ins neue Jahrhundert hinein Einrichtungen der Akademie der Wissenschaften, ebenso das von Nägeli (1860) gegründete Pflanzenphysiologische Institut. Auch die Veröffentlichungen der Akademie haben für die Münchener Botaniker nicht wenig bedeutet. Nägeli hat, abgesehen von einem bezeichnenderweise polemischen Aufsatz in der Botanischen Zeitung (1881), keine der botanischen Zeitschriften in Anspruch genommen, sondern alle seine Untersuchungen von 1861 bis 1881, im ganzen 42 Mitteilungen, eine wichtiger als die andere, in den „Sitzungsberichten“ publiziert; allerdings hat er sie in drei Bände zusammengefaßt wieder erscheinen lassen. Eine umfangreichere Studie „Theorie der Gärung“ erschien in den „Abhandlungen“, aber ebenfalls daneben auch als Buch. Ebenso lernt man Radlkofer am besten aus den Sitzungsberichten und den Abhandlungen der Akademie kennen, wenn er auch *Periodica* in aller Welt mit kleinen Aufsätzen bedacht hat. Goebel war, als er nach München kam, Herausgeber der verjüngten „Flora oder Allgemeinen Botanischen Zeitung“ und hat, wie zu verstehen, das meiste was er nicht in Buchform veröffentlichte dort eingereiht, aber auch sonst zog er die Arena der Zeitschriften, in denen der Puls einer Wissenschaft im Agon der nach gleichen Einzelzielen Strebenden, in Thesis, Angriff und Abwehr besonders lebhaft schlägt, der engeren und gedämpfteren Bühne einer Akademie vor. Immerhin begegnet man seinem Namen in Sitzungsberichten und Denkschriften zwischen 1895 und 1907 dann und wann.

### *I. Die Botanik im Zeichen der Linnaeusfeste*

MARTIUS, DER WELTREISENDE, UND RADLKOFER,  
DER SESSHAFTE ANATOM

CARL F. PH. MARTIUS\* (schon in jungen Jahren zu C. v. Martius geadelt, 1794–1868; Akademiemitglied 1820), Sohn eines Erlanger Apo-

thekers und Pharmazieprofessors, lebt noch in der Linnéischen Tradition. Er hat ein Linnaeusfest gestiftet (1827), das an Linnés Todestag (28. Mai) bis 1862 oft gefeiert wurde, gefeiert im Freien, mit Reden und Liedern, auch mit einem Scholarenkantus, von dem einige Strophen sich neben dem Lied der Lieder hören lassen können: „Concinamus igitur carmine sonoro, Claro coeli sub splendore, Laeti ruris in fulgore, Cum frequenti choro . . . Simus et nunc memores celebris Linnaei, Cujus manes revocamus Hodieque coronamus Laude coryphaei.“ Man merkt, daß München von dem Sturmwind aus Jena um 1850 noch nicht angeblasen war, und M. SCHLEIDEN hat eine der Linnaeusreden von Martius mit der ihm eigenen maßlosen Heftigkeit angegriffen, worauf Martius mit der Würde des Edelmanns entgegnete. Auch nach seiner heroischen Zeit, der Reise in Brasilien, der ersten Verarbeitung der Eindrücke von Land und Leuten, und der ersten Sichtung der gesammelten Pflanzenschätze, hat Martius noch viel für die systematische Botanik geleistet. Ein früher Versuch allerdings, das sogenannte natürliche System des Pflanzenreichs zu verbessern, war nicht glücklich, seine Theorie der Spiraltendenz der Vegetation, die den greisen GOETHE noch einmal zu breiter und tiefer Betrachtung der Pflanzengestalten beflügelte, war durch Gedanken von C. F. Schimper angeregt, und J. SACHS nimmt in seiner „Geschichte der Botanik“, die bis heute nicht verwelkte Kränze ausgeteilt hat, keinen Anlaß, Martius zu nennen. Dafür hat Goebel bei der Einweihung des Martius-Denkmal die hohe Bedeutung des Mannes für seine Zeit ins rechte Licht gerückt mit einer Rede, in der er seine ganze Sprachkunst zusammennimmt, weil er auch einen berühmten Redner feiert. Martius hat als Klassensekretär der Akademie von 1834 bis 1868 die Nachrufe auf die verstorbenen Mitglieder gesprochen, vorbildlich im Stil, erstaunlich in der Vertrautheit mit allen Disziplinen; er wußte, warum er diese Denkrede, in einem Band gesammelt, zu breiterer Wirkung brachte.

Man hat die Palmen, denen Martius' besondere Liebe galt und die er in sumptuos ausgestatteten Werken größten Formats darstellte, die *Principes* unter den Pflanzen genannt. Ohne in seinem Fach noch zu führen, muß der Ritter von Martius, wie Goethe den jungen Freund einst titulierte, im Leben der Akademie auch als alter Mann ein *Princeps* gewesen sein, und ein *Princeps* war er nicht weniger nach seinem Ansehen in der ganzen Welt: der Almanach der Akademie von 1859 füllt mehr als zwei Seiten mit der Aufzählung seiner wissenschaftlichen Ehrungen und seiner Orden. Um so tiefer wird es ihn getroffen haben, als König Max II. den Botanischen Garten, der allerdings der königliche hieß, durch die Sophienstraße in zwei Stücke zerschneiden und an die Stelle der bedeutenden Gewächshäuser



den Glaspalast setzen ließ (1854). Der stolze Mann legte daraufhin die Leitung des Gartens und der Sammlungen ebenso wie seine Professur nieder, um sich hinfort ganz der Akademie, der Vollendung seines ethnographischen und sprachkundlichen Werks über Brasilien (1867) und vor allem der Herausgabe der großartigen Flora Brasiliensis zu widmen. Brasilien ist es auch, das die Erinnerung an Martius, als den mit A. v. HUMBOLDT zu vergleichenden Pionier der geographischen, geognostischen, botanischen, zoologischen, ethnologischen, linguistischen Erforschung des riesigen Landes, bis heute lebendiger bewahrt, als die Heimat tut.

LUDWIG RADLKOEFER\* (1829–1927; Akademiemitglied 1875) war ein Münchner Kind, Sohn eines rechtskundigen Magistratsrats, dessen Name nahe bei denen berühmterer Zeitgenossen wie Poggi, Stieler, Kobell in einem Straßenschild fortlebt, und an Ortstreue kaum übertroffen; in demselben Haus an der Sonnenstraße, in dem er geboren war, ist er 97jährig gestorben. Der Pflanzengeograph O. Sendtner führte den jungen Dr. med. der Botanik zu, und er hatte das Glück, nach Jena zu Schleiden geschickt zu werden, den der König Max II. gerne als Nachfolger von Martius gewonnen hätte. Der Anfänger Radlkofer durfte dem geistesmächtigen, aber am Mikroskop viel zu ungeduligen Schleiden sein unbestechliches Auge leihen und überzeugte den sonst schwer zu Überzeugenden bald davon, daß der Embryo der Samenpflanzen aus der befruchteten Eizelle, nicht aus der Spitze des Pollenschlauchs hervorgeht. Mit der Dissertation „Die Befruchtung der Phanerogamen“ erwarb er in Jena (1855) den Grad des Dr. phil., und mit einer vergleichenden Darstellung der Befruchtungsvorgänge, die ebenfalls noch in Jena geschrieben und Schleiden gewidmet ist (1856, erschienen 1857, auch ins Englische übersetzt), habilitierte er sich in München; der Weg zur Privatdozentur war damals wenig beschwerlich. Eine Studie über Eiweißkristalle gehört noch der Sphäre der Allgemeinen Botanik an, aber dann trieb ein äußerer Anstoß, wie er dem Schreiber dieser Zeilen erzählte, „seitwärts ihn der vorgesteckten Fahrt ab“ – seine Worte waren das nicht, wie er überhaupt nie etwas Musisches verlauten ließ –: er konnte als Adjunkt des Botanischen Gartens und der Botanischen Staatssammlung eine Stellung gewinnen, die seinen Lebensunterhalt sicherte (1859), und verschrieb sich damit der von Schleiden wenig geschätzten Systematik oder Taxonomie. Er wird aber doch auch gefühlt haben, daß er mit diesem Entschluß seiner eigentlichen Berufung folgte, denn mit dem Giganten Nägeli sich auf dessen Feld zu messen, konnte ihm nicht ernstlich in den Sinn kommen. Als akademischer Lehrer war er, seit Sendtners Tode (1863) ordentlicher Professor, tätiger als Nägeli. In späteren Jahren duldete er in Repetitorien die Hilfe eines gnomenhaften

Präparators, bis Goebel ihm und seinem ungelehrten Famulus den Unterricht sachte aus den Händen nahm. Bis zur Verlegung der Botanischen Anstalten nach Nymphenburg (1913) hat er als Vorstand des sehr bescheidenen Botanischen Laboratoriums der Universität Doktorarbeiten geleitet, und bis zu seinem Tode amtierte er täglich als Direktor der Sammlungen, 30 Jahre länger als heute ein Sammlungsbeamter im Dienste bleibt. Der Akademie gehörte er seit 1875 als a. o., seit 1882 als o. Mitglied an, und er hat in den Sitzungen oft vorgetragen.

Das Tagewerk eines Herbarbotanikers erfüllte sich früher darin, den aus aller Welt zusammenströmenden Herbarstücken ihren Platz in der und der Familie, Gattung, Art anzuweisen und wenn nötig neue Arten, Gattungen, Familien aufzustellen; mit lebenden Pflanzen kam er, wenn er nicht gleichzeitig einen Garten verwaltete, kaum in Berührung. Diese Arbeit, die auch des ästhetischen Reizes durchaus nicht ermangelt, wird, wo lebendes Material nicht zur Verfügung steht, immer unentbehrlich bleiben als Grundlage für die nie zur Ruhe kommende Gestaltung des Systems und für pflanzengeographische Studien; nur für herbarwidrige Gewächse wie Cacteen sind Glashaus und Alkoholsammlung fast wichtiger. Radlkofer hat sich im Lauf der Jahrzehnte eine ungeheure Kenntnis getrockneter Pflanzen angeeignet, über ungezählte Angehörige der verschiedensten Familien geschrieben und am eingehendsten die Sapindaceen, tropische Holzgewächse aus der Verwandtschaft der Roßkastanie, durchforscht; das stetige Wachstum dieses Besitzes meint er wohl mit dem Spruch von Solon, der sich unter einem Berg fachlicher Notizen fand: γηράσκω δ' αἰεὶ πολλὰ διδασκόμενος. Nach dem Vorbild von Martius, die Tropen selber zu sehen, hat ihn nie verlangt. Für seine Arbeit hätte er kaum Gewinn davon gehabt, denn die Sapindaceen, desgleichen als Sapindaceen verdächtige Gewächse, kamen von überallher zu ihm, und außerdem war er öfter in den großen Herbarien von London und Paris hochgeschätzter Gast. Am Ausbau des natürlichen Systems hat er sich nicht beteiligt, weil seinem konservativen Sinn der Entwurf von Endlicher (1840) zeitlebens Genüge tat. Nicht sicher zu erkennen sind die Ursachen oder Gründe, die ihn hinderten, sein Hauptwerk, die Monographie der Familie seiner Wahl, durch die Drucklegung abzuschließen, obwohl er einmal sagte: „Die Welt wartet darauf!“ Fast hätte man meinen können, er verfare damit wie Penelope mit ihrem Webzeug, aber er stückelte unablässig daran, auch noch als fast 100jähriger, nie imstande, sich dem Andringen neuer Funde zu versagen. Einer seiner letzten Schüler, Th. Herzog, hat dann das fast ganz lateinisch geschriebene monumentale Werk nach dem druckfertigen Manuskript herausgegeben.

Radlkofers größtes Verdienst um die taxonomische Forschung ist die grundsätzliche Mitverwendung der anatomischen Merkmale für die Charakterisierung der Sippen (Taxa, wie man seit ein paar Jahren mit einer sprachlich unbekümmerten Abbeviatur sagt, die in dem Titel einer Zeitschrift „Taxon“ Fanfare geworden ist) niederer und höherer Ordnung. Die Dissertationen, die er vergab, liegen alle auf diesem Gebiet, aber ein Handbuch der Systematischen Anatomie zu schreiben, überließ er seinem Schüler Solereider. Im Laboratorium war er als Lehrer vorbildlich. Man lernte bei ihm höchste Sorgfalt der Beobachtung mit Lupe und Mikroskop, und man lernte alles, auch Dinge von geringerem Gewicht, ganz zu tun. Ein Zeugnis seines altväterischen Humors, der ihn bis ins Alter nicht verließ, ist überliefert in „Vierundzwanzig Bitten, im Geiste Linnés an die studierende Jugend gerichtet und geknüpft an die . . . 24 Klassen des Linnéischen Systems“, die er beim letzten Linnaeusfest in Ebenhausen (1862) als a. o. Professor vorgetragen hat. Auf seinem begrenzten Feld war Radlkofer ein exemplarischer Wissenschaftler. Adalbert Stifter hätte Freude an ihm gehabt.

## *II. Die Botanik im Lichte von Physik und Chemie*

### NÄGELI, DER UMFASSENDE

CARL NÄGELI\* (später C. v. Nägeli, 1817–1891; Akademiemitglied 1859) war in Kilchberg bei Zürich geboren – „Horch, mein Kilchberg läutet jetzt!“ –, in Zürich hat er studiert und zuerst gelehrt, und in Zürich wollte er bestattet sein. Was ihm mit 40 Jahren den Weg nach München öffnete, war das Unglück, das mit der Verstümmelung des Botanischen Gartens über die dortige Botanik gekommen war. Hätte Goethe 30 Jahre länger gelebt, so hätte er als den ersten Vertreter der „Umfassenden“ unter den Botanikern Nägeli ansehen müssen: „indem sie von Ideen ausgehen, sprechen sie die Einheit des ganzen schon aus, und es ist gewissermaßen nachher Sache der Natur, sich in diese Idee zu fügen“. Genau trifft das nur die romantische Naturphilosophie, der Nägeli nicht lange freund war, aber wie er auf schmalem Grund, der Schärfe seines Verstandes sich bewußt, spekulative Gedankengebäude hoch wie Türme aufrichtet, hat er doch etwas von dem Philosophen Schellingscher Prägung im Blut, der erwartet, daß die Natur sich in seine Idee fügen werde. Auch im landläufigen Sinn war er umfassend wie kein zweiter seines Fachs. Geistige Gestalt und Werk des



Vorgängers hat der kongeniale Goebel vor der Akademie in einem glänzenden Essay geschildert. Der gegenwärtige Versuch, einige Züge aus dem vielgesichtigen Bild des außerordentlichen Mannes darzustellen, wird betonen müssen, was Goebel als Morphologe übergangen oder nur angedeutet hat. Die Haltung gegenüber diesem „più terribile cervello“ der Biologie kann auch dort, wo es in seiner unerhörten Kühnheit irrte, nur die der Ehrfurcht sein.

Nägeli trat seine Bahn als Ordner an, wie es Martius war, aber in dem damals noch wenig erforschten Reich der Algen; und zeitlebens hat er floristische Studien der subtilsten Art getrieben, besonders in der fast berühmtesten Gattung *Hieracium* (Habichtskraut), aber vornehmlich im Dienste der Abstammungslehre. Er ist einer der Väter der von Schleiden geforderten, doch wenig geförderten Entwicklungsgeschichte, der Schöpfer einer sicher begründeten Zellenlehre, die erst eine strenge Morphologie im mikroskopischen Bereich möglich machte, er hat exakte Beiträge geliefert zur Anatomie der höheren Pflanzen, zur Chemie des Pflanzenkörpers und zur Stoffwechselphysiologie der Pilze und Bakterien; wenn er die Gärungen auf Molekularschwingungen im lebenden Protoplasma zurückführte, widerspricht das der Fermenttheorie nicht so strikt, wie es den Anschein hat, weil er auch für die Wirkung der aus der Zelle ausgeschiedenen Fermente solche Bewegungen verantwortlich machte, und seine Ahnung, Gärung sei keine einfache Fermentreaktion, hat nicht getrogen. Doch was ihn aus den Botanikern seiner Zeit vor allem heraushebt, ist seine überlegene mathematisch-physikalische Schulung. Ein in Gemeinschaft mit seinem Schüler S. SCHWENDENER verfaßtes Buch, „Das Mikroskop“ (2. Auflage 1877), ist lange Zeit für die Botaniker verlässliche Quelle der Belehrung über Optik und Mikrophysik gewesen.

Geradezu seherisch sind Nägelis Vorstellungen vom Aufbau der Stärkekörner (1858 und später) und der Zellwände (1864 und später). Als quellbar und gleichzeitig optisch doppelbrechend vereinigen sie Eigenschaften der Kolloide mit solchen vieler Kristalle: er vermutet, daß sie submikroskopische Kriställchen – später nennt er sie Micelle – enthalten, die beim Quellen durch das eindringende Wasser auseinandergetrieben werden; die Quellvorgänge analysiert er so genau, daß er sie in Formeln darzustellen weiß. Das Elektronenmikroskop hat uns enthüllt, daß die Strukturelemente der Zellwand andere Gestalt haben, als Nägeli sie sich dachte, aber die Röntgenanalyse hat bestätigt, daß Bezirke von kristallartig strenger Anordnung der Molekeln in ihr vorkommen. Als Goebel seinen Nachruf schrieb, war die Micellartheorie noch sehr umstritten, zeitweise war sie aufgegeben, und es hat fast 40 Jahre gedauert, bis der tote Prophet endgültig siegte. Die förmliche Bestätigung dieses Sieges war die Aufnahme der einschlägigen Schrif-

ten Nägelis in „Ostwalds Klassiker der exakten Wissenschaften“ (1928); aber dem unvergleichlich leichter zugänglichen Werk seines bescheidenen Korrespondenten G. Mendel ist diese Ehre schon siebenundzwanzig Jahre früher zuteil geworden. – Der jahrzehntelang darum geführte Streit, ob Stärkekörner und Zellmembranen durch Intussusception, wie Nägeli wollte, oder durch Apposition wachsen, ist dahin entschieden worden, daß es bei Zellwänden Binneneinlagerung gibt, aber kaum beim Stärkekorn.

Daß bei der Bewegung des Wassers in krautigen Stengeln wie in Baumstämmen die Erscheinungen der Kapillarität irgendeine Rolle spielen müssen, war nie zweifelhaft. Nägeli vergewissert sich durch exakte Versuche, daß umgekehrte Proportionalität zwischen Röhrendurchmesser und möglicher Steighöhe bis zu Kapillarenweiten von wenigen  $\mu$  gilt; ob er die Methode der Verdrängung des Wassers durch Luft selber neu ersonnen hat, ist nicht sicher. Auch die Micellarinterstitien der Zellhäute versteht er als submikroskopisches Kapillarsystem, in dem das Wasser sehr hoch, aber nur sehr langsam steigen könnte, und er sieht klar, daß der Wasserzustand eines Krautes und eines Baums nur möglich ist, weil das Gewächs sich langsam in die Höhe baut. Er weiß natürlich auch, daß der Meniskus einer engen Kapillare das Wasser in einer anschließenden viel weiteren Röhre zu tragen vermag, doch den scheinbar kurzen Schritt zur Kohäsionstheorie der Wasserbewegung tut er nicht. Zu der Sachsschen Imbibitionstheorie, derzufolge das Wasser in den verholzten Wänden der Gefäße leicht beweglich sein und in ihnen, nicht in den Zellräumen steigen soll, hat er sich nicht mehr geäußert, aber er war sicher davon überzeugt, daß keine Macht der Welt die Reibungswiderstände in den engen Kapillaren der toten Zellwand aufzuheben vermag.

Das Interesse des Physiologen Nägeli reicht bis zu rein physikalischen Vorgängen außerhalb des Organismus. Nicht nur daß er Untersuchungen zur Theorie der Kapillarität macht; daß er den kolloidalen Zustand als nicht einer besonderen Körperklasse der „Kolloide“ vorbehalten erkennt; daß er aus der anomalen Verdünnungswärme konzentrierter Zuckerlösungen – das Tyndallphänomen war von kolloiden Lösungen noch nicht bekannt – auf eine nicht normal molekulardisperse Beschaffenheit schließt; daß er die Koagulation kolloidaler Lösungen als Vernetzung fadenförmiger Elemente versteht. Er beobachtet auch, allerdings ausgehend von der Frage nach der Verbreitung der Bakterienkeime, die Bewegungen kleinster Körperchen in der Luft, wie es die Sonnenstäubchen sind, und behandelt sie rechnerisch. Ebenso verfährt er mit der Brownschen Molekularbewegung; bezeichnend für seine souveräne Art ist, daß er die damals – und bis zu Einstein – geltende Erklärung aus den Stößen der Wassermolekeln auf die Seite schiebt

und subtilere Kräfte ins Spiel führt. Er baut (1884) den Kosmos aus zerstreuter Urmaterie auf; die Atome läßt er zu einer Zeit, in der sie noch als unteilbar gelten, zunächst aus „Particellen“, entsprechend ihrer Wertigkeit, und diese „aus einer ungeheuren Anzahl, vielleicht aus Billionen“ von teils positiv, teils negativ elektrischen „Ameren“ sich zusammensetzen. Er macht sich seine eigenen Gedanken über den Weltäther, über chemische Verwandtschaft, über die Kräfte der Physik, über Entropie. Immer überrascht er durch die Selbstsicherheit, mit der seine Phantasie ihre bis ins feinste ausgeführten Gewebe ins Unbetretene wirft – z. B. bei der Ausmalung des Verhaltens der Particelle und Amere im Atom –, und immer wieder zwingt er zur Bewunderung durch das Ahnungsvermögen, das in einzelnen Treffern zwischen vielen nicht bestätigten Einfällen herausblitzt, so wenn er den Magnetismus aus kreisförmigen Strömchen geladener Amere herleitet.

Unter dem Eindruck von DARWINS Großtat nimmt er die Hieracienstudien seiner jüngeren Jahre in München wieder auf. Er wählt für die Untersuchungen über die Entstehung von Arten gerade Gebirgsbewohner, weil sie Kultureinflüssen nie ausgesetzt waren, aber er beobachtet sie am genauesten im Garten, weil er nur hier, unter gleichen Bedingungen, konstante Varietätsmerkmale von vergänglichen „Standortsmodifikationen“ sicher zu trennen vermag; wie oft mißachtet die Floristik diese elementare Forderung bis heute. Sein letztes Buch, „Die Hieracien Mitteleuropas“ (mit C. Peter, 1885), steht als einsamer Vorläufer der erst Jahrzehnte später üblich werdenden experimentell-taxonomischen Monographien da, und seine Beobachtungen an den natürlichen Standorten führen ihn zu Fragestellungen, die sich mit der modernen Populationsgenetik berühren. Zu einer Sternstunde der Biologie hätte der Tag werden können, an dem G. Mendel dem mit Spontanbastarden vertrauten Fachmann seine Kreuzungsversuche an Erbsen zu Füßen legte (1866). Aber Nägeli, der mit Wildformen zusammenlebte, hatte für Kulturrassen wenig Interesse, dazu hielt er die von Mendel gefundenen Zahlenverhältnisse für „empirisch, nicht rational“, und tragisch ist, daß Mendel bei Versuchen an – wie sich später herausstellte geschlechtlich anomalen – Hieracien, mit denen er Nägeli gefällig sein wollte, auf Erscheinungen stieß, die ihn ganz zu Unrecht an einer weit reichenden Geltung der von ihm entdeckten Gesetzmäßigkeiten zweifeln ließen. Die Begegnung mit Nägeli ist für Mendel zu einem Verhängnis geworden. Aber auch wenn die exakte Bastardforschung unter der Führung Nägelis 30 Jahre vor 1900 in die Biologie eingezogen wäre, hätte die theoretische Genetik in 90 Jahren kaum einen höheren Stand erstiegen, als sie in 60 Jahren erreicht hat, weil sie für ihre tiefsten Einsichten bei den neuesten Erkenntnissen der Biochemie Anleihen machen muß.



Als Lebensdenker höchsten Ranges erweist sich Nägeli in seinem vorletzten Werk „Mechanisch-physiologische Theorie der Abstammungslehre“ (1884); bei seinem Erscheinen schreibt E. STAHL, Schleidens dritter Nachfolger in Jena, an seinen Freund Goebel in Rostock: „Der alte Nägeli hat wieder einmal gezeigt, daß er der Großmeister unter den Botanikern ist.“ Was die Entstehung der Anpassungen betrifft, hat die von Nägeli bekämpfte Selektionstheorie Darwins heute viel mehr Anhänger als Nägelis Theorie der direkten Bewirkung, in der mechanistische und psycholamarckistische Gedanken sich auf merkwürdige Art verschlingen. Bei stammesgeschichtlichen Betrachtungen betont Nägeli als der erste den Primat dessen, was wir heute Merkmalsphylogenie nennen, und er versucht für den Weg, auf dem das Fortschreiten vom Einfachen zum Komplizierteren sich vollzieht, allgemeine „phylogenetische Entwicklungsgesetze“ zu finden. Seine Ansicht von der Sippenphylogenie ist in höchstem Maße nonkonformistisch. Urzeugung soll nicht nur beim ersten Beginn des Lebens stattgefunden haben, sondern im Lauf der Erdgeschichte wieder und wieder – die moderne, auf experimenteller Ursyntheseforschung fußende Spekulation widerspricht dem –, und die einfachsten heute lebenden Pflanzen sollen Produkte der jüngsten Schöpfungsvorgänge sein, nicht konservative Überbleibsel aus der Urzeit.

Zu dieser Vision gehört die Vorstellung, die Nägeli sich von der Erbsubstanz gebildet hat. Das „Idioplasm“ soll sich dauernd zu höherer Komplikation hin verändern müssen, Stillstand bedeute das Ende, das Aussterben. Er denkt sich das Idioplasm vorzugsweise, doch nicht nur im Zellkern lokalisiert und aus Strängen qualitativ verschiedener Micelle und Micellgruppen zusammengesetzt, die alle zu bestimmten Elementarvorgängen der Entwicklung Beziehung haben; er ist so nahe an die Chromosomentheorie der Vererbung herangekommen, wie er ohne die Berücksichtigung der – schon einigermaßen bekannten – Chromosomen und ohne Verarbeitung der Erfahrungen Mendels über die Verteilung trennbarer Erbinheiten kommen konnte. Zwischen „erblicher Anlage“ und Merkmal unterscheidet er scharf, anders als Mendel und strenger als mancher spätere. Darwins Pangenesislehre lehnt er aus physiologischen Gründen ab. In Haeckels Konzeption der Plastidulperigenese sieht er „ein Produkt der Naturphilosophie“, das den Naturforscher nicht anrührt. Aber ob er nicht bisweilen selber für einen Naturforscher zu wenig beobachtet und zu viel philosophorum modo gedacht hat?

Wie ein Philosoph strengerer Observanz geht er zuwege, wenn er sich über „Die Schranken der naturwissenschaftlichen Erkenntnis“ Rechenschaft gibt (1877 und 1884). Er hat ungezählte Einzelprobleme auf empiri-

schem oder spekulativem Weg anzugreifen gewagt, und zu der Zuversicht, die ihm dafür den Schwung gab, bekennt er sich, entgegen den „niederschmetternden Worten“ von E. DU BOIS-REYMOND, mit dem „bedingten, aber tröstlicheren Ausspruch: Wir wissen und wir werden wissen“; bedingt und auch bescheiden insofern, als er in der „winzigen Welt, die dem menschlichen Geist zugänglich ist, nur ein Außenwerk an dem wahren Wesen des Alls“ sieht. Wie entschieden er die Welt der Erscheinungen als Einheit versteht, wird am augenfälligsten darin, daß er seine Gedanken über „Kräfte und Gestalten im molekularen Gebiet“, von denen oben einiges mitgeteilt wurde, als Anhang seines Buchs über die Abstammungslehre veröffentlicht. Aber derselbe Mann, der als furioser Denker durch den belebten und den unbelebten Kosmos stürmt, legt einen eminent praktischen Sinn an den Tag in dem Buch „Die niederen Pilze in ihren Beziehungen zu den Infektionskrankheiten und der Gesundheitspflege“ (1877). Er weist sich zunächst als gründlicher Kenner der Lebensweisen der Pilze und Bakterien aus und behandelt dann, ein zweiter Pettenkofer, Gegenstände wie die hygienischen Eigenschaften des Wassers, der Luft, des Bodens, wie Desinfektion, Abfuhr der Auswurfstoffe, Bestattung der Leichen, Gesundheitshaltung der Wohnungen. Und von solchen Einsichten aus findet er sogar Vorschläge zur Verbesserung der Kanalisation Münchens.

Was hat Nägeli, aus der, wie Martius einst sagte, „freundlichen Wissenschaft, der Amabilis Scientia“ der Linnaeusfeste gemacht! Es ist nicht zu verwundern, daß sie unter seinem strengen Blick bald entschlafen sind.

### *III. Die Botanik als Lehre vom gesunden und kranken Baum*

#### HARTIG, DER FORSTARZT

Es zeugt von der Vorurteilslosigkeit der Klasse, daß sie schon früh auch einen Vertreter der angewandten Wissenschaft in den Kreis der Akademie eintreten hieß. ROBERT HARTIG (1839–1901; Akademiemitglied 1893), als Sohn und Enkel berühmter Forstmänner in Braunschweig geboren, war einer der Wegbereiter der Pflanzenpathologie. Er hat die Lebensweise vieler parasitischen Pilze erforscht, und sein „Lehrbuch der Baumkrankheiten“ (3. Auflage 1900) ist ins Französische, Englische, Russische übersetzt worden. Aber er hat sich auch mit den Lebenserscheinungen des gesunden Baums viel abgegeben, und mit der faszinierendsten Leistung des Baumlebens, mit der Wasserhebung im Stamm, hat er sich eingehender sogar als

Nägeli beschäftigt. In der Verbindung dessen, was jetzt Grundlagenforschung heißt, mit der Behandlung praktisch bedeutsamer Fragen ist sein Geist an der Stätte seines Wirkens über die Jahrzehnte hin lebendig geblieben.

#### *IV. Die Botanik als Lehre von der Pflanzengestalt*

##### GOEBEL, DER SCHAUENDE

Der Schwabe KARL GOEBEL\* (später K. v. Goebel, 1855–1932; Akademiemitglied 1892), aus der ehemaligen Reichsstadt Reutlingen stammend, 1891 von Marburg nach München gekommen, mußte in jedem Kreis auffallen, durch seine Körpergröße, durch sein mächtiges Haupt, das an den Moses des Juliusgrabs erinnerte, durch die Weite und Raschheit seines Geistes, womit er in vielen Berufen Außerordentliches geleistet hätte, durch seine Belesenheit in allen europäischen Literaturen. Von seinem Sinn für Schönheit und für rechtes Maß bewahrt der unvergleichliche Botanische Garten in Nymphenburg ein bleibendes Zeugnis, und das dem Garten angeschlossene Institut hat er so vielseitig und weiträumig angelegt, daß es noch heute, nach 45 Jahren, genügt. Unserer Akademie hat er als Klassensekretär (1908–1930) und als Präsident (1930–1932) gedient; seine Stellung in diesem Kreis wird durch eine Äußerung des Nobelpreisträgers R. Willstätter gekennzeichnet, der ihm allerdings als Chemiker dem Fache nach besonders nahestand: „In der Akademie war Goebel, wenn ich Vortrag, mein Hörer; eigentlich sprach ich nur zu ihm.“ Unter seinem Vorsitz versammelten sich, solange er in dem alten bescheidenen Institut an der Karlstraße wirkte, die Angehörigen aller botanischen Anstalten Münchens zu gemeinsamen Kolloquien. Über die Wirkung seiner Vorlesungen haben wir ein Urteil von einem sicher anspruchsvollen Hörer: Hans Carossa erinnert sich an Goebel als einen Meister des Worts und als „Ordner eines ungeheuren Stoffs“. Von allen deutschen Botanikern des neuen Jahrhunderts hatte er neben W. PFEFFER wohl das größte Ansehen in der internationalen Wissenschaft. In seinem Laboratorium waren ständig Ausländer zu Gast, junge und ältere, die durch seine mächtige Persönlichkeit angezogen wurden; wohl keinem anderen Botaniker sind so viele Nachrufe in den verschiedensten Sprachen gewidmet worden wie ihm. Der Amtsnachfolger F. v. Wettstein hat ihm in der Akademie die Gedächtnisrede gehalten, auch der Schreiber dieser Zeilen hat einige Jahre nach seinem Tod und



wieder zu seinem 100. Geburtstag sein Bild zu zeichnen versucht und möchte sich an dieser Stelle besondere Kürze auferlegen.

Goebel hat von fremden Welten sich in drei Erdteilen – nur Afrika fehlt – noch mehr zu eigen gemacht als Martius, seine letzte Tropenreise bestand er als 70jähriger, und er reiste mit anderen Augen als Martius. Neue Arten von Blütenpflanzen zu finden hat ihn nicht gelockt, dafür hat der Scharfäugige im javanischen Bergwald einige der seltsamsten Moose entdeckt, und was ihn auf seinen ersten Reisen vor allem beschäftigte, waren die Beziehungen zwischen Gestalt und Lebensführung, wie sie in extremen Lebensräumen noch augenfälliger werden als in unserem gemäßigten Europa. Seine „Pflanzenbiologischen Schilderungen“ (1889–1893) gehören zu den schönsten und dabei kritischsten Ausdeutungen des Sinnes pflanzlicher Sondergestalten.

Das reine räumliche Sein der Pflanzen zu betrachten, wie es die strenge Morphologie tut, war ihm so fremd, wie wenn ein Zoologe darüber hinwegsehen wollte, daß ein Eidechsenbein zum Laufen und ein Schwalbenflügel zum Fliegen da ist. Deswegen spricht er schon im Titel seines Hauptwerks „Organographie der Pflanzen“ aus, daß er die Glieder der Gewächse auch als tätige Organe behandeln will. In dem Buch faßt er seine aus vielen Einzelstudien erwachsene, einzigartig breite und tiefe Einsicht in die großen Gesetzmäßigkeiten pflanzlicher Gestaltung dreimal zusammen, in jeder Auflage wieder verbreitert und wieder vertieft (1897–1933). Das Gerüst muß die vergleichende Morphologie hergeben, wie sie schon Goethe geübt und wie sie bereits die Lehrer Goebels, voran W. HOFMEISTER, zur Vollendung entwickelt hatten. Hier ist alles Anschauung. Es gibt kein Überzeugen durch logischen Beweis, nur ein Hinführen zu einer bestimmten Wertung von Gemeinsamkeiten und Verschiedenheiten, zum schauenden Erkennen der wesenhaften Übereinstimmungen, die man Homologien nennt, zum Erblicken des Typus in der Vielfalt. Was Goebel hier beigesteuert hat, ist die Aufhellung eines Heeres von Einzelfällen mit Hilfe der Entwicklungsgeschichte und ihre Ordnung unter großen Gesichtspunkten, unter denen die Symmetrie eine wesentliche Rolle spielt; das Mikroskop, besonders das binoculare Präpariermikroskop, war für ihn Gegenstand täglichen Gebrauchs. Einen neuen Zweig der vergleichenden Morphologie – man könnte ihn kinematische Morphologie nennen – hat Goebel inauguriert in seinem Buch „Die Entfaltungsbewegungen der Pflanzen“ (2. Auflage 1924), in dem er den Gestaltwandel der Organe vom Reifen bis zum Alter, besonders auch die rhythmische Veränderung des Aussehens der zu Schlafbewegungen befähigten Blätter und Blüten, auf die Entfaltung und ihr Gegenspiel zurückführt.

Aber alleinige Anschauung der Gestalten, ihres Werdens und ihres Tuns konnte dem nach logischer Aktion verlangenden Verstand Goebels nicht genügen. Von Anfang an war es ihm Bedürfnis, auch den Ursachen des So-und-so-Werdens einer Gestalt, z. B. der Metamorphose des Blattes, durch gezielte Experimente nachzuspüren. Besonders in seiner „Einleitung in die experimentelle Morphologie der Pflanzen“ (1906) hat er Musterbeispiele dafür gegeben, wie die Entwicklungsvorgänge sich durch Außeneinflüsse und durch sinnvolle Verstümmelungen ab- und umlenken lassen und wie aus solchen Erfahrungen Einblicke in die Faktoren der normalen Entwicklung zu gewinnen sind.

Der experimentellen Vererbungsforschung, wie sie nach 1900 sich entfaltete, hat Goebel nicht viel Geschmack abgewonnen. Das ist verwunderlich, weil er gegenüber Nägelis Unterscheidung von Varietät und Rasse das richtige Urteil hat (in einem Brief von 1893!), daß Nägeli die Beständigkeit der Rassen erheblich unterschätze, und dazu bemerkt: „Es wäre eine neue Untersuchung der Erblichkeit . . . von Interesse. Ich habe seit Jahren manches Material gesammelt, aber hier, wo die Gärtner noch schlechter sind als das Klima, ist an eine Fortsetzung dieser Untersuchungen nicht zu denken.“ Was für Pläne das waren, ist nicht bekannt. Das Münchener „Wolfsklima“, wie er es gelegentlich nannte, ist seitdem nicht zahmer geworden, aber was für ein Gärtnergeschlecht er sich herangezogen hat, zeigt der Garten noch heute. Verwunderlich ist die spätere Zurückhaltung Goebels gegenüber der Mendelforschung auch deswegen, weil er als der erste die ver-gessenen Abhandlungen Mendels sofort nach ihrem Bekanntwerden einem größeren Kreis durch Abdruck in seiner „Flora“ zugänglich gemacht hat.

Für das Rätsel der Anpassungen hat er zu verschiedenen Zeiten verschiedene Erklärungen. Im wesentlichen neodarwinistisch ist sein Prinzip der „Ausnützung“, aber zeitweise und gewissen Erscheinungen gegenüber war er geneigt, direkte Bewirkung gelten zu lassen. Zu den Bemühungen um das natürliche System der Samenpflanzen hat er einmal beim Wandern den wohl gar zu pessimistischen Ausspruch getan, sie kämen ihm so aussichtslos vor, wie wenn jemand nach dem Münchner Karneval die Konfettischnitzel wieder in die Tüten sammeln wollte, aus denen sie ausgeflogen; die Mittel, Verwandtschaftsgrade abzuschätzen, sind seitdem doch vermehrt worden. Dem Vorgänger Nägeli stand Goebel, bei aller Bewunderung seiner Geistes-kraft, kritischer gegenüber, als der Nachruf verrät. So sagt er: „Ich beneide die nicht, die wissen, wie ein Molekül Baryumsulfid von vorne, von hinten und von der Seite aussieht“ (Brief von 1886; bezieht sich auf Zeichnungen Nägelis in seinem Buch von 1884); hier hat er recht behalten, doch später ist er Nägelis Art, die Chemie als morphologische Wissenschaft anzusehen,

nähergekommen. Und ein andres Mal (1909): „Was wird von den theoretischen Anschauungen Häckels und selbst denen des hyperkritischen Nägeli schließlich übrig bleiben? »Transierunt tamquam umbra et tamquam nuntius percurrens.«“ Goebel hat, auf weniger steilem Gelände, die Vorsicht geübt, die er an derselben Stelle Darwin nachrühmt, und sein dem Wißbaren zugewandtes Werk wird dauern tamquam turris aenea. Dafür hat es aber auch kaum zu so tiefem neuen Wissen den Weg bereitet wie einige der Vorstöße Nägelis in die Sphäre des seinerzeit noch nicht Wißbaren.

#### *V. Die Botanik als Genetik der Pflanzen*

##### FRITZ. V. WETTSTEIN, DER FRÜH VOLLENDETE

Die frühe Mendelforschung befaßte sich vor allem mit der Ergründung des Mechanismus, der die Verteilung der mendelnden Erbanlagen besorgt, dabei wurde, bisweilen unter Vernachlässigung der entwicklungsgeschichtlichen Grundlagen, viel Statistik aufgeboten, und dieses formalistische Wesen wird Goebel die Genetik verleidet haben. FRITZ V. WETTSTEIN (1895 bis 1945; Akademiemitglied 1933), aus berühmtem Wiener Botanikergeschlecht, gehört zu der jüngeren Generation von Erbforschern, die nach der Wirkungsweise der Erbfaktoren fragen und die Genetik als Wissenschaft von der Genesis im weitesten Sinn verstehen. In den Mittelpunkt tritt das Wunder der Entwicklung des Individuums, deren kausalem Aspekt auch ein großer Teil von Goebels Lebenswerk gegolten hat. Hier laufen alle Fäden der Morphologie wie der Physiologie zusammen, und von hier aus wird auch das größte Problem der Biologie gesehen, um das schon Darwin und Nägeli sich bemüht haben, das der gewordenen Mannigfaltigkeit des Lebendigen. Was F. v. Wettstein, der viel für die Aufklärung des Verhältnisses zwischen Zellkern und Zellplasma im Erbgeschehen getan hat, der Wissenschaft noch alles geschenkt hätte, ist nicht abzuschätzen. Er hat sich nur kurze Zeit des Umgangs mit dem großen Vorgänger erfreuen können, dessen Aufmerksamkeit er durch seine glänzenden Experimente mit Moosen auf sich gezogen hatte, und kurze Zeit nach Goebels Tode verließ er München. Als Direktor des Kaiser-Wilhelm-Instituts für Biologie in Berlin-Dahlem war er in schwersten Zeiten Herz und Gewissen der deutschen Botanik, bis er, „der Edelmann mit der leisen Stimme und dem starken Herzen“, noch nicht fünfzigjährig ein Opfer seines Pflichtgefühls wurde.



## GEOLOGIE

*Von Albert Maucher*

Das 19. Jahrhundert brachte für die Geologie entscheidende Auseinandersetzungen, als gegen die beherrschende Kataklysmentheorie und Typenlehre GEORGE DE CUVIERS (1769–1832; Akademiemitglied 1808) und der Pariser Schule drei Männer erfolgreich ins Feld zogen: KARL A. VON HOFF (1771–1837; Akademiemitglied 1808) und SIR CHARLES LYELL (1797–1875; Akademiemitglied 1847) mit der Lehre der allmählichen, ohne Revolution vor sich gehenden Entwicklung der Erdgeschichte, und CHARLES DARWIN (1809–1882; Akademiemitglied 1878) mit der Lehre von der Mutabilität und Deszendenz. An diesen Auseinandersetzungen waren alle führenden Geologen der damaligen Zeit beteiligt, und unsere Akademie nimmt an ihnen durch drei ihrer Mitglieder entscheidenden Anteil, durch FRIEDRICH AUGUST QUENSTEDT (1809–1889; Akademiemitglied 1869), KARL ALBERT OPPEL (1831–1865; Akademiemitglied 1862) und KARL ALFRED VON ZITTEL\* (1839–1904; Akademiemitglied 1869).

F. A. QUENSTEDT war einer der frühesten Gegner Cuviers, konnte aber gegen dessen großes wissenschaftliches Ansehen und das Gewicht der Pariser Schule nicht durchdringen. Sein Verdienst liegt in einer hervorragenden, über fünfzigjährigen Lehr- und Sammeltätigkeit in Tübingen, seinem Werk über den „Schwäbischen Jura“, dem „Handbuch der Petrefaktenkunde“ und den „Ammoniten des schwäbischen Jura“. In Vorlesungen und Veröffentlichungen betonte er, daß es nicht nur einzelne für jede Schicht durch besondere Schöpfungsakte geschaffene, am Ende jeder Periode durch Naturereignisse wieder vernichtete, spezifische Fossilien, sondern auch Varietäten, Umwandlungsformen gäbe. Hier stand er zunächst ziemlich allein und sogar im Gegensatz zu seinem hervorragenden Schüler K. A. Oppel, den ein Studienaufenthalt in Paris ganz in das Lager des Cuvier-Anhänger d'Orbigny gebracht hatte. Dieser Gegensatz bestand in einem auch heute noch gegebenen wissenschaftlichen Problem, nämlich der Festlegung einer Art, einer abgegrenzten festen Spezies, als Leitfossil einerseits und andererseits deren mutativer Veränderlichkeit in der Zeit. Nach seinem Prinzip hat Oppel den Jura, dessen Studium sein Lebensziel war, in 36 Zonen gegliedert, wobei jede Zone durch eine Anzahl „unveränderliche, auf eine einzige Schicht be-

schränkte Spezies“ markiert ist, ohne daß dabei über Wert und Unwert der trennenden Merkmale diskutiert wird. Durch Oppel entsteht eine Mustersammlung der Fossilien des westeuropäischen Jura, und die Paläontologische Sammlung des bayerischen Staates, deren Direktor er seit 1861 ist, erfährt durch ihn eine beispielhafte Ordnung und Erweiterung. Mit ihm beginnt sich der Schwerpunkt der Paläontologie nach München zu verlagern. Seine großartigen, vielversprechenden Arbeiten werden abgebrochen durch den frühen Tod, der ihm aber auch die letzte Auseinandersetzung mit der Entwicklungslehre und damit die Umarbeitung seines bisherigen Lebenswerkes erspart, zu der ihn seine ehrliche, wissenschaftliche Sachlichkeit gezwungen hätte. Kurz vor seinem Tode bekannte er einem Freunde zur Frage nach der Entstehung einer Art aus der anderen durch langsame Veränderung, selbst „gröbere“ Übergänge beobachtet zu haben, während „feinere“ Übergänge noch nicht zu belegen seien, da noch nicht genügend Sammlungs- und Vergleichsmaterial vorhanden wäre.

Der Nachfolger Oppels in München als Ordinarius für Paläontologie und Direktor der Paläontologischen Staatssammlung wurde 1866 K. ALFRED V. ZITTEL\*. Er, der die Paläontologie zu einer biologischen Wissenschaft machte, setzte in vieler Hinsicht, nicht nur im Tithon, die Arbeiten Oppels fort, erweiterte und krönte sie. Er darf wohl mit Recht als der größte Paläontologe bezeichnet werden, der seiner Wissenschaft weit über die Jahrzehnte seines Wirkens hinaus das Gepräge gab. Für die Bayerische Akademie der Wissenschaften hat er dazu noch die Bedeutung als deren Präsident und Generalkonservator ihrer Sammlungen (1899–1904) und Verfasser des Abschnittes „Geschichte der Geologie und Paläontologie“ in der „Geschichte der Wissenschaften“.

Ursprünglich auf allen Gebieten der Geologie tätig (Kartierungen in Baden, Analyse der Moränenlandschaft südlich Münchens, Nachweis der festländischen Bildungen in der Libyschen Wüste und Fehlens des „Saharameeres“ während des Diluviums, usw.), wird er durch die anfängliche Beschränkung seines Münchner Lehrstuhles auf das Gebiet der Paläontologie zu vornehmlich paläontologischen Arbeiten veranlaßt. Durch ihn hat die Paläontologie an der Begründung der Deszendenztheorie regen Anteil genommen. Ihm ist im wesentlichen der Sieg über die Katastrophenlehre zu verdanken. Die versteinerten Reste von Flora und Fauna sind nun nicht mehr Zeugen wiederholter, gewaltsamer Vernichtungen und Neuschöpfungen, sondern Glieder einer Entwicklung in Formenreihen, „Transmutationen unter Einfluß natürlicher Zuchtwahl“. Für die Feststellung der Arten werden zoologische, nicht geologische Rücksichten leitend. Nun werden die engen Beziehungen zwischen Paläontologie und den übrigen biologischen Wissen-

schaften hervorgehoben; Zittels Paläontologie wird zur Paläozoologie. Die Zeit, in der die Paläontologen nur Versteinerungen beschreiben und neue Gattungen und Arten als Leitfossilien schaffen, ist vorüber, und damit trennt sich auch die rein stratigraphisch-paläontologische Arbeitsrichtung immer mehr von der biologisch-systematischen. Zittel hat in beiden Richtungen faunistisch-stratigraphisch und zoologisch-systematisch das Beste geleistet. Seine wissenschaftlichen Arbeiten und die von ihm großzügig erweiterte Paläontologische Staatssammlung machen München endgültig zum damaligen Weltzentrum der Paläontologie. Sein in den Jahren 1876 bis 1893 erschienenes Handbuch der Paläontologie ist die größte Leistung auf diesem Gebiet – nicht nur in deutscher Sprache – und alle Neuauflagen und neuen auch fremdsprachigen Handbücher sind im Kern immer doch Zittels Werk. Ähnliches gilt von den 1895 erschienenen „Grundzügen der Paläontologie“. Durch diese beiden Werke wirkt Zittel heute noch. Er wirkt aber vor allem auch dadurch, daß seine Schüler und Verehrer über die ganze Welt verbreitet seinen Nachfolgern auf dem Münchener Lehrstuhl, in der Münchener Staatssammlung und der Bayerischen Akademie durch Reisen und Sammlungen ermöglicht haben, die Bedeutung Münchens als Hochburg der Paläontologie zu wahren. So wird die Reihe (Quenstedt), Oppel, Zittel fortgeführt durch AUGUST ROTHPLETZ (1853–1918; Akademiemitglied 1899), FERDINAND BROILI (1874–1946; Akademiemitglied 1919) und ERNST STROMER VON REICHENBACH (1871–1952; Akademiemitglied 1916).

A. ROTHPLETZ, seit 1882 Mitarbeiter Zittels und 1904 sein Nachfolger an der Universität und der Staatssammlung in München, hat Zittels Erbe würdig gepflegt und gemehrt. Seine Reisen in ganz Europa, Russisch-Asien, Nordafrika und vor allem den USA brachten dem „Zittel-Museum“, wie er die Paläontologische Staatssammlung nannte, fünf große neue Säle mit Wirbeltierresten. Die größte wissenschaftliche Leistung Rothpletz' liegt aber auf dem Gebiet der Alpengeologie. Es sind Neukartierungen der Bayerischen Alpen im Maßstab 1 : 25000, der „geologische Querschnitt durch die Ostalpen von Tölz bis Bassano“ und seine zahlreichen tektonischen Arbeiten, die zusammenfassend in seinen „geotektonischen Problemen“ niedergelegt sind. Besonders hingewiesen sei auf die neuen Erkenntnisse über die Grenze Ost-Westalpen und die hier stattgefundenen tektonischen Bewegungen.

1919 übernimmt F. BROILI die Nachfolge Rothpletz' in Institut und Sammlung. Bereits seit 1899 Mitarbeiter im Zittelschen Institut, war er seit 1904 Kustos an der Staatssammlung gewesen und auch Rothpletz eng in seinen alpinen Arbeiten, z. B. in der Kartierung des Kampenwandgebietes, verbunden. 1901 führt ihn eine Reise im Auftrage Zittels nach Texas, die eine



sehr ergiebige Aufsammlung permischer Amphibien und Reptilien erbringt. Neben der Fortführung des Zittelschen Erbes in Sammlung, Institut und durch die Bearbeitung der Neuauflagen von Teilen der „Grundzüge der Paläontologie“ sind es vor allem die Untersuchungen über Stegocephalen und Altreptilien, durch die Broili hervorrangt. Ferner sind ihm große, mit Hilfe der Bayerischen Akademie der Wissenschaften durchgeführte Sammlungs- und Forschungsreisen zu verdanken, wie die in die Karooformation Südafrikas (J. Schröder 1928), in das Tertiär Vorderindiens und das Pleistocän Australiens (J. Schröder und R. Dehm 1939). Hier seien auch erwähnt die Reisen und Sammlungen des Honorarprofessors an der Münchner Universität E. STROMER v. REICHENBACH nach Ägypten und die durch ihn und seine Mitarbeiter erfolgte Bearbeitung reichen Wirbeltiermaterials. Verschiedene seiner Veröffentlichungen erschienen in den Akademieschriften.

Fast könnte es erscheinen, als ob die Bayerische Akademie der Wissenschaften durch ihre Mitglieder nur mit der paläontologischen Richtung der Geologie verbunden gewesen wäre, da mit Ausnahme von Rothpletz, dem Alpengeologen, alle bisher genannten zwar nicht ausschließlich, aber vornehmlich auf paläontologischem Gebiet ihre Großleistungen vollbrachten. Aber auch die allgemeine und angewandte Seite der Geologie kam in den vergangenen hundert Jahren in den Arbeiten hervorragender Mitglieder der Akademie zu ihrem Recht. Man war der kosmologisch-metaphysischen Spekulationen weitgehend müde geworden und begann auch in der Geologie die Hoffnung auf Naturerkenntnis durch exakte Forschung zu setzen. Die geologische Kartenaufnahme und die Bearbeitung geologischer Probleme mit physikalischen und chemischen Methoden bekamen ihr rechtes Gewicht.

Die Glanzleistung auf dem Gebiet der geologischen Kartendarstellung vollbrachte CARL WILHELM VON GÜMBEL\* (1823–1898; Akademiemitglied 1862), den man mit Recht als Schöpfer der Bayerischen Geologischen Landesanstalt bezeichnet. Wenn sein Name auch nicht wie der Zittels im internationalen wissenschaftlichen Streit leuchtet, so sind seine Werke, nämlich achtzehn große geologische Kartenblätter und vier Bände der geognostischen Beschreibung des Königreichs Bayern, Belege für eine überragende Leistung. Daneben stand die Verbindung von Geologie und Praxis, die ihm, dem ehemaligen Berg- und Salinenpraktikanten und späteren Leiter der obersten bayerischen Bergbehörde besonders angelegen war. Sie reicht von lagerstättenkundlichen Fragen (Quecksilbererze der Pfalz) bis zu hydrologischen Problemen (Münchens Wasserversorgung aus dem Mangfallgebiet). Seine mikroskopischen Untersuchungen über die pflanzlichen Ausgangsstoffe der

Steinkohlen und über Foraminiferen schlagen die Brücke zur Paläontologie und legten den Grundstein zu einer neuen Arbeitsrichtung, zur Mikropaläontologie.

Während Gümbel sich um die geologische Landesaufnahme in Bayern bemühte, tat dies in den ersten Jahren seines geologischen Wirkens FRIDOLIN SANDBERGER (1826–1898; Akademiemitglied 1870) in Baden. Für unsere Akademie liegt seine Bedeutung aber in seinem Wirken an der Universität Würzburg, vor allem in seinen lagerstättenkundlichen Arbeiten, die ihn zu der Theorie der Bildung von Erzlagerstätten durch „Lateralsekretion“ führten. In dieser Theorie wird erstmals das Problem der Stoffwanderung in festen Gesteinen unabhängig von juvenil-azsender oder vados-deszender Stoffzufuhr erkannt, ein Problem also, dessen wirkliche Bedeutung für Gesteins- und Lagerstättenbildung erst heute allgemein voll erfaßt und zum Kernproblem moderner gesteins- und lagerstättenkundlicher Arbeiten geworden ist.

Erst in der letzten Phase seines großartigen Wirkens wird einer der international bekanntesten Geologen, nämlich EMANUEL KAYSER\* (1845–1927; Akademiemitglied 1916), Mitglied unserer Akademie. Nach den vielen hervorragenden Leistungen vor allem im Rheinischen Schiefergebirge beginnt er 1890 mit der Veröffentlichung seines „Lehrbuchs der Geologie“. Diesem groß angelegten Werk widmete er in München die letzten zehn Jahre seines erfolgreichen Lebens. Es wurde das geologische Lehrbuch deutscher Sprache, ein vierbändiges Nachschlagewerk, das in wiederholten Auflagen bis heute seine Bedeutung und internationale Anerkennung behalten hat.

Als letzter in der Reihe hervorragender Geologen unserer Akademie sei ERICH KAISER (1871–1934; Akademiemitglied 1921) genannt, den sein Weg von der Physik über die Mineralogie zur Geologie führte. Er war vielleicht der vielseitigste unter ihnen. Nach München kam er 1920 auf den durch das Rothpletzische Vermächtnis neugeschaffenen Lehrstuhl für allgemeine und angewandte Geologie. Petrographie, Hydrologie, Minerallagerstätten und Fragen der Verwitterung, besonders der Bausteine, machen Kaiser ebenso bekannt wie seine zahlreichen Forschungsreisen. Sein größtes Denkmal aber setzt er sich durch sein zweibändiges Werk „Die Diamantenwüste Südwest-Afrikas“. Bereits in diesem Werk, dann aber bei der Bearbeitung der Manganerzlagerstätten von Postmasburg, weist Kaiser auf die Bedeutung des Klimas für geologische Vorgänge hin. Was hier an Arbeit von ihm noch zu erwarten war, erhellt aus seinem letzten Vortrag (1931) „Der Grundsatz des Aktualismus in der Geologie“. Hier kehren wir zum Ausgangspunkt unserer Betrachtungen durch den Bezug auf von Hoffs und Lyells grundsätzliche Ideen zurück.

Die wissenschaftliche Bedeutung all dieser Männer für das Leben unserer Akademie liegt nicht nur in ihren Veröffentlichungen und Sammlungen, sondern auch in dem engen wechselseitigen Kontakt mit den auswärtigen Geistesgrößen ihrer Zeit, von denen durch sie viele der Akademie als korrespondierende Mitglieder angehörten. Sie aufzuzählen würde den engen Rahmen unserer kurzen Betrachtungen sprengen.



## MINERALOGIE

*Von Theodor Ernst*

FRANZ VON KOBELL\* (1803–1882; Akademiemitglied 1827), Kristallograph und Mineraloge und weiten Kreisen auch als Dichter bekannt, gibt in seiner Geschichte der Mineralogie (1864) ein Bild über den Entwicklungsstand dieser Wissenschaften, das erkennen läßt, daß die erste Hälfte des vorigen Jahrhunderts für die Mineralogie und Kristallographie eine Hinwendung zur exakteren Untersuchung gebracht hatte. „Man begnügte sich nicht mehr mit annähernden Beschreibungen, man strebte das Wesentliche vom Zufälligen zu sondern, bestimmte Gesetze aufzufinden und die physische Qualität eines Minerals mit seinem inneren chemischen Wesen im Zusammenhang zu erkennen. Die Anwendung der Mathematik gab der Krystallkunde eine neue Gestalt, die Entwicklung der optischen Verhältnisse eröffnete ihr ein großartiges Gebiet der wundervollsten Erscheinungen und man kann sagen einen mit Lichtblumen geschmückten Garten, ebenso reizend für sich als von Interesse in seinen Beziehungen zu den Kräften, welche den regelrechten Bau der Materie leiten und beherrschen.

Die Fortschritte der Chemie bewährten ihren mächtigen Einfluß auf die sichere Bestimmung der Mineralspecies und bieten reichliche Mittel zu ihrer Erkennung und Unterscheidung, wo durch das Verhältnis der Aggregation das Individuum für eine physikalische Charakteristik der Beobachtung entzogen ist. Die Geschichte der Mineralogie zeigt in ihrer neuesten Periode unverkennbar den Gewinn, welcher ihrem Fortkommen durch die Ausbildung der Physik und Chemie geworden, und sie zeigt nebenher, wie diese Wissenschaften selbst wieder durch die Anwendung gefördert wurden, welche die Mineralogie von den gebotenen Erfahrungen und Hilfsmitteln gemacht und wie sie solche in ihrem Gebiete mit Erfolg weitergeführt hat.“

Diese Stellung der Mineralogie im Gesamtrahmen der Naturwissenschaften, wie sie Kobell skizziert hat, kann im einzelnen noch durch weitere Angaben über den Entwicklungsstand der einzelnen Zweige ergänzt werden. Entwicklung der goniometrischen Vermessung lag durch WILLIAM H. WOLLASTON (1766–1828; Akademiemitglied 1808) seit Anfang des 19. Jahrhunderts vor. Die kristalloptischen Untersuchungen waren so weit entwickelt,

daß sie „einen interessanten Blick in den Bau der Kristalle gewähren und mannigfaltige Eigentümlichkeiten für verschiedene Species zeigen.“ Man konnte nun durch die thermischen Verhältnisse der Kristalle oder auf Grund der Härte und Elastizitätsverhältnisse oder nach den Eigenschaften der Elektrizität und des Magnetismus und der Phosphoreszenz den Zusammenhang mit der Symmetrie der Kristalle herstellen.

Kobell, schon mit vierundzwanzig Jahren zum a. o. Mitglied der Akademie ernannt, hat in einer sehr großen Anzahl von Veröffentlichungen sehr zur Verbreitung mineralogischer Kenntnisse beigetragen. Besonders zeigte er, daß durch die neuen Methoden der chemischen Untersuchung die Bestimmung der Mineralien erleichtert und neue Mineralarten erkannt werden konnten. In ähnlicher Weise, als ein Mehrer in unserer Wissenschaft, wirkte KARL HAUSHOFER (1839–1895; Akademiemitglied 1882), doch sind die großen Ausstrahlungen der Forschungsarbeit im vergangenen Jahrhundert hauptsächlich durch PAUL v. GROTH\* (1843–1927; Akademiemitglied 1881) erfolgt, Einflüsse, die weit über die ganze Welt gingen und heute noch wirksam sind.

Die wissenschaftliche Tätigkeit Groths ist durch J. Valetton 1928 (in den Sitzungsberichten zur Beförderung der gesamten Naturwissenschaften zu Marburg, 63, 1928, 137–147) dargestellt. Groths überragende Stellung geht auch aus dem Nekrolog hervor, den ERICH KAISER (1871–1934; Akademiemitglied 1921) ihm 1927 gewidmet hat. Dort heißt es: „Groth ist in seiner wissenschaftlichen Tätigkeit mehrfach seiner Zeit vorausgeeilt. In seiner Dissertation ‚Beiträge zur Kenntnis der überchlorsauren und übermangansauren Salze‘ (1868) versuchte er bereits eine innigere Verknüpfung der chemischen und physikalischen Eigenschaften mit den kristallographischen Verhältnissen zu einer Ableitung der Änderungen der Krystallform aus den chemischen Änderungen der untersuchten Substanz. Noch als Assistent stellte er den Begriff der Morphotropie auf, der dann späterhin durch die Arbeiten von FRIEDRICH JOH. BECKE (1855–1931; Akademiemitglied 1913) und WILHELM P. MUTHMANN (1861–1913; Akademiemitglied 1903) wie die Röntgenanalyse der Krystalle zu besonderer Bedeutung kam. So war von ihm bereits sehr früh die Bedeutung strukturtheoretischer Betrachtung der Krystalle erkannt worden, zu deren moderner Entwicklung er wesentliche Grundsteine legte.“

In der Einleitung der „Chemischen Kristallographie“ kam Groth zu der Auffassung, daß die einzelnen Atome die Bausteine der Struktur im Sinne der Theorie von LEONHARD SOHNCKE\* (1842–1897; Akademiemitglied 1887) sind. Sohncke hatte ausgeführt, daß die Strukturen von Kristallen „aus einer endlichen Zahl ineinandergestellter regelmäßiger Punktsysteme, welche

sämtlich gleich groß und gleichgerichtete Deckverschiebungen besitzen, bestehen. Jedes dieser Punktsysteme ist mit gleichartigen Masseteilchen besetzt; diese können aber für die verschieden ineinander gestellten Teilsysteme als zusammengesetzte Systeme verschieden sein.“ Von vornherein kann aus der Theorie nicht entschieden werden, ob die einzelnen Bausteine der Struktur die chemischen Moleküle oder Molekülkomplexe oder aber die einzelnen Atome sind.

Groth kam durch eingehende Vermessungen von Substanzen, die chemisch und kristallographisch vergleichbaren Reihen angehören, und durch die Angabe der „topischen“ Achsen dazu, die Moleküle als die Bausteine der Struktur im Sinne Sohnckes abzulehnen und statt ihrer dafür die Atome als Bausteine anzunehmen. Dabei versteht man unter „topischen Achsen“ vergleichbare Längen längs der kristallographischen Achsen, die aus den ermittelten Achsenverhältnissen unter Berücksichtigung des Molekularvolumens berechnet wurden. Die durch solche Reihen verwandter Substanzen angegebenen Beziehungen nannte er „Morphotropie“. Wenn auch dieser Begriff heute durch die Entwicklung der modernen Strukturchemie an Bedeutung verloren hat, so ist seine Betonung durch Groth doch ein wesentlicher Schritt vorwärts gewesen. Durch diese Arbeiten war Groth der Wegbereiter für den physikalischen Nachweis des strukturellen Aufbaues der Kristalle, der dann später MAX VON LAUE (Akademienmitglied 1944) gelang. Dieser Gedanke, bereits 1904 von Groth ausgesprochen, stand im offenen Widerspruch zu den herrschenden Auffassungen, allerdings wohl verständlich aus den großen Erfolgen der kinetischen Gastheorie durch die Arbeiten von A. CLAUSIUS (1822–1888; Akademienmitglied 1859) und van der Waals, die in den Gasen und verdünnten Lösungen die Moleküle mit Erfolg als selbständige Einheiten behandelten. Es ist nicht verwunderlich, daß man diese Annahme auch auf die Kristalle übertrug. Groth war hier Wegbereiter, doch konnte seine Meinung sich endgültig erst nach der Laueschen Entdeckung durchsetzen.

Groth hat, um seine Auffassung zu beweisen, in einem groß angelegten Sammelwerk die Ergebnisse kristallographischer Messungen zusammengetragen und selbst in seinem engeren Arbeitsbereich außerordentlich zahlreiche Einzeluntersuchungen an den verschiedensten anorganischen wie organischen Substanzen angeregt. Die Zusammenfassung ist in seiner „Chemischen Kristallographie“, einem fünfbandigen Werk, mit über 4200 Seiten (1906–1909) niedergelegt. Hier besitzen wir ein unschätzbare Lexikon aller kristallographisch erfaßten Substanzen, das noch heute als Standardwerk gilt und als die Krönung des Lebenswerkes von Groth angesehen werden muß; zugleich ist dieses Werk allerdings auch der Abschluß



der Vor-Laueschen Periode. Das große Ziel, das sich Groth gestellt hatte, den Zusammenhang zwischen kristallographischen und physikalischen Eigenschaften und der chemischen Zusammensetzung aufzuzeigen, ist Groth leider versagt geblieben; die Frage war zu früh gestellt und konnte ihre Beantwortung erst finden, als durch sichere röntgenographische Methoden die Strukturen für die einzelnen chemischen Verbindungen genau erforscht waren. Groth mußte damals noch im wesentlichen von der äußeren Gestalt der Kristalle ausgehen, hatte allerdings in den physikalischen, besonders den optischen Erscheinungen weitere Anhaltspunkte, doch waren alle diese Erscheinungen zur Beantwortung der Frage unzureichend. Trotzdem bleibt das Verdienst von Groth bestehen, daß er als erster dem Problem nachgegangen ist.

Die große Bedeutung dieses seines Lebenswerkes, gerade auch wegen dieser Grundidee, mag daraus ersehen werden, daß jetzt in Amerika das „Groth-Institut“ in der Pennsylvania-State University durch R. Pepinsky mit der ausgesprochenen Absicht gegründet ist „for Revision of Groth's Chemische Krystallographie“. Es handelt sich um die Neuauflage der „Chemischen Krystallographie“, an der jetzt Forscher aller Länder beteiligt sind.

Über eine bedeutende Tätigkeit hat Groth in seiner letzten Veröffentlichung kurz vor seinem Tode noch selbst geschrieben: über seine Gründung der „Zeitschrift für Kristallographie und Mineralogie“. Die physikalischen und mineralogischen Zeitschriften waren nicht die richtigen Orte für die Publikation dieses so heterogenen Gebietes der Kristallographie, in dem sowohl mineralogische wie physikalische Veröffentlichungen zusammengefaßt werden sollten. Die 1877 gegründete Zeitschrift für Kristallographie und Mineralogie entwickelte sich unter der Mitwirkung zahlreicher Fachgenossen bald zu einer der bedeutendsten Fachzeitschriften der Welt, die Groth bis 1920 leitete. Mit Befriedigung darf festgestellt werden, daß diese Zeitschrift nach der nachkriegsmäßig bedingten Ruhepause wieder lebt und in ihrer Idee der Auffassung Groths entspricht, auch wenn durch die Acta Crystallographica ein ähnliches Fachorgan als Parallelunternehmen entstanden ist.

Nicht unerwähnt für Groths Wirken darf das Lehrbuch über physikalische Kristallographie bleiben, in dem er einen damals modernen Überblick über die Kristallographie und Kristalloptik gab mit einer ausführlichen Beschreibung der kristallographischen und kristalloptischen Methoden.

Die Akademie darf es sich zur ganz besonderen Ehre anrechnen, daß sie ihn schon vor seiner Münchner Zeit 1881 zum korrespondierenden Mitglied und sofort nach seiner Übersiedelung 1883 zum außerordentlichen Mit-

glied, 1885 zum ordentlichen Mitglied ernannte. So war gerade durch das Wirken Groths die Arbeit der Kristallographen und Mineralogen in den beiden ersten Dezennien dieses Jahrhunderts außerordentlich erfolgreich. Die Akademie hat in der Herstellung der Beziehungen zwischen den bekanntesten Gelehrten der Welt ihre Aufgabe in bewundernswerter Weise erfüllt. Zu ihren korrespondierenden Mitgliedern von Weltbedeutung zählte auch EUGRAPH V. FEDOROW (1853–1919; Akademiemitglied 1896), von dem Groth in seinem Nekrolog sagt, daß er „seit Mallards Tode (1894) unbestritten der erste und originellste Kristallograph der letzten Dezennien war.“ Aber es gehörten ihr auch Mineralogen und Petrographen von Weltbedeutung an wie FERDINAND ZIRKEL (1838–1912; Akademiemitglied 1882), HARRY ROSENBUSCH (1836–1914; Akademiemitglied 1902), WALDEMAR CHRISTOFER BRØGGER (1851–1940; Akademiemitglied 1902), ohne daß mit dieser Nennung die Reihe prominenter und führender Mineralogen und Kristallographen erschöpft wäre.

Die neue Periode der Strukturforschung setzt mit der Entdeckung Max von Laues ein, durch die die Kristallographie, Mineralogie und Petrographie, jedes Teilgebiet in seiner Weise, einen vollkommen neuen Auftrieb und eine vollkommen sicher fundierte Grundlage bekommen hat. In seiner Festrede in der öffentlichen Sitzung der Bayerischen Akademie der Wissenschaften führte 1925 ARNOLD SOMMERFELD\* (1868–1951; Akademiemitglied 1908) aus: „Bekanntlich verdankt die Mineralogie den Röntgenstrahlen eine neue Phase ihrer Entwicklung, da sie nunmehr in der Lage ist, den Aufbau der Kristalle in Lauediagrammen zu durchleuchten; zugleich zieht die Chemie hieraus Gewinn. Die Kristallanalysen liefern dem Chemiker reale stereochemische Formeln“. Obwohl kaum ein halbes Jahrhundert seit dieser Entdeckung vergangen ist, hat es uns aber eine Fülle neuer Zusammenhänge gebracht und alle naturwissenschaftlichen Disziplinen in ausnehmend großem Maße befruchtet und verändert. Gerade die Mineralogie hat durch diese Methode das heute wohl wichtigste Arbeitsinstrument bekommen, durch das die kristallographischen Beziehungen der chemisch komplizierten Mineralien sicher erkannt werden können, so daß jetzt der Gedanke, der Groth vorschwebte, in immer stärkerem Maße durchgeführt werden kann, nämlich der Grundfrage der Kristallographie nach den Zusammenhängen zwischen chemischer Konstitution und den Eigenschaften nachzuspüren.

## GEOGRAPHIE

*Von Herbert Louis*

Die Geographie ist erst im 19. Jahrhundert ganz allmählich, in Deutschland vor allem durch die glänzenden Vorbilder von ALEXANDER V. HUMBOLDT (1769–1859; Akademiemitglied 1808), FERDINAND V. RICHTHOFEN (1833–1905; Akademiemitglied 1881) und ALBRECHT PENCK (1858–1945; Akademiemitglied 1909), aus einer Disziplin der gelehrten Verarbeitung von Beobachtungen und Angaben zumeist Außenstehender zu einer Wissenschaft geworden, deren Vertreter selbst mit gezielten Problemstellungen in die Natur hinausgehen. Die allgemein fortschreitende Spezialisierung der Wissenschaften ist auch auf diesem Gebiete eingetreten und macht es schwer, die acht Vertreter des Faches, die in der zweiten Hälfte des 19. und in der ersten Hälfte des 20. Jahrhunderts teils gleichzeitig, teils nacheinander in der Akademie gewirkt haben, in eine einheitliche Entwicklungslinie zu stellen.

OSKAR PESCHEL (1826–1875; Akademiemitglied 1858), der älteste unter ihnen, hat fruchtbare Gedanken zur Erneuerung der wissenschaftlichen Geographie geäußert.

FRIEDRICH RATZEL\* (1844–1904; Akademiemitglied 1885) war der ungewöhnlich anregende Neubegründer der Anthropogeographie. Diese wurde durch ihn neben die bereits etwas früher zu kräftigem Leben erwachte physische Geographie gestellt. Peschel und Ratzel waren fachentsprechend Mitglieder der Historischen Klasse der Akademie. Das gleiche gilt für den 15 Jahre jüngeren EUGEN OBERHUMMER (1859–1944; Akademiemitglied 1898), der von der klassischen Altertumswissenschaft kommend vor allem die historische Geographie und die Geschichte der Geographie pflegte.

Die übrigen fünf Geographen waren Mitglieder der Mathematisch-naturwissenschaftlichen Klasse. SIEGMUND GÜNTHER (1848–1923; Akademiemitglied 1900), vier Jahre jünger als Ratzel, war ein äußerst tätiger Gelehrter am Schreibtisch und im öffentlichen Leben. Sein Werk bildet noch ein Beispiel der älteren Art, physische Geographie zu treiben. Die anderen vier sind moderne Geographen. Der fast zwanzig Jahre jüngere ERICH V. DRYGALSKI\* (1865–1949; Akademiemitglied 1909), ein Schüler von Richthofen, war einer der ersten, der mit strengen naturwissenschaftlichen Methoden



an die Erforschung des Gletschereises vor allem der Polargebiete ging und hier höchst wichtige Erkenntnisse gewann. KARL SAPPER (1866–1945; Akademiemitglied 1926), hat Grundlegendes zur Geographie der Tropen beigetragen und war zugleich ein bedeutender Vulkanologe. FRITZ MACHATSCHKE (1876–1957; Akademiemitglied 1938) war als Schüler von Penck in erster Linie, aber durchaus nicht ausschließlich Geomorphologe. Auf diesem Gebiet hat er, im wesentlichen auf den von den großen Amerikanern J. W. Powell, G. K. GILBERT (1843–1918; Akademiemitglied 1907) und W. M. Davis geschaffenen theoretischen Vorstellungen weiterbauend, die Kenntnis von den alten, flachen Abtragungsoberflächen in den Gebirgen, vor allem im Schweizer Jura, in den Alpen und im Tienschan außerordentlich gefördert. Der fünfzehn Jahre jüngere OTTO JESSEN (1891–1951; Akademiemitglied 1948), Schüler von Drygalski, ist als Forscher ebenfalls überwiegend Geomorphologe gewesen. Die theoretischen Fundamente der alten amerikanischen Rumpfflächen-Morphologie sind aber inzwischen problematisch geworden. Jessens Werk über Angola gehört zu den grundsätzlich wichtigen Arbeiten, die über die älteren Vorstellungen hinausführen.

Gegenüber der wirklichen Lebensfülle und dem Schaffensreichtum der Genannten bedeutet eine solche Einreihung nur einen Teilaspekt. Eine etwas mehr gerundete Kennzeichnung der wissenschaftlichen Persönlichkeiten läßt sich wohl nur in Einzelbildern geben, wie sie nunmehr folgen.

#### OSKAR PESCHEL

OSKAR PESCHEL (geb. am 17. 3. 1826 in Dresden, gest. am 31. 8. 1875 in Leipzig) kam nach kaufmännischer Lehre und anschließendem juristischem Studium in Heidelberg und Leipzig 1848 in die Redaktion der Augsburger „Allgemeinen Zeitung“. Als Herausgeber der Zeitschrift „Das Ausland“ (ab 1854), die er mit wissenschaftlichem Gehalt erfüllte, und durch bedeutende Veröffentlichungen zur Geschichte des Zeitalters der Entdeckungen (1858), zur Geschichte der Erdkunde bis auf Alexander v. Humboldt und Karl Ritter (1865), über neuere Probleme der vergleichenden Erdkunde als Versuch einer Morphologie der Erdoberfläche (1870) und anderes erwarb er sich hohes Ansehen. Seine Gedanken über die Aufgaben einer wissenschaftlichen Geographie haben deren Entwicklung wesentlich gefördert. 1871 wurde er auf das Ordinariat für Geographie an der Universität Leipzig berufen. Seit 1858 war er Mitglied der Historischen Klasse der Akademie.

Nachruf in Pet. Mitt. 1876 S. 76.

## FRIEDRICH RATZEL

FRIEDRICH RATZEL\* (geb. am 30. 8. 1844 in Karlsruhe, gest. am 9. 8. 1904 in Ammerland am Starnberger See) konnte als jüngster von drei Brüdern nicht die höhere Schule besuchen. Er ging in die Lehre und legte als 19jähriger die pharmazeutische Prüfung an der Technischen Hochschule in Karlsruhe ab. Danach erst setzte er Vorbereitung und Absolvierung der Maturitätsprüfung durch und begann dann als 22jähriger in Karlsruhe und Heidelberg ein Studium der Naturwissenschaften. Nach der Promotion 1868 in Heidelberg mit einer zoologischen Doktorarbeit setzte er die zoologischen Studien bei Charles Martins in Montpellier fort. Beim Versuch, sich aus einer finanziellen Notlage durch „Reisebriefe vom Mittelmeer“ an die Kölnische Zeitung zu befreien, wurde seine schriftstellerische Begabung erkannt. Er arbeitete danach lange Jahre als Reiseberichterstatte dieses Blattes. Das ermöglichte ihm, unterbrochen durch den Krieg von 1870/71, bis 1875 ausgedehnte Reisen in Süd- und Südosteuropa, in den Vereinigten Staaten von Amerika, Mexiko und Kuba zu machen. Während dieser Zeit vollzog sich, nachhaltig beeinflusst durch einen Münchener Studienaufenthalt bei KARL ZITTEL und MORITZ WAGNER, seine Hinwendung zur Geographie. Ende 1875 habilitierte er sich für Geographie an der Technischen Hochschule in München. Ende 1876 wurde er dort als Nachfolger des verstorbenen Hermann Guthe zum außerordentlichen Professor, Anfang 1880 zum ordentlichen Professor ernannt.

1885 wählte ihn die Bayerische Akademie der Wissenschaften zum außerordentlichen Mitglied der Historischen Klasse, aber schon 1886 wandelte sich seine Stellung zum korrespondierenden Mitgliede, weil er die Berufung auf den ordentlichen Lehrstuhl der Universität Leipzig annahm als Nachfolger Ferdinands v. Richthofen, der damals nach Berlin ging. In den Sitzungen der Akademie hat er nur einmal 1886 ausführlich zu einem völkerkundlichen Thema das Wort ergriffen. Aber seine Wirkung auf die Entwicklung der Geographie war groß und nachhaltig. In den ruhigen Jahren der Münchener Lehrtätigkeit reifte das zweibändige Werk über die Vereinigten Staaten von Nordamerika (1878/80) heran, in welchem er seine Reisebeobachtungen und die bestehende Literatur zu einem ebenso tiefblickenden wie umfassenden Bilde des Landes verarbeitete. Es ist eine der frühesten und zugleich besten geographischen Landeskunden im neueren Sinne überhaupt. Es enthält bereits manche der Ansätze, die in der 1882/91 erschienenen Anthropogeographie zu systematischem Ausbau gelangt sind.

Mit dem letztgenannten Werk hat Ratzel die Anthropogeographie neu begründet. Es hat nicht nur in Deutschland in Für und Wider sehr starke Anregungen gegeben, sondern auch in Frankreich und den Vereinigten Staaten von Amerika einen außerordentlichen Einfluß ausgeübt. Wenn der Umfang dessen, was heute unter Anthropogeographie verstanden wird, hinsichtlich des Menschen selbst enger, hinsichtlich der Wirkungen des Menschen auf den Boden weiter gezogen wird als bei Ratzel, so wird sein Verdienst als Initiator einer neuen fruchtbaren Blickrichtung davon nicht berührt. Der Reichtum seines Wissens und seiner Schau offenbarte sich weiter in der „Völkerkunde“ (1885–88) und der „Politischen Geographie“ (1897), mit denen er sein Gedankengebäude der Anthropogeographie abrundete. Aus der Fülle der über 1200 Nummern zählenden Veröffentlichungen heben sich weiterhin besonders hervor sein „Deutschland, Einführung in die Heimatkunde“ (1898), „Die Erde und das Leben“ (1901/02) und die Selbstdarstellung „Glücksinseln und Träume“ (postum 1905).

Ausführlicher Nachruf von Kurt Hassert: Friedrich Ratzel, sein Leben und Wirken. Geogr. Zeitschr. 1905 S. 305–325, 361–380.

#### EUGEN OBERHUMMER

EUGEN OBERHUMMER (geb. 29. März 1859 in München, gest. 4. 5. 1944 in Wien) hat in München einerseits Klassische Philologie und Archäologie bei W. v. CHRIST und KONRAD BURSIA, andererseits Geologie bei Gümbel und Geographie bei Ratzel studiert. Seine Dissertation 1882 über die Phönizier in Akarnanien galt der Alten Geschichte. Als Habilitationsschrift (1886) verfaßte er ein historisch-geographisches Werk über Akarnanien, Ambrakia, Amphilochien, Leukas im Altertum. Als Münchener Privatdozent wandte er sich mehr und mehr der Geographie zu, und zwar besonders der Pflege der Historischen Geographie und Anthropogeographie sowie der Geschichte der Erdkunde, der Entdeckungen und der Kartographie. Daneben arbeitete er auch weiter im Bereich der klassischen Altertumswissenschaft. Reisen in Griechenland, nach Cypern und durch große Teile des Vorderen Orients gaben ihm die gegenständliche Erfahrung, um mit Hilfe der klassischen Quellen ein wirklichkeitsnahes Bild der Länder im Altertum zu entwerfen. 1888 berichtete er in der Akademie über seine Studien in Cypern. 1892 wurde er zum außerordentlichen Professor für Geographie an der Universität München ernannt und 1898 zum außerordentlichen Mitglied der Akademie gewählt. In ihr trug er 1899 über



Aventins Karte von Bayern vor. 1903 wurde seine Historische Landeskunde von Cypern von der Akademie preisgekrönt.

Im gleichen Jahr folgte er einem Rufe nach Wien als Nachfolger von Wilhelm Tomaschek. In den siebenundzwanzig Jahren seiner Wiener Lehrtätigkeit hat er alle Gebiete der Anthropogeographie gepflegt. Reisen nach Südosteuropa, Kleinasien und nach Nordamerika dienten der Fundierung seiner Untersuchungen und der Erweiterung seines Gesichtskreises. Politisch-geographische Studien über die Türken und das Osmanische Reich (1917), eine Landeskunde von Griechenland (1931), die Herausgabe hervorragender alter Kartenwerke waren die vornehmsten Arbeiten seiner Wiener Zeit. Oberhummer war einer der nicht zahlreichen Geographen, der, wie JOSEPH PARTSCH und Wilhelm Tomaschek, in seinen Arbeiten nahe Beziehungen zur Geschichte und zur klassischen Altertumswissenschaft unterhielt.

Ausführlicher Nachruf von Hugo Hassinger: Eugen Oberhummer, *Pet. Mitt.* 1944 S. 202–203.

#### SIEGMUND GÜNTHER

SIEGMUND GÜNTHER (geb. 6. 2. 1848 in Nürnberg, gest. 3. 2. 1923 in München) war nach einem mathematisch-naturwissenschaftlichen Studium von 1872 bis 1886 teils als Gymnasiallehrer in Weißenburg und Ansbach, teils als Privatdozent in Erlangen und München tätig. 1886 bis 1919 war er als Nachfolger von Friedrich Ratzel ordentlicher Professor der Geographie an der Technischen Hochschule in München. Günther ist einerseits durch Lehrbücher der Geophysik und Physischen Geographie, der mathematischen Geographie und elementaren Astronomie hervorgetreten. In ihnen hat er den wohl letzten größeren Versuch unternommen, als einzelner die Gesamtheit der Erdwissenschaften zu umspannen.

Andererseits hat er bedeutende Werke zur Geschichte der Entdeckungen, zur Geschichte der Erdkunde und über große ältere Geographen, wie z. B. über Varenius geschrieben. Günther hat unerhört viele Veröffentlichungen verfaßt, nach G. Greim (*Geographische Zeitschrift* 1923 Seite 161–164) 2000 und mehr.

In den Sitzungen der Akademie hat er durch mehr als 20 Jahre fast bis zu seinem Tode eine rege Vortragstätigkeit entfaltet. Einmal waren es Gegenstände aus der Geschichte der Erdwissenschaften, die er hier vortrug, so über die Entwicklung des Winkelmessens mit dem Jakobstab, 1902, über die Vorgeschichte des barischen Windgesetzes, 1905, über einen portugiesischen Portulanatlas des Mittelalters, 1907, zur Vorgeschichte der modernen

Gewitterkunde, 1910, zur Forschung über Korallenbauten vor Darwin, 1910, über Johannes Werners *De Meteoroscopiis*, 1912, über die antike Apokatastasis, die Lehre von großen Zeitaltern, nach deren Ablauf gigantische Überflutungen eintreten sollten, 1916, über Jodocus, Ambrosius Ammann und seine Kartierung Oberschwabens um die Wende des 18. Jahrhunderts, 1921. In diesen Mitteilungen hat er viele interessante und wertvolle wissenschaftshistorische Sachverhalte erarbeitet.

Daneben hat Günther in einer uns heute merkwürdig berührenden Weise eine Vorliebe für irgendwie auffällig oder absonderlich anmutende Naturerscheinungen bekundet. Er hat in der Akademie über tönenden Sand, über singende Täler und singende Felsen, über Luftpuffe und Nebelrölpe, 1901, über Erdknalle, 1903, über Erdpyramiden und Büßerschnee, 1904, über Erdbrände, 1908, über Wackelsteine, 1909, über durchbohrte Berge und orographische Fenster, 1911, über einen merkwürdigen Fall von Lokalmagnetismus an der bayerisch-sächsischen Grenze, 1912, vorgetragen. Er hat auch Erörterungen über allgemeine Fragen angestellt, ohne jedoch allzu weittragende Folgerungen daran anzuknüpfen. Hydrologisch-topographische Grundbegriffe, 1902, das Pothenotsche Problem auf der Kugelfläche, ein Naturmodell der Dünenbildung, 1907, die Glazialhypothese des Mondes, 1913, optische Beweise für die Erdkrümmung haben ihn beschäftigt. Im ganzen ergibt sich das Bild eines überaus tätigen Mannes, der am Leben der Akademie regen Anteil genommen hat und der seine Stärke mehr im kritischen Referieren sah als im unmittelbaren Vorantreiben der Forschung. Groß war sein Einfluß auf den erdkundlichen Schulunterricht in Bayern. Er war auch Abgeordneter des Deutschen Reichstags und des Bayerischen Landtags.

Ausführliche Nachrufe von E. v. Drygalski und von Siegmund Günther. *Jahrb. d. Bayer. Akad. d. Wiss.* 1922/23 S. 79–83. G. Greim: Siegmund Günther. *Geogr. Zeitschr.* 1923 S. 161–164.

#### ERICH VON DRYGALSKI

ERICH VON DRYGALSKI\* (geb. am 9. 2. 1865 in Königsberg in Preußen, gest. 10. 1. 1949 in München) hat in Königsberg, Bonn, Leipzig und Berlin Mathematik und Naturwissenschaften studiert. 1891 und 1892/93 machte er Studien an der grönländischen Westküste, die u. a. zum ersten Male Kenntnis von der im Vergleich zu den alpinen Gletschern bis zu 100mal größeren Abflußgeschwindigkeit der großen grönländischen Gletscherungen gaben. Er habilitierte sich 1898 in Berlin bei Ferdinand v. Richthofen für Geographie und Geophysik und wurde dort 1899 außerordentlicher Pro-

fessor. 1901 bis 1903 leitete er die Deutsche Südpolarexpedition auf der „Gauß“, nach dem damals Kaiser Wilhelm II.-Land genannten Teil von Antarktika. Sehr reiche wissenschaftliche Erkenntnisse, vor allem über die Natur des Inlandeises und ein bei der Hin- und Rückfahrt gewonnenes bedeutendes ozeanographisches Beobachtungsmaterial waren die Früchte dieser Unternehmung, durch die er zum weltbekannten Manne geworden ist. 1906 wurde Drygalski auf den neugeschaffenen ordentlichen Lehrstuhl für Geographie an der Universität München berufen und bald darauf 1909 als außerordentliches, 1912 als ordentliches Mitglied in die Akademie gewählt.

An deren Geschick hat er durch 40 Jahre hindurch bis zu seinem Tode tiefen Anteil genommen. Nicht besonders oft hat er in den Sitzungen über seine Arbeiten das Wort ergriffen. Aber wenn es geschah, so hat er über bedeutende eigene oder fremde Leistungen berichtet. Bis 1921 standen die Eisverhältnisse der Antarktis im Vordergrund. 1910 sprach er über das Schelfeis der Antarktis am Gaußberg und brachte dabei Übersicht in die mannigfachen Formen des polaren Meereises. 1911 legte er eine Abhandlung über Spitzbergens Landformen und ihre Vereisung vor. 1919 folgte eine Untersuchung über die Antarktis und ihre Vereisung, in welcher Inlandeis, Schelfeis und Treibeis scharf unterschieden werden und Erörterungen über den Rückgang der antarktischen Vergletscherung angestellt wurden. Drygalski hat damals gegen die von Penck als Ursache der eiszeitlichen Zunahme der Vergletscherung angenommene allgemeine Temperaturenniedrigung polemisiert und hat die These einer allgemeinen Vermehrung der Niederschläge als Ursache der großen Steigerung der Vergletscherung verfochten. Seine Auffassung hat sich zwar als irrig erwiesen. Heute liegen Beweise dafür vor, daß die eiszeitliche Temperaturenniedrigung sogar noch wesentlich größer gewesen sein muß, als Penck damals annahm. Aber Drygalskis Gedanke hat die Auseinandersetzung über diese wichtige Frage gewaltig angeregt.

1921 legte Drygalski zum Abschluß dieser glaziologischen Arbeiten sein Werk über das Eis der Antarktis und der subantarktischen Meere vor. Von da an wandte sich sein Interesse besonders ozeanographischen Fragen zu. 1924 sprach er über Meeresströmungen und ihre Abgrenzung gegeneinander, ferner über den Kerguelen-Gaußberggrücken und seine Bedeutung für den tropisch-polaren Wasseraustausch. 1926 gab er wichtige Bemerkungen über die Tiefenströme der Ozeane und ihre Beziehungen zur Antarktis. 1928 hat er geophysikalische Betrachtungen über die Gleichgewichtslage der Erdkruste und ihre Bewegungen angestellt. Sie haben ihn zu einer positiven Bewertung der Anschauungen von Stille über Orogenese und Epirogenese,



dagegen zu kritischer Einstellung gegenüber der Annahme der Glazialisostasie geführt, anscheinend nicht ganz zu Recht. Denn inzwischen haben neue Forschungen, insbesondere die der Franzosen in Grönland, wohl weitere schwerwiegende Feststellungen zugunsten der Annahme der Glazialisostasie erbracht. 1932 konnte Drygalski das große Deutsche Südpolarwerk vorlegen. 1934 berichtete er auf Grund der Beobachtungen der Gauß-Expedition über den Zusammenhang des Polarlichts mit erdmagnetischen Störungen.

Seit 1931 hat er sich einem ganz anderen anthropogeographischen und länderkundlichen Interessenkreis zugewandt. Er behandelte die Gliederung des russischen Sowjetreiches und ihre Zusammenhänge mit der Landesnatur. 1944 folgte eine Abhandlung über Raum und Staat, 1947 die Staatsbildung des Arabischen Raumes und 1948 eine ziemlich ausführliche Landeskundliche Darstellung über das ostasiatische Gebirgsdreieck und das Chinesische Reich. Mit diesen Vorträgen suchte er das Verständnis für eine geographische Gesamtschau der Länder zu mehren.

Drygalski hat der Akademie auch mehrfach über fremde Arbeiten berichtet, so 1911 über die Persien-Expedition von O. v. Niedermayer und Dietz, 1928 über den Tienschan-Atlas von Merzbacher, 1934 über die Iranforschungen von A. Gabriel und O. v. Niedermayer, 1938 über die Abessinienreise von R. Schottenloher.

Aus den Akten nur unvollkommen zu entnehmen ist der Einfluß, den E. v. Drygalski in der Akademie ebenso wie an den anderen Wirkungsstätten seines Lebens, vor allem auch als akademischer Lehrer durch seine Persönlichkeit ausgeübt hat. In der schweren Zeit nach dem völligen Zusammenbruch des Staates war er 1946–1949 als Sekretär der Math.-naturw. Klasse tätig. Nicht einmal alle damaligen Mitglieder werden volle Kenntnis darüber haben, was er in dieser Zeit Gutes gewirkt hat. Aber das Andenken an ihn als an einen besonders verehrungswürdigen Mann und Gelehrten ist allgemein geblieben.

Ausführliche Nachrufe von O. Jessen und von Erich von Drygalski. *Jahrb. d. Bayer. Akad. d. Wiss.* 1949 S. 133–136. W. Meinardus: Erich von Drygalski. *Pet. Mitt.* 1949 S. 177–180.

#### KARL SAPPER

KARL SAPPER (geb. am 6. 2. 1866 in Wittislingen nördlich von Dillingen a. d. Donau, gest. am 29. 3. 1945 in Garmisch-Partenkirchen) kam von einem geologischen Studium bei K. Zittel in München zur Geographie.

Er lernte sie praktisch betreiben, als sein älterer Bruder ihn als Zweiundzwanzigjährigen zur Übersiedlung nach Guatemala und zur Rodung und Verwaltung einer Kaffeepflanzung veranlaßte. An diese Tätigkeit konnte er bis 1900 Forschungsreisen durch das gesamte Mittelamerika anschließen, die sehr bedeutende wissenschaftliche Ergebnisse erbrachten.

Nach seiner Rückkehr nach Deutschland habilitierte er sich 1900 bei Friedrich Ratzel in Leipzig und ging 1902 als außerordentlicher Professor für Geographie nach Tübingen, 1910 als Ordinarius nach Straßburg. Nach dem Verlust dieses Lehrstuhls am Ende des ersten Weltkrieges wurde er 1919 nach Würzburg berufen, wo er bis zu seiner Emeritierung im Jahre 1932 wirkte. 1926 wurde er zum korrespondierenden, 1940 zum ordentlichen Mitglied der Akademie gewählt.

Sapper hat auf verschiedenen Gebieten grundlegende und überlegen zusammenfassende Werke veröffentlicht. Seine älteren Hauptarbeiten bilden Fundamente unserer Kenntnis von Mittelamerika, so die „Grundzüge der physikalischen Geographie von Guatemala“ (1894), „Über Gebirgsbau und Boden des nördlichen Mittelamerika“ (1899), „Über Gebirgsbau und Boden des südlichen Mittelamerika“ (1905), „Die mittelamerikanischen Vulkane“ (1913). Daran schließt sich ein zusammenfassendes Werk zur Geomorphologie „Geologischer Bau und Landschaftsbild“ (1917), das besonders durch den ersten Umriß einer „Geomorphologie der feuchten Tropen“ bemerkenswert ist. 1935 hat er den letztgenannten Gegenstand ausführlicher herausgearbeitet.

An die Kenntnis der mittelamerikanischen Vulkane knüpft nach weit ausholender Erweiterung seiner eigenen unmittelbaren Anschauungen und nach einer bedeutenden Vorveröffentlichung, einem „Katalog der geschichtlichen Vulkanausbrüche“ (1917), seine Vulkankunde von 1927.

Die großen auch anthropogeographischen und wirtschaftlichen Erfahrungen über „Die Tropen“ wurden von ihm 1923 in eindringlichen Schilderungen und Analysen über die Erscheinungen und Probleme der Tropenwelt niedergelegt. Gerade sie geben seiner „Allgemeinen Wirtschafts- und Verkehrsgeographie“ von 1925 ihren besonderen Wert.

Sapper ist ein großer Kenner und Deuter der Tropen gewesen, namentlich der mittelamerikanischen Tropen, und zwar sowohl vom physisch-geographischen wie vom anthropogeographischen Standpunkt aus. Darüber hinaus war er ein Vulkanologe von hohem Ansehen und zugleich ein erfahrener Wirtschaftsgeograph. Aber daneben hat er noch eine Fülle von Beiträgen und Anregungen auf dem Gebiet der Ethnographie Mittelamerikas und der Amerikanistik gegeben.

Ausführlicher Nachruf von Franz Termer: Karl Sapper. *Pet. Mitt.* 1948 S. 193–195.

## FRITZ MACHATSCHKEK

FRITZ MACHATSCHKEK (geb. 22. 9. 1876 in Wischau in Mähren, gest. 25. 9. 1957 in München), studierte in Wien, Berlin und Zürich Geographie und Geologie. Er habilitierte sich 1906 in Wien, wurde 1915 ordentlicher Professor an der Deutschen Universität in Prag, ging 1924 in gleicher Eigenschaft an die Eidgenössische Technische Hochschule in Zürich, 1928 nach Wien und 1935 nach München als Nachfolger von E. v. Drygalski.

Machatschek hat ebenso bedeutende wie vielseitige wissenschaftliche Leistungen hervorgebracht. Unter seinen Felduntersuchungen sind vor allem die geomorphologischen Forschungen über den Schweizer Jura, mannigfache Teile der Alpen, insbesondere die Salzburger Kalkalpen, über die Südabdachung des Erzgebirges und über den Tienschan als grundlegende und wegweisende Arbeiten zu nennen.

Von diesen Spezialarbeiten ausgehend hat er unter kritischer Verarbeitung einer ungeheuren Literatur Gesamtdarstellungen der Gletscherkunde und der Geomorphologie, jede von ihnen in verschiedenen Fassungen und mehreren Auflagen, geschaffen, die Generationen von Studierenden und Kollegen als bewährte Wegweiser gedient haben. Darüber hinaus hat er mit dem Riesenwerk „Das Relief der Erde“ eine kritische Gesamtübersicht über die geomorphologischen Spezialforschungen auf der ganzen Erde gegeben, die seinen Namen weltbekannt gemacht hat und die allerorten zum unentbehrlichen Hilfsmittel der geomorphologischen Arbeit geworden ist.

Aber diese Leistungen, die von zahlreichen kleineren Arbeiten ergänzt werden, umfassen nur die eine Hälfte seines Lebenswerkes. Die andere bestand und besteht in Machatscheks großen geographischen Länderkunden. Aus seiner Feder stammen Darstellungen der Alpen, Mitteleuropas, der Sudeten- und Karpatenländer, von Russisch-Turkestan, von Nordamerika und von Ostasien und Innerasien, die Standardwerke geworden sind und deren älteste auch nach vierzig bis fünfzig Jahren ihre Bedeutung noch nicht verloren haben.

Bald nach seiner Berufung nach München ist Machatschek in die Akademie gewählt worden (1938). In den Sitzungen hat er mehrfach über wichtige Forschungsarbeiten jüngerer Geographen berichtet, so über R. Schottenloher, A. Graul, H. Wieseneder, A. Reissinger. 1942 konnte er die gemeinsam mit E. v. Drygalski verfaßte Gletscherkunde vorlegen.

Die allgemeine Wertschätzung, deren er sich in der Akademie erfreute, kam in seiner 1946 in schwerster Zeit erfolgten Wahl zum Sekretär der



Math.-nat. Klasse zum Ausdruck. Bald danach traf ihn eine unverdiente schwere Maßregelung seitens der Amerikanischen Militärregierung. Aus Kummer hierüber und in dem Gedanken, der Akademie Schwierigkeiten ersparen zu wollen, hat er sich damals von ihr zurückgezogen, ein Schritt, der diesem Gelehrten von Weltruf bitter genug gewesen sein mag.

Ausführlicher Nachruf von Ingo Schaefer: Fritz Machatscheck. (Mitt. Geogr. Ges. München 1957 S. 202–232.

#### OTTO JESSEN

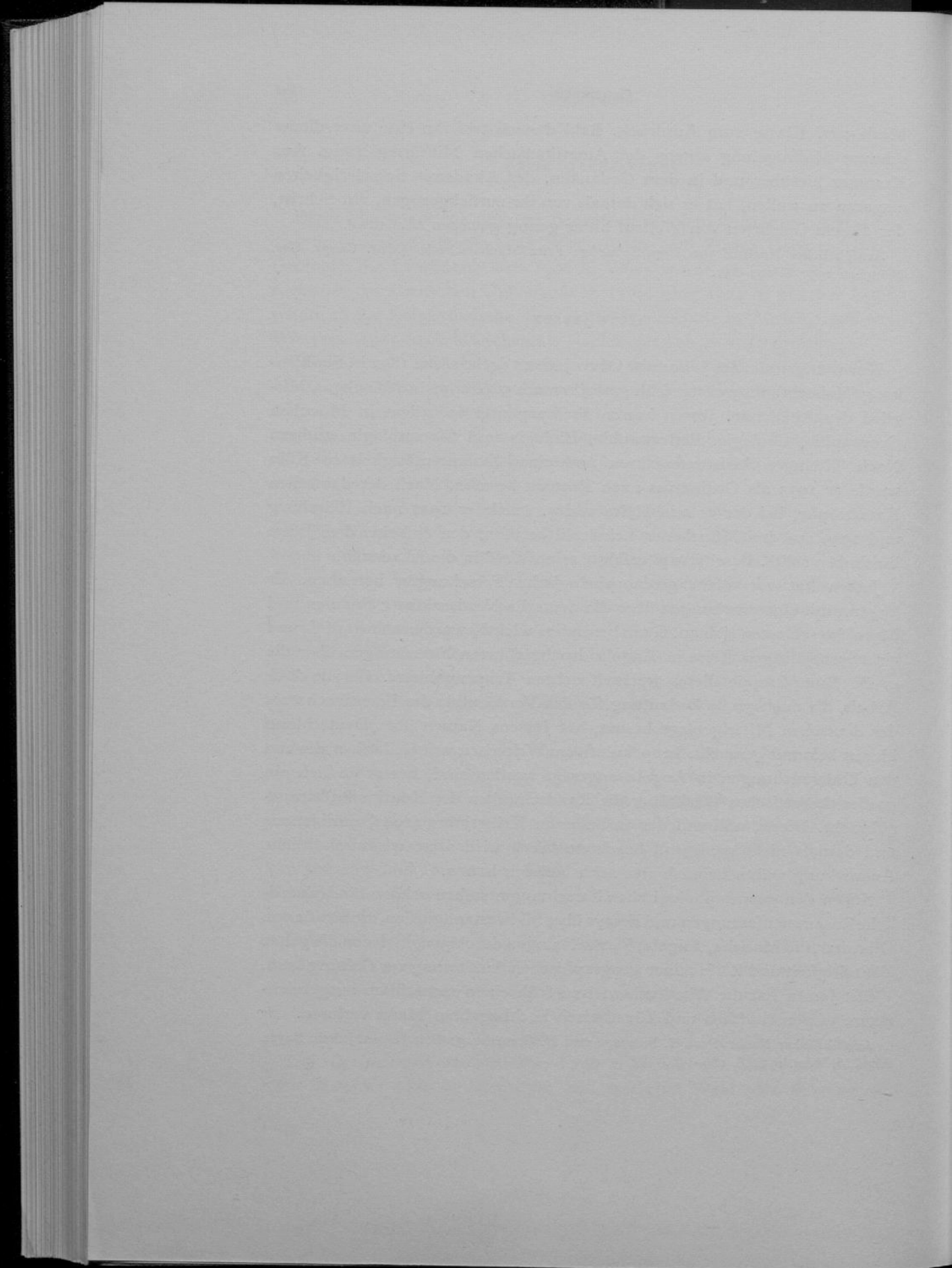
Nur weniger als vier Jahre war OTTO JESSEN (geb. 18. 2. 1891 in Sophienkoog (Holstein), unerwartet früh gestorben am 9. 6. 1951 in München), Mitglied der Akademie. Jessen hat in Freiburg und vor allem in München Geographie, Geologie, Petrographie, Biologie und Meteorologie studiert. Nach Tübinger Assistentenjahren und einer Dozententätigkeit in Köln wurde er 1933 als Ordinarius nach Rostock berufen. Nach der deutschen Katastrophe, bei der er sein Heim verlor, wurde er 1947 nach Würzburg und 1949 auf den Münchener Lehrstuhl berufen, den er keine drei Jahre innehaben sollte. Bereits 1948 erfolgte seine Wahl in die Akademie.

Jessen hat vor allem geomorphologische Forschungen betrieben. Er begann mit Untersuchungen über die deutsche Nordseeküste; Spanien und Marokko schlossen sich an. Ganz besonders wichtig wurden seine auf Grund einer ganzjährigen Reise in Angola durchgeführten Forschungen über die große Rumpftreppe dieses wechselfeuchten Tropengebietes. Gerade diese Arbeit, die auch große Bedeutung für das Verständnis des Formenschatzes der deutschen Mittelgebirge besitzt, hat Jessens Namen über Deutschland hinaus bekannt gemacht. In spekulativem Weiterbau von Gedanken, die von den Untersuchungen in Angola angeregt worden sind, hat er endlich ein großes theoretisches Werk über die Randschwellen der Kontinente herausgebracht. Dieses während der turbulenten Kriegsjahre (1943) erschienene und damals nicht genügend beachtete Werk wird seine wissenschaftliche Auswirkung wahrscheinlich erst noch vor sich haben.

Neben den geomorphologischen Forschungen stehen schöne länderkundliche Zusammenfassungen und Essays über Südwestandalusien, die Straße von Gibraltar, die Mancha, Angola, Fernwirkungen der Alpen, in denen die ganze Vielseitigkeit und Reife seiner geographischen Auffassung zur Geltung kam.

Mit Jessen hat die Akademie viel zu früh einen menschlich ausgezeichneten, wissenschaftlich und künstlerisch hochbegabten Mann verloren.

Ausführlicher Nachruf von S. Passarge und N. Creutzburg: Otto Jessen. Jahrb. Bayer. Akad. d. Wiss. 1951 S. 189–196.



## PERSONENVERZEICHNIS

*Aufgeführt sind nur die in diesem Band erwähnten Akademie-Mitglieder. Für deren Lebensdaten wird, soweit diese nicht im Text angegeben sind, auf das später erscheinende Mitglieder-Gesamt-Verzeichnis verwiesen. Die Sterne verweisen auf die Tafeln des Bildbandes, denen ein alphabetisches Bildverzeichnis vorangestellt ist. Hauptstellen sind durch kursive Ziffern hervorgehoben.*

- Abbe, Ernst 18, 81, 82  
 Airy, George Bidell 71  
 Arajo, Dominique François 71
- Baeyer, Adolf von\* 153, 156ff., 170, 173, 174, 175, 176, 178, 180, 182, 189, 190, 191, 192, 193, 194, 206  
 Baeyer, Johann Jakob 57  
 Baldus, Richard 5, 17, 36, 37  
 Bauer, Gustav 4, 18, 19, 26, 38  
 Bauernfeind, Carl Maximilian von\* 57, 58, 60  
 Bauschinger, Julius 49, 50, 51  
 Becke, Friedrich Johann Karl 277  
 Beneden, Pierre Joseph van 253  
 Bernard, Claude 222, 232  
 Berzelius, Johann Jakob Frhr. von 133, 135, 152  
 Bessel, Friedrich Wilhelm 17, 26, 46, 47, 48, 51  
 Berold, Wilhelm von 122, 130  
 Biot, Jean Baptist 70  
 Bischoff, Ludwig Wilhelm Theodor von\* 220, 221, 228, 229, 230, 232  
 Blumenbach, Johann Friedrich 232  
 Bode, Johann 47  
 Bohr, Niels 72, 99, 105, 107  
 Boltzmann, Ludwig\* 43, 88ff., 102, 103, 104, 108  
 Borst, Max\* 234f.  
 Boveri, Theodor\* 250, 253  
 Brander, Georg Friedrich\* 54  
 Bredig, Georg 183  
 Brewster, Sir David 97  
 Brill, Alexander von 4, 17, 28, 29, 34, 40  
 Broemser, Philipp 225  
 Brögger, Waldemar Christofer 280  
 Broili, Ferdinand 272f.
- Brown, Robert 262  
 Brücke, Ernst von 221  
 Bunsen, Robert Wilhelm 98, 99, 158  
 Burkhardt, Heinrich 4, 17, 35, 36, 42  
 Burmester, Ludwig 4, 35  
 Bursian, Konrad 284
- Carathéodory, Constantin\* 5, 37, 38, 41  
 Carnot, Lazare Nicolas Marguerite Graf von 3  
 Cassini de Thury, César F. de 53, 54, 57, 59  
 Christ, Wilhelm von 233, 284  
 Ciamician, Giacomo 175  
 Clausius, Rudolph 84, 86, 87, 88, 93, 94, 278  
 Clebsch, Alfred 17, 25, 26, 28, 30, 31, 36  
 Crusius, Otto\* 3  
 Cuvier, George Baron de 270
- Daguerre, Louis Jacques Mandé 75  
 Darwin, Charles 251, 263, 264, 269, 270, 286  
 Davy, Sir Humphry 70, 74, 137  
 Debye, Peter 43, 104, 105  
 Diels, Otto 204  
 Dimroth, Otto 160, 172, 173, 174  
 Dirichlet-Lejeune, Gustav 17, 33, 39, 168  
 Döderlein, Ludwig\* 252, 253f.  
 Döllinger, Ignaz\* 227, 228  
 Donders, Franz Cornelis 222  
 Dove, Heinrich Wilhelm 130  
 Drygalski, Erich von\* 281, 282, 286ff., 290  
 Du Bois-Reymond, Emil Heinrich 222, 232, 265  
 Dumas, Jean Baptiste 145, 155, 243  
 Dyck, Walther von\* 3, 4, 17, 34, 40, 41



- Einstein, Albert 47, 104  
 Einthoven, Wilhelm 225  
 Ellinger, Anselm 129  
 Emden, Robert\* 43, 50, 113f., 130, 131  
 Encke, Johann Franz 17, 51  
 Epp, Franz Xaver 128  
 Erdl, Michael Pius 228  
 Escherich, Karl Leopold\* 254  
 Euler, Johann Albert 39  
 Exner, Sigmund 225
- Faber, Georg 41  
 Fajans, Kasimir 182, 183, 184  
 Faraday, Michael 71, 78  
 Fedorow, Eugraph von 280  
 Ficker, Heinrich von 132  
 Finsterwalder, Sebastian\* 4, 17, 34, 35, 36, 42, 60, 65ff., 120, 123, 124, 125  
 Fischer, Emil\* 158, 159, 160, 168, 169, 170, 173, 180, 190, 210  
 Fischer, Gottwalt 194  
 Fischer, Hans\* 168, 170, 210ff.  
 Fischer, Otto 159, 169  
 Flourens, Jean Pierre 219  
 Föppl, August\* 118, 120, 121, 122, 126  
 Föppl, Ludwig 122, 124  
 Frank, Otto\* 223, 224, 225  
 Fraunhofer, Joseph von\* 46, 47, 48, 55, 57, 70, 80ff., 97, 98, 99  
 Freudenberg, Karl Johann 190  
 Frey, Max von 225, 243  
 Friedel, Charles 197  
 Fuchs, Johann Nepomuk von\* 154  
 Fuchs, Lazarus 39
- Gauß, Karl Friedrich 3, 18, 19, 20, 25, 39, 46, 47, 48, 52, 56, 57, 78, 103  
 Gay-Lussac, Louis Joseph 71, 134, 152  
 Gegenbaur, Carl 251  
 Gehlen, Adolph Ferdinand\* 133  
 Gerlach, Walther 195  
 Gilbert, Grove Karl 282  
 Goebel, Karl von\* 256, 257, 259, 261, 264, 266ff.  
 Goethe, Johann Wolfgang von 3, 73, 74, 75, 76, 78, 90, 219, 257, 260, 267  
 Goldschmidt, Stefan 173  
 Gordan, Paul 4, 17, 27, 36  
 Graebe, Karl 158, 166  
 Grimm, Jacob 147  
 Groth, Paul von\* 120, 160, 277, 278, 279, 280
- Gruber, Max von\* 241, 242ff.  
 Gümbel, Carl Wilhelm von\* 273f., 284  
 Günther, Siegmund 281, 285f.
- Haber, Fritz 143, 181, 194  
 Haeckel, Ernst 251, 264, 269  
 Hahn, Otto 183  
 Harless, Emil von 219, 221  
 Harnack, Adolf von 182  
 Hartig, Robert 265f.  
 Hartmann, Nicolai 108  
 Haushofer, Karl 277  
 Heidenhain, Rudolf 222  
 Heinrich, Placidus 129  
 Heisenberg, Werner 105  
 Helmholtz, Hermann 83, 85, 87, 90, 116, 124, 168, 221  
 Hermite, Charles 32  
 Herschel, Friedrich Wilhelm 75, 76  
 Herschel, Sir John Frederic William 98  
 Hertwig, Oscar 251, 253  
 Hertwig, Richard von\* 250ff., 253  
 Hertz, Heinrich 79, 101, 103, 108  
 Hesse, Ludwig Otto\* 4, 17, 26, 27, 28, 30  
 Hieber, Walter 216  
 Hilbert, David 27, 28, 32, 37, 45, 100, 101  
 Hönigschmid, Otto\* 183, 184  
 Hoff, Karl Adolph von 270, 274  
 van t'Hoff, Jacobus Henricus 180  
 Hofmann, August Wilhelm von 141, 153, 158, 160, 162  
 Hofmann, Karl Andreas 160, 161, 170  
 Hofmeister, Wilhelm 267  
 Hopkins, Frederik 225  
 Humboldt, Alexander Frhr. von 62, 74, 134, 219, 258, 281  
 Humboldt, Wilhelm Frhr. von 74
- Imhof, Maximus\* 129
- Jacobi, Friedrich Heinrich von\* 3  
 Jessen, Otto 282, 291  
 Johannson, Johann Erik 225  
 Jolly, Philipp 83, 87, 96
- Kaiser, Erich 274, 277  
 Kastner, Karl Wilhelm Gottlieb 134  
 Kaufmann, Walther 125  
 Kayser, Emanuel\* 274  
 Kekulé, August 135, 149, 153, 156, 157, 158, 163, 166, 167, 169, 173, 196  
 King, Sir George 204

- Kirchhoff, Gustav Robert 98, 99, 108, 124  
 Kisskalt, Karl 240  
 Klein, Felix\* 4, 17, 20, 21, 24, 25, 26, 27,  
 28, 29, 33, 34, 36, 37, 39, 41, 102, 103,  
 107, 109  
 Klenze, Leo von\* 227  
 Knapp, Friedrich 151  
 Knoblauch, Oscar 112 f.  
 Kobell, Franz von\* 84, 258, 276  
 Koenigs, Wilhelm\* 169  
 Kohlrausch, Friedrich 114  
 Kolbe, Hermann 153  
 Kronecker, Leopold 39  
 Kühne, Wilhelm 222  
 Kuhn, Karl 130  
 Kuhn, Richard 136, 137, 139, 172, 179,  
 190, 199  
 Kummer, Ernst 39  
 Kundt, August 94  
 Kupffer, Carl von 230, 231
- Lagrange, Joseph Louis Comte de 3, 38  
 Lambert, Johann Heinrich\* 1, 2, 3, 6,  
 44, 127, 128  
 Lamont, Johann von\* 48, 49, 52, 57, 84,  
 130  
 Laplace, Pierre Simon Marquis de 3,  
 25, 46, 47, 50, 56  
 Laue, Max von 43, 70, 93, 105, 278, 280  
 Lieben, Adolf 242  
 Liebig, Justus Frhr. von\* 83, 84, 133 ff.,  
 154, 155, 156, 158, 159, 160, 161, 166,  
 169, 182, 183, 193, 194, 197, 198, 205,  
 209, 220, 221, 230  
 Liebmann, Heinrich 5, 33, 36, 37, 41,  
 122, 125  
 Linde, Carl von\* 109 ff.  
 Lindemann, Ferdinand\* 3, 4, 17, 31, 32,  
 44, 100, 119, 121, 125  
 Linprun, Dominicus von\* 1, 54, 57  
 Lorentz, Hendrik Antoon 43, 72, 99, 108  
 Lori, Johann Georg von\* 1, 54  
 Ludwig I., König von Bayern\* 85, 86,  
 154, 227  
 Ludwig, Carl 221, 222, 223, 243  
 Lüroth, Jakob 4, 17, 29, 30  
 Luitpold, Prinzregent von Bayern\* 108  
 Lyell, Sir Charles 270, 274  
 Lyssen, Feodor 194, 209
- Mach, Ernst 118  
 Machatschek, Fritz 282, 290 f.
- Manchot, Wilhelm 172, 216 f.  
 Martin, Rudolf\* 233  
 Martius, Karl Friedrich Philipp von\* 46,  
 53, 55, 256 ff., 261, 265, 267  
 Maximilian I. Joseph, König von Bay-  
 ern\* 54, 77, 227  
 Maximilian, Kronprinz von Bayern, sp.  
 König Maximilian II.\* 49, 82, 133,  
 136, 144, 147, 229  
 Mayer, Julius Robert 82 ff., 145  
 Meisenheimer, Jakob 172  
 Meyer, Franz 40, 42  
 Meyer, Kurt H. 174, 184, 194  
 Meyer, Oskar Emil 123  
 Millikan, Robert Andrews 72  
 Moissan, Henri 183, 216  
 Mollier, Siegfried\* 231  
 Monge, Gaspard Comte de Péluse 1, 3  
 Montgelas, Max Joseph Graf von\* 46, 227  
 Müller, Friedrich von\* 210, 236, 243  
 Müller, Johannes Petrus 219, 220  
 Mathmann, Wilhelm Peter 160, 216, 277
- Näbauer, Martin 59, 60, 61  
 Nägeli, Carl Wilhelm von\* 153, 243 f.,  
 256, 258, 260 ff., 266, 268, 269  
 Neumann, Carl 36  
 Neumann, Franz Ernst 17, 26, 36  
 Noether, Max\* 4, 17, 28, 29, 40  
 Nusselt, Wilhelm 113
- Oberhummer, Eugen 281, 284 f.  
 Oersted, Hans Kristian 71  
 Ohm, Georg Simon\* 82, 84, 85 ff.  
 Olbers, Wilhelm 2  
 Oppel, Karl Albert 270 f., 272  
 Orff, Carl von\* 58, 59, 60  
 Ossana, Johann 113  
 Osterwald, Peter von\* 54, 57
- Partsch, Joseph 285  
 Paschen, Friedrich 99  
 Paul, Theodor 170, 217 f.  
 Pauli, Wolfgang Josef 43  
 Penck, Albrecht 281, 282, 287  
 Perron, Oskar 19, 32, 38, 39  
 Peschel, Oskar 281, 282  
 Pettenkofer, Max von\* 133, 136, 144,  
 145, 154 ff., 220, 221, 223, 230, 239 ff.,  
 242, 243, 246, 265  
 Pfandler, Meinhard von 237 f.  
 Pfeffer, Wilhelm 266



- Planck, Max 19, 89, 90, 98, 106, 107, 108  
 Plemelj, Josef 39  
 Plücker, Julius 28, 99  
 Poggendorff, Johann Christian 83  
 Poincaré, Henri 25, 39, 102  
 Prandtl, Ludwig 42, 123, 124  
 Pringsheim, Alfred\* 4, 32, 33, 36, 41, 44  
 Prym, Friedrich 4, 30, 31, 93  
 Pummerer, Rudolf 174, 182, 194
- Quenstedt, Friedrich August 270, 272
- Radlkofer, Ludwig\* 256, 258 ff.  
 Ranke, Johannes 232, 233  
 Ratzel, Friedrich\* 281, 283 f., 285, 289  
 Raumer, Karl von 72  
 Rayleigh, Lord John William Strutt 72  
 Regnault, Victor Henri 71  
 Reichenbach, Georg von\* 46, 55, 57, 80  
 Richelot, Friedrich 26  
 Richthofen, Ferdinand Frhr. von 281, 283, 286  
 Riedl, Adrian von\* 54, 57  
 Riemann, Bernhard 13, 16, 17, 22, 25, 30, 31, 36, 39  
 Ringseis Johann Nepomuk von\* 84  
 Ritter, Johann Wilhelm 72 ff.  
 Robinson, Sir Robert 181, 200, 201  
 Röntgen, Wilhelm Conrad\* 91 ff., 104, 108, 115, 190  
 Rosenbusch, Harry 280  
 Rost, Georg 5, 31, 52  
 Rothpletz, August 272, 273, 274  
 Rubner, Max 222, 225, 243  
 Rückert, Johannes 230  
 Rüdinger, Nikolaus 229, 230  
 Rumford, Benjamin Thompson, Graf v. 227  
 Rutherford, Lord Ernest 72, 183
- Sachs, Julius von 257  
 Sandberger, Fridolin 274  
 Sapper, Karl 282, 288 f.  
 Saussure, Nicolas Théodore de 137  
 Savigny, Friedrich Karl von\* 73  
 Schelling, Friedrich Wilhelm Joseph von\* 3, 73, 75, 152  
 Scherer, Johann Joseph 154  
 Schiegg, Ulrich 55 f., 57  
 Schlagintweit, Emil 63, 64  
 Schlagintweit-Sakünlinski, Hermann von\* 62 ff.
- Schlegel, August Wilhelm von 73  
 Schleiden, Mathias 257, 258, 261, 264  
 Schlenk, Wilhelm 171, 174, 198  
 Schmauß, August\* 131  
 Schmidt, Max 59, 60  
 Schönbein, Christian Friedrich 87, 133  
 Schoenberg, Erich 52  
 Schönflies, Arthur 38, 43  
 Schöpf, Clemens 194, 200  
 Schrödinger, Erwin 106  
 Schubert, Gotthilf Heinrich von\* 232  
 Schultze, Max 251  
 Schwann, Theodor 222  
 Schwartz, Eduard\* 3  
 Schwarz, Hermann Amandus 36, 39  
 Schweigger, Johann Salomon Christoph 78  
 Schwendener, Simon 261  
 Seebeck, Thomas Johann 76  
 Seeliger, Hugo von\* 49, 50, 51, 52, 118  
 Seidel, Philipp Ludwig von\* 3, 4, 17, 18, 19, 26, 29, 30, 31, 35, 43, 44, 51, 57  
 Seyffer, Karl Felix 55, 57  
 Siber, Thaddäus 85  
 Siebold, Carl Theodor Ernst von\* 219, 228, 248 ff., 251  
 Soemmerring, Samuel Thomas von\* 77 f., 227  
 Sohncke, Leonhard\* 130, 277, 278  
 Soldner, Johann Georg von\* 46, 47, 48, 55, 56, 57  
 Sommerfeld, Arnold\* 42, 70, 79, 88, 91, 93, 100 ff., 122, 124, 190, 224, 280  
 Spemann, Hans 231  
 Stahl, Christian Ernst 264  
 Stahl, Conrad Dietrich Martin 85  
 Staudt, Karl von\* 4, 19, 20, 29, 30, 37  
 Steinheil, Adolf 50  
 Steinheil, Karl August\* 18, 48, 50, 57, 78, 82, 86  
 Stigler, Johann Georg 1  
 Stokes, Sir George Gabriel 18, 72  
 Stromer von Reichenbach, Ernst Frhr. 272, 273  
 Struve, Wilhelm von 47  
 Study, Eduard 42
- Thiele, Johannes 160, 164, 165, 171, 172, 173, 176, 192, 196, 216  
 Thiersch, Friedrich von\* 3, 147  
 Thomson, Sir Joseph John 72, 99



- Thomson, William (Lord Kelvin) 72, 79, 101, 102  
Thunberg, Torsten Ludvig 207, 208, 225  
Tietze, Heinrich 38, 41  
Tigerstedt, Robert 225  
Trendelenburg, Wilhelm 225  
Tyndall, John 72  
  
Utzschneider, Joseph von\* 46, 48, 52, 55, 57, 80, 81, 82  
  
Vierordt, Karl von 222  
Virchow, Rudolf 234  
Vogel, Heinrich August von\* 133  
Vogt, Walther 231  
Voigt, Waldemar 102, 103, 120  
Voit, Carl von\* 220, 221, 222, 232, 241, 242, 243, 245  
Voit, Erwin 222, 223, 243  
Volhard, Jakob 153, 160, 161, 171  
Volta, Conte Alessandro di 71, 77  
Voß, Aurel\* 4, 30, 35, 41, 119  
  
Wagner, Moritz 283  
Walther, Philipp Franz von\* 219  
Weber, Heinrich 104  
Weber, Wilhelm Eduard 78  
  
Weierstraß, Carl 6, 9, 13, 15, 16, 17, 18, 32, 34, 35, 38, 39, 101  
Westenrieder, Lorenz von\* 127  
Wettstein Ritter von Westersheim, Fritz 266, 269  
Weyl, Hermann 37  
Wheatstone, Sir Charles 71, 79, 98  
Wiechert, Emil 101  
Wieland, Heinrich\* 160, 168, 170, 172, 173, 174, 184, 190, 192ff. 211, 216  
Wien, Wilhelm\* 43, 98, 100, 105, 114ff.  
Wilkins, Alexander 52  
Will, Heinrich 153  
Willstätter, Richard\* 160, 165, 168, 173, 174ff., 193, 194, 210, 211, 266  
Windaus, Adolf 202, 203  
Wöhler, Friedrich 133, 134, 135, 146, 151, 198, 221  
Wollaston, William Hyde 80, 97, 276  
Wüllner, Adolph 104  
  
Zantedeschi, Francesco 71  
Zeeman, Pieter 72, 99  
Zenneck, Jonathan\* 42, 79, 105  
Zirkel, Ferdinand 280  
Zittel, Karl Alfred von\* 270, 271f., 273, 283, 288