

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

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); Spektre 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 hiernach (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 violette 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 lebensfähig 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 Farbenzerstreungsvermögen 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 eingeschendet, 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 treuehorsaamste 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 μ in einer Höschicht 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 ε 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 $n = \varepsilon$ statt $n^2 = \varepsilon$ 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 reifste 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 „Lampenlichts“ sieht er im Kontinuum zwei feine helle Linien, genau da, wo im Sonnenlicht die beiden schwarzen Linien D₁ und D₂ liegen.

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

⁷ 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 Vorlesungsthema 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 Hefte 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 Stribeck 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 γ -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 theoretischen

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 irrige 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° 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°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°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 Wegeweisenden 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-Denkmünze 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

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 erschienenes 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 Veters 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 jahrlang 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