

*Mit freyl. Gröphen!*  
*J. J.*

### Sommerfelds Lebenswerk.

Nachruf, gehalten am 15. Juni 1951 vor der Physikalischen Gesellschaft zu Berlin.

Von M. v. LAUE, Berlin-Dahlem.

Am 26. April 1951 ist ARNOLD SOMMERFELD an den Folgen eines Verkehrsunfalls gestorben. Wir stehen am Grabe eines der Großen unserer Wissenschaft und fragen uns rückblickend nach dem Gesamtergebnis seines Wirkens. Mir ist die Aufgabe zugefallen, und ich habe sie gern übernommen, sein Lebenswerk Ihnen kurz vor Augen zu führen. Es ist uns wohl klar, daß ich dabei unmöglich die ganze Fülle der Fortschritte vor Ihnen ausbreiten kann, welche die Physik SOMMERFELD verdankt; dies erforderte ein Buch. Aber, was mir bei SOMMERFELD das Wesentlichste zu sein scheint, darüber möchte ich hier das Wort an Sie richten.

ARNOLD SOMMERFELD wurde am 5. Dezember 1868 zu Königsberg in Preußen geboren. Sein Vater, FRANZ SOMMERFELD, war von Beruf Arzt, daneben Sammler von allerlei Naturalien und ein großer Freund der Naturwissenschaften. ARNOLD SOMMERFELD besuchte das altstädtische Gymnasium seiner Vaterstadt, auf dem zu etwa gleicher Zeit auch HERMANN MINKOWSKI, MAX und WILLY WIEN erzogen wurden. 1886, also mit knapp 18 Jahren, ging er mit dem Zeugnis der Reife an die Universität Königsberg und entschied sich nach einigen Schwanken für Mathematik, die damals in der Tat dort vortrefflich durch F. LINDEMANN,

A. HURWITZ und DAVID HILBERT vertreten war. Daß er daneben auch Nationalökonomie und Philosophie hörte, hat seine Entwicklung wohl wenig beeinflußt. Königsberg war eine der wenigen Universitäten, welche damals ein Ordinariat und ein eigenes Institut für theoretische Physik besaßen. Deren Inhaber, P. VOLKMANN, der Nachfolger von FRANZ NEUMANN, scheint freilich keinen großen Einfluß auf den jungen SOMMERFELD ausgeübt zu haben, vermochte sich wohl auch nicht dem großen Umschwung zur MAXWELLSchen Theorie anzupassen, welche die HERTZschen Versuche gerade in SOMMERFELDS Studienzeit der Physik brachten. Hingegen schwebte diesem als Vorbild der 7 Jahre ältere EMIL WIECHERT vor, ein tiefer, etwas einsamer Denker, mit dem SOMMERFELD bald eine Freundschaft fürs Leben schloß. Gemeinsam konstruierten beide einen harmonischen Analysator, den zwar bald bessere Maschinen dieser Art verdrängten, der aber doch durch eine seltsame Verknüpfung der Dinge zu SOMMERFELDS erster großer Arbeit führte.

Dieser Analysator sollte nämlich zur Auswertung von Erdthermometerbeobachtungen dienen, welche von einer Station im botanischen Garten stammten. Dazu bedurfte es einer mathematischen Theorie für die Wärmeleitung im Erdboden, die dadurch erschwert war, daß sich die Station am Fuße einer kleinen Erhebung befand. Man mußte die Wärmeleitungsgleichung für einen Raum integrieren, der durch zwei sich schneidende Ebenen begrenzt ist. SOMMERFELD suchte deshalb nach Lösungen jener Differentialgleichung für eine mehrblättrige RIEMANNsche Ebene. Verfehlte er auch wegen Nichterfüllung einer Randbedingung das richtige Ergebnis, so tauchte doch hier zuerst jener glänzende Gedanke auf, der später seine Behandlung der Beugung an der Kante ermöglichte.

1891 schrieb SOMMERFELD in wenigen Wochen seine Dissertation „Die willkürlichen Funktionen in der mathematischen Physik“ nieder und promovierte mit ihr. 1892 legte er dann die Prüfung für das Lehramt ab und genügte anschließend seiner Militärpflicht. Aber schon vorher tat er den ersten tastenden Schritt in die hohe Theorie der Physik. Anschließend an Lord KELVIN versuchte er eine mechanische Theorie der elektromagnetischen Erscheinungen. Doch wurde ihm bald klar, daß dabei nicht viel herauskomme.

Im Oktober 1893 geschah etwas für alles Weitere Entscheidendes: SOMMERFELD ging nach Göttingen, damals wie auch später einer Hochburg der Mathematik. Auf Grund persönlicher Beziehungen wurde er Assistent von THEODOR LIEBISCH am Mineralogischen Institut. Die pflichtgemäße Beschäftigung mit Kristallographie trug 1912 Früchte, indem SOMMERFELD bei den ersten Experimenten über die Röntgenstrahlinterferenzen an Kristallen W. FRIEDRICH, P. KNIPPING und mir wertvolle Ratschläge geben konnte. Aber sein eigentliches Interesse blieb bei der Mathematik und der mathematischen Physik, und ihm konnte er sich mit voller Kraft hingeben, als er ein Jahr später Assistent bei FELIX KLEIN wurde. Hier formte sich nun SOMMERFELDS Persönlichkeit unter dem, wie er selbst sagte, überwältigenden Eindruck eines wissenschaftlichen Erziehers im besten Sinne des Wortes. KLEIN wies SOMMERFELD zielbewußt auf die mathematische Physik hin und fesselte ihn an die ihm eigene Auffassung mathematischer, mathematisch-physikalischer, insbesondere mechanischer Probleme. Diese genaue

Kenntnis der mathematischen Methoden der Mechanik hat noch nach Jahrzehnten SOMMERFELDS quantentheoretische Arbeiten sichtlich beeinflußt, wie sich denn überhaupt an seinem Falle die Regel bestätigt, daß die Leistungen des Mannes auf den Eindrücken beruhen, die der Jüngling empfing. Hier erwarb sich SOMMERFELD ferner seine Meisterschaft im Umgang mit KUGEL- und BESSELSchen Funktionen, für welche letztere er bald darauf eine berühmte Integraldarstellung gab, die übrigens nur eins der vielen Beispiele für seine fast sportliche Virtuosität in der Auswertung bestimmter Integrale in der komplexen Ebene bildete. Hier wurde er energisch auf die wissenschaftliche Literatur in englischer Sprache hingewiesen, welche vor jener Zeit sonst bei uns nicht immer die gebührende Beachtung fand. Ein bleibendes Zeugnis der Zusammenarbeit von KLEIN und SOMMERFELD bildet das große Werk über den Kreisel, das in jenen Jahren begonnen, allerdings erst 1910 vollendet wurde. Ebenso zeugt davon SOMMERFELDS Mitarbeit an der Enzyklopädie der mathematischen Wissenschaften, deren Organisator FELIX KLEIN war. Aber vielleicht als das Allerwichtigste ging von dem großen Lehrer KLEIN die Vortragskunst auf SOMMERFELD über, die Kunst der Darstellung überhaupt, und von dem großen Organisator KLEIN die Kunst der Menschenkenntnis und der Menschenbehandlung, wobei beides wohl nicht in solchem Maße gelungen wäre, hätte der Jüngere nicht schon erhebliche Anlagen dazu mitgebracht.

Im merkwürdigen Gegensatz hierzu hat SOMMERFELD keinen wissenschaftlichen Kontakt gehabt mit dem genialen Thermodynamiker und Chemiker W. NERNST, der in denselben Jahren in Göttingen wirkte.

Aber SOMMERFELD war in jener Assistentenzeit keineswegs nur ein Empfangender. Vielmehr stammt aus ihr eine hochbedeutende eigene Leistung, die Behandlung der Lichtbeugung an der Kante, die erste mathematische strenge Behandlung eines Beugungsproblems überhaupt. Hier übertrug SOMMERFELD den schon erwähnten Gedanken, Lösungen der zuständigen Differentialgleichung in mehrblättrigen RIEMANNschen Ebenen aufzustellen, auf die Schwingungsgleichung und überwand damit mit einem Schlage alle mathematischen Schwierigkeiten, die früher berühmte Vorgänger, z. B. GUSTAV KIRCHHOFF, zur Beschränkung auf Näherungen gezwungen hatten. Viele Untersuchungen anderer haben sich daran angeschlossen; man hat auch für andere Beugungsprobleme strenge Lösungen gefunden, aber keine, deren grundlegende Idee so sehr an das Ei des Columbus erinnert wie die genannte. Denselben Kunstgriff verwandte SOMMERFELD übrigens bald darauf auch für die Beugung kurzer elektromagnetischer Impulse, weil man sich damals mit STOKES und WIECHERT die Röntgenstrahlen aus solchen zusammengesetzt dachte.

Mit dieser Arbeit, für die sich außer KLEIN auch WOLDEMAR VOIGT lebhaft interessierte, der die theoretische Physik in Göttingen lehrte, habilitierte sich SOMMERFELD 1895 für Mathematik. Er stürzte sich mit Begeisterung in die Lehrtätigkeit. Wahrscheinlichkeitsrechnung, projektive Geometrie, Flächentheorie, Variationsrechnung, das waren seine Themen während der 5 Dozenten-Semester. Aus dieser Zeit stammt die 1898 erschienene Arbeit über die HERTZschen Weilen an Drähten. Diese hatten in den HERTZschen Experi-

menten eine Rolle gespielt, und es lagen mehrere Näherungsmethoden für ihre theoretische Behandlung vor. SOMMERFELD vermochte das Problem streng zu lösen mit Hilfe der BESSELSchen Funktionen, die damit zu besonderen physikalischen Ehren kamen. Allerdings bestätigten seine Ergebnisse wie bei der Lichtbeugung nur, daß die älteren Näherungsmethoden physikalisch ausreichende Ergebnisse erzielt hatten. Aber eine strenge Lösung gewährt nun einmal weit größere innere Befriedigung als eine genährte.

1897 folgte SOMMERFELD einem Rufe als Ordinarius der Mathematik an die Bergakademie Clausthal, wo er vor allem Elementarmathematik zu lehren hatte. 1900 wurde er sodann für technische Mechanik an die Technische Hochschule Aachen berufen.

Dies bedeutet einen großen Wechsel in seiner Tätigkeit; er mußte sich in Forschung und Lehre vorwiegend mit technischen Problemen beschäftigen. Er erreichte dabei in kurzer Zeit die Anerkennung der Praktiker, die ihm anfangs als einem „Mathematiker“ mit einigem Mißtrauen begegnet waren. Das wichtigste Ergebnis dieser Umstellung war die „Hydrodynamische Theorie der Schmiermittelreibung“, die, wie SOMMERFELD selbst es in einer kurzen Autobiographie ausdrückt: „in einem der exakten Behandlung anscheinend unzugänglichen Gebiete der Macht des mathematisch-physikalischen Gedankens zum Siege verhalf“. Die Arbeit gilt heute noch als grundlegend. Auch die Behandlung des Wechselstromwiderstandes von Spulen gehört, mindestens halb, in den Bereich der Technik.

Aber die Liebe zur reinen Wissenschaft ließ sich nun einmal nicht unterdrücken. In jenen Zeiten, in der sich die Relativitätstheorie allmählich vorbereitete, war die Dynamik des Elektrons eine wichtige Frage für Experiment und Theorie. Auf Grund der LORENTZschen Vorstellung vom ruhenden Äther und vom starren, kugelförmigen Elektron suchte SOMMERFELD, mittels der retardierten Potentiale dem Problem beizukommen. Für gleichförmige Geschwindigkeiten, kleiner als die des Lichtes, ergab sich dabei, wie vorher bei MAX ABRAHAM, die Gültigkeit des Trägheitsprinzips; nur war der Impuls nicht zur Geschwindigkeit proportional, sondern stieg mit dieser stärker an. Für beschleunigte Bewegung ergab sich Ausstrahlung von Energie. Aber SOMMERFELD zog auch Überlichtgeschwindigkeiten in den Bereich der Betrachtungen, und dabei fanden sich ganz neue und damals unerwartete Resultate. Das Feld folgte nicht mehr der Bewegung des Elektrons, sondern blieb dahinter zurück in Form einer Kopfwelle, wie wir sie bei Überschallgeschwindigkeiten von Körpern in Luft jetzt hinreichend kennen. Es fand also dauernd eine Energiestrahlung, eine Bremsung des Elektrons, statt. Diese Arbeiten erregten damals einiges Aufsehen, nicht zum wenigsten wegen der unerhörten mathematischen Schwierigkeiten, welche SOMMERFELD gemeistert hatte. Es war für den Autor wohl eine gewisse Enttäuschung, als bald darauf die Relativitätstheorie die Unmöglichkeit von Überlichtgeschwindigkeiten dartat, ebenso die Unmöglichkeit der starren Kugelform. Eine nachträgliche Genugtuung erlebte er aber, als 1934 R. A. TSCHERENKOW für Elektronen, die sich innerhalb der Materie schneller als mit der dafür gültigen Lichtgeschwindigkeit bewegen, in der nach ihm benannten Strahlung eine solche optische Kopfwelle nachwies, die mit der für den

leeren Raum von SOMMERFELD berechneten manche Züge gemeinsam hat.

Es waren wohl vor allem diese Arbeiten, welche die Aufmerksamkeit von H. A. LORENTZ auf den jüngeren Kollegen lenkten. Seinem Einfluß verdankt SOMMERFELD wesentlich die Berufung auf den seit 7 Jahren verwaisten Lehrstuhl für theoretische Physik an der Universität München. Als BOLTZMANN diesen aufgegeben hatte, hatte sich RÖNTGEN, der damals die experimentelle Physik in München vertrat, in einem gewissen, bei großen Experimentatoren nicht so seltenen Mißtrauen gegen theoretische Physik überhaupt, lange gesträubt, einen Nachfolger berufen zu lassen. Erst 1906 machte die Münchener Universität den Versuch dazu, nämlich H. A. LORENTZ zu gewinnen; nachdem dieser abgelehnt hatte, berief sie auf dessen Rat hin SOMMERFELD. FELIX KLEIN, dessen Herz an der Mechanik hing, soll, so erzählte mir SOMMERFELD einmal, über den Verlust, den dieser Zweig durch SOMMERFELDS Fortgang von Aachen erlitt, wenig erbaut gewesen sein. Aber für die Physik, das können wir heute mit Bestimmtheit sagen, war es ein Segen, daß SOMMERFELD an eine Stelle kam, an der er seine Kraft ganz der reinen Wissenschaft widmen konnte. Dies bedeutet nicht, daß er nunmehr technischen Problemen ganz entsagt hätte; noch Jahrzehnte später begegnen wir Arbeiten aus seiner Feder über die Ausbreitung elektrischer Wellen am Erdboden und ähnlichem. Aber dennoch bedeutet diese Berufung die große Zäsur in seinem äußeren Dasein, die ihn endgültig zum Physiker machte.

Inzwischen hatte EINSTEIN die Relativitätstheorie in den Sattel gehoben. Wie auch sonst, erregte sie bei SOMMERFELD hohes Interesse mit ihren kühnen, zunächst vielfach paradoxen Folgerungen. Dies geschah insbesondere, als HERMANN MINKOWSKI ihr das elegante mathematische Gewand gegeben hatte, in welchem wir sie heute kennen. Aber freilich war MINKOWSKIS Ausdrucksweise den Physikern ungewohnt, sie fand bei ihnen wenig Verständnis. Da paßte SOMMERFELD die MINKOWSKISCHE 4-dimensionale Welt mit ihren Vierer- und Sechservektoren und ihren Weltensoren der 3-dimensionalen Schreibweise für Vektoren und Tensoren soweit an, daß die Physiker sich leicht an diese Verallgemeinerung gewöhnten und als wesentliche Vereinfachung der relativistischen Rechenarbeit freudig annahmen. Die Anerkennung der speziellen Relativitätstheorie wurde dadurch erheblich beschleunigt und, was auch nicht übersehen werden sollte, das mathematische Rüstzeug der allgemeinen Relativitätstheorie, welches EINSTEIN ein knappes Jahrzehnt später brauchte, schon vorbereitet.

Der persönliche Umgang mit RÖNTGEN und die noch ungelöste Frage nach der Natur der Röntgenstrahlen wirkten mächtig auf SOMMERFELDS Phantasie. Er stand von vornherein, im Gegensatz zu WILLIAM BRAGG und anderen, auf dem Boden der Wellentheorie, freilich in der STOKES-WIECHERTSchen Form, welche die Röntgenstrahlen als aus kurzen Impulsen bestehend ansahen, was später durch das DUANE-HUNTSche Gesetz über die kurzwellige Grenze des Spektrums widerlegt wurde. Immerhin sind seine Ergebnisse über die Richtungsverteilung der Bremsstrahlung und ihre unterschiedliche Härte in verschiedenen Richtungen mindestens qualitativ durch alle spätere experimentelle Forschung bestätigt worden. Sodann



hatten damals H. HAGA und C. WIND, in besserer Durchführung danach B. WALTHER und R. W. POHL den alten NEWTONSchen Versuch der Beugung am Keilspalt vom Licht auf Röntgenstrahlen übertragen. Jetzt gab SOMMERFELD in Fortsetzung seiner Untersuchung über die Beugung der Röntgenstrahlen für diese Anordnung die Theorie. Die photometrische Ausmessung der WALTHER-POHLSchen Beugungsbilder durch P. P. KOCH ermöglichte daraufhin eine Abschätzung der Impulsbreite auf  $4 \cdot 10^{-9}$  cm. Das war die erste wellentheoretische Abschätzung von Röntgenwellenlängen. Sie stimmte ausreichend zu W. WIENS quantentheoretischer Angabe  $7 \cdot 10^{-9}$  cm und war, wie man auf Grund der heutigen Kenntnisse sagen kann, eine für die damalige Versuchsanordnung ganz ausgezeichnete Abschätzung (1912).

Schließlich darf gerade ich nicht unerwähnt lassen, daß sich SOMMERFELD als erster Gedanken über die Begründung der klassischen Kristalloptik aus der Raumgittertheorie der Kristalle machte. Wie dies und jene Wellenlängenabschätzung schließlich zur Entdeckung der Röntgenstrahlinterferenzen führte, habe ich schon anderweitig auseinandergesetzt und kann es heute übergehen. Außerdem war sein Rat für den Fortgang der Versuche von FRIEDRICH und KNIPPING von großer Bedeutung, wie er ja auch die Entdeckungsarbeit, samt meiner ersten quantitativen Auswertung von Röntgendiagrammen, alsbald der Bayerischen Akademie vorlegte.

Trotz der hohen Bedeutung dieser vielseitigen Leistungen steht SOMMERFELD vor uns hauptsächlich als einer der ersten Theoretiker der Spektroskopie. Sehr früh schon hatte er seine Aufgeschlossenheit für die Quantentheorie gezeigt, als er die Bremsung des Elektrons in der Antikathode der Röntgenröhre mit der PLANCKSchen Konstanten in Verbindung zu bringen suchte. Die damalige Idee hat sich allerdings nicht bewährt. Aber so war er innerlich auf BOHR'S Quantentheorie des Atombaus vorbereitet, um so mehr, als schon die ganz verschiedenartigen Atommodelle RUTHERFORDS und J. J. THOMSONS seine Aufmerksamkeit erregt hatten, wie wir Münchener Physiker aus Kolloquien und privaten Gesprächen wußten. Nun stand 1913 auf einmal eine Theorie da, welche die bislang unerklärliche BALMER-Formel für das Wasserstoffspektrum quantitativ aus wohlbekanntem universellen Konstanten ableitete, unter denen das PLANCKSche  $h$  die entscheidende neue Rolle spielte. Da begann SOMMERFELDS große Zeit. BOHR hatte nur Kreisbewegungen des Elektrons um den Atomkern in Betracht gezogen und „gequantelt“. Dazu genügte eine Quantenbedingung und eine Quantenzahl. SOMMERFELD zog in einer großen Arbeit von 1916, deren Inhalt er aber schon 1914/15 in Vorlesungen vorge tragen hatte, auch die KEPLER-Ellipsen in Betracht und mußte für sie zwei Quantenbedingungen und zwei Quantenzahlen einführen, eine für den Radiusvektor, die andere für die Richtung vom Atomkern zum Elektron. Jene Bedingungen aber knüpften an die HAMILTONSche Fassung der NEWTONSchen Mechanik an, an die Separierung der HAMILTONSchen Differentialgleichung und die Einführung von „Phasen“ für jede der Koordinaten, in denen sich die Separation durchführen ließ. Jedes Phasenintegral sollte nunmehr ein ganzes Vielfaches der PLANCKSchen Konstanten  $h$  sein, oder von  $\frac{1}{2} h$ , wie man später erkannte. Hier tritt der Ein

fluß der Göttinger Zeit besonders deutlich zutage. Dies war die Geburtsstunde der spektroskopischen Systematik, welche nach NIELS BOHR die Frequenzen der Spektrallinien auf Differenzen von je 2 Energietermen, jeden Term aber nach SOMMERFELD auf mehrere ganze Zahlen zurückführt. Die darauf fußende Bezeichnung der Linien hat heute die alten, empirischen Benennungen wie Hauptserie, scharfe und diffuse Nebenserie ganz verdrängt und sich außer dem Röntgengebiet für alle Teile des Spektrums durchgesetzt.

Uns allen sind die Ergebnisse geläufig, die in jener großen Arbeit, wenn auch nicht in allen Einzelheiten ausgeführt, so doch in der Anlage vorhanden waren. Legt man der Berechnung der Elektronenbahnen die NEWTONSche Dynamik zugrunde, so findet man für je eine BOHR'Sche Kreisbahn und die diskrete Schar von Ellipsenbahnen, welche bei der Quantelung dieselbe Hauptquantenzahl erhalten, dieselbe Energie. Ein Energieterm entspricht daher mehreren Bewegungsmöglichkeiten, er ist nach SCHWARZSCHILD'S Benennung „entartet“. Der Übergang zwischen entarteten Niveaus führt zwar trotz dieser Mannigfaltigkeit nur zu einer Spektrallinie. Aber entartete Niveaus lassen sich durch verhältnismäßig geringe Abänderungen des zentralsymmetrischen Feldes um den Atomkern „aufspalten“, indem jede der zugehörigen Bahnen jetzt einen etwas veränderten Energiewert ergibt. Dazu genügt schon die Veränderung durch die anderen Elektronen der Atomhülle, welche bei höheren Atomen das „Leuchtelektron“ beeinflussen. Auch äußere Eingriffe, z. B. ein elektrisches oder magnetisches Feld, führen zu Aufspaltungen der Terme und damit der Spektrallinien. Darauf gründeten 1916 P. S. EPSTEIN und ebenso K. SCHWARZSCHILD die Theorie des STARK-Effektes beim Wasserstoffatom, DEBYE und SOMMERFELD die des normalen ZEEMAN-Effektes, wobei dann zur Richtungsquantelung ein drittes Quantenzahl notwendig war. Rechnete man aber mit der relativistischen Dynamik, so unterschieden sich von vornherein alle Bahnen mit gleicher Hauptquantenzahl um gewisse, im optischen Spektralbereich allerdings kleine Energiebeträge. Die Spektrallinien erhielten so eine Feinstruktur. Die dafür kennzeichnende, universelle Feinstrukturkonstante berechnete SOMMERFELD aus der Elementarladung, der Lichtgeschwindigkeit und der PLANCKSchen Konstanten zu annähernd 1:137, was die Erfahrung auch bestätigt hat, nur daß man sich heute noch nicht ganz klar ist über die Genauigkeit dieses Wertes. Waren diese relativistischen Aufspaltungen für Wasserstoff und auch für das ionisierte Helium geringfügig, so wurden sie ganz wesentlich im Röntgengebiete, für dessen Spektroskopie SOMMERFELD führend war, sobald die zugehörigen Messungen mittels der Kristalle die Durchforschung ermöglichten.

Aber die auf der klassischen Mechanik und den Phasenintegralen, unter Hinzunahme der auf diese bezogenen Quantenbedingungen, beruhende Atomtheorie kam bald an die Grenzen ihrer Anwendbarkeit. Sie versagte in dem schon beim Heliumatom mit seinen 2 Elektronen vorliegenden Fall, daß die Bewegung nicht mehr periodisch ist. War bis dahin SOMMERFELDS ganze Einstellung zur Physik eine mathematisch-deduzierende, so sah er sich nun zu einer grundsätzlichen Änderung gezwungen, und es zeigte sich

eine neue Seite seiner Begabung, die Erratung mathematischer Beziehungen aus Erfahrungsdaten. Er begann Spektraltermine nach Quantenzahlen zu klassifizieren, um dadurch den Spektralbeobachtungen gerecht zu werden. Dies zeigt sich so recht an seinem grundlegenden Werk „Atombau und Spektrallinien“, das bald zu einer Art Bibel für die Spektroskopiker wurde. An den Wandlungen, die es in seinen 6 Auflagen von 1919 bis 1946 allmählich durchgemacht hat, läßt sich die Entwicklung unserer Vorstellungen während dreier Jahrzehnte in allen Einzelheiten verfolgen. Wir heben z. B. hervor den „spektroskopischen Verschiebungssatz“ von SOMMERFELD und KOSSEL. Er besagt: „Das erste Funkenspektrum jedes Elementes ist in seiner Struktur gleich dem Bogenspektrum der im periodischen System vorhergehenden Elemente. Entsprechend ist sein Funkenspektrum zweiter, dritter Ordnung usw. gleich dem Bogenspektrum des im periodischen System ihm um zwei, drei usw. Schritte vorangehenden.“ Nur bei denjenigen Elementen, bei denen innere Elektronenschalen erst in Ausbildung sind, versagt dieser Satz aus leicht ersichtlichen Gründen. Der anomale ZEFMAN-Effekt führte SOMMERFELD zur ganzzahligen Darstellung der Terme im Magnetfeld und dabei zum magneto-optischen Zerlegungssatz für die RUNGESchen Nenner, bald darauf zur Einführung der „inneren Quantenzahl“ (1920). Eine Theorie dieses Effektes hatte früher schon WOLDEMAR VOIGT gegeben; jedoch stand diese ganz isoliert da. SOMMERFELD gelang ihre Einfügung in das System der Quantentheorie. Er erkannte die Beziehungen zwischen ZEFMAN-Effekt und Paramagnetismus. Besonders wichtig waren seine Beiträge zur Theorie der Intensität der Spektrallinien. Zusammen mit seinen Schülern HEISENBERG und HÖNL gelang es SOMMERFELD, für die Intensität von Multiplettlinien die richtigen Formeln zu erraten.

Eine Theorie im eigentlichen Sinn entstand erst wieder, als man mit DE BROGLIE, HEISENBERG und SCHRÖDINGER von allen mechanischen Vorstellungen absah und sie, sei es durch HEISENBERGs Matrizenkalkül, sei es durch die Idee der Materiewellen, ersetzte. Welch großer Fortschritt das war, brauche ich nicht auseinanderzusetzen, auch nicht, welche schweren prinzipiellen Fragen nach Determinismus und Indeterminismus in der Physik sich daran geknüpft haben. Zu ihnen hat SOMMERFELD, gemäß seiner ganzen Veranlagung, niemals Stellung genommen. Aber er akzeptierte sogleich die Wellenmechanik und das PAULISChe Ausschlußprinzip und wandte sie höchst erfolgreich auf die Theorie der metallischen Leitfähigkeit an, die ihn schon während seiner Göttinger Zeit früher in der Fassung seines Freundes P. DRUDE tief beeindruckt hatte. Hier ergaben sich im WIEDEMANN-FRANZschen Gesetz und in der Theorie der thermoelektrischen Erscheinungen hervorstechende Erfolge, deren großartige Zusammenfassung der berühmte Handbuch-Artikel von BETHE und SOMMERFELD enthält.

Damit sind wir nun bei einer neuen Seite der Tätigkeit SOMMERFELDS angelangt. Die wissenschaftliche Tätigkeit eines theoretischen Physikers erschöpft sich keineswegs in den kürzeren oder längeren Originalarbeiten, die in wissenschaftlichen Zeitschriften erscheinen. Eine wesentliche Pflicht für ihn ist die Abfassung größerer Werke, welche ganze Kapitel seiner Wissenschaft im Zusammenhang darstellen. Erst in

solchen kann er der Mit- und Nachwelt seine Auffassungen über die innere Struktur, die Sicherheit und die Reichweite einer Theorie vermitteln. Wir wollen bei SOMMERFELD die Vorlesungen über theoretische Physik, wie sie in den letzten Jahren gedruckt erschienen sind, nur kurz streifen. In der Hauptsache entsprechen sie seinen Kursusvorlesungen an der Universität München, wie er sie durch 3 Jahrzehnte gehalten hat. So sehr sie auch in Einzelheiten das ihm eigentümliche Gepräge zeigen, so sind sie doch keineswegs so charakteristisch wie sein schon erwähntes Werk „Atombau und Spektrallinien“, welches er um 1930 durch einen wellenmechanischen Ergänzungsband vervollständigte. In diesem zumal, der die SCHRÖDINGER-Gleichung zugrunde legt, hatte SOMMERFELD die Freude, die Methoden der Integration partieller Differentialgleichungen, die ihm von Jugend auf lieb gewesen waren, auf wichtigste physikalische Probleme anzuwenden. Diese beiden Bände spiegeln das Wesen des Wissenschaftlers SOMMERFELD wieder wie nichts anderes. Sie werden trotz des rapiden Fortschrittes der Physik auf ihrem Gebiete noch lange ein unersetzlicher Wegweiser sein für jeden, der sich ihm widmen will, und auch für Reifere eine Fundgrube wertvollster Erkenntnisse. Selbst wenn unsere Zeiten lange vorüber sind, werden sie unschätzbaren historischen Wert haben als Markstein an einem kritischen Punkt in der Geschichte der Physik und als Erinnerung an den Physiker, der beim Durchbruch zur quantentheoretischen Spektroskopie nächst BOHR in erster Linie gestanden hat.

So groß aber auch SOMMERFELDS literarisches Wirken war, man darf daneben sein Wirken als akademischer Lehrer nicht übersehen. Erst dies gab seinem Einfluß die Breite, die dahin geführt hat, daß so viele der jungen und der heute schon nicht mehr jungen Generation zu ihm als ihrem Lehrer aufsehen. SOMMERFELD gehörte zu dem Typus von Gelehrten, welcher die Zusammenarbeit mit anderen braucht. Indem er lehrte, kamen ihm Ideen; ja manchmal schuf er Neues, während er in der Vorlesung an der Tafel stand. Darum wirkte er auch in seinen Vorlesungen so anregend, ja begeisternd, daß es vorkommen konnte, daß ein promovierter Zoologe, der zufällig einmal in ein Kolleg bei ihm geriet, daraufhin zur theoretischen Physik umschwenkte. Neben dem weiten Kreis seiner Hörer stand aber der engere seiner eigentlichen Schüler, die bei ihm, vor oder auch nach der Promotion, das Forschen lernten. Er suchte sie sich meist mit großem Verständnis aus. Auch unter ihnen waren solche, die ursprünglich ganz andere Berufsabsichten gehabt hatten. Wir alle kennen die Fachgenossen, die aus SOMMERFELDS Schule stammen und jetzt selbst Großes geleistet haben. Und er kümmerte sich um alles, was auf ihre wissenschaftliche Entwicklung fördernd oder hindernd Einfluß haben konnte. Einem der Bekanntesten unter ihnen, der damals ein großer Schachspieler war, riet er in so ernstem Tone von zu weitgehender Hingabe an das königliche Spiel ab, daß dieser es mehr oder minder aufgab. Denn SOMMERFELD war der sehr zutreffenden Meinung, daß sich selbst das beste Gehirn nicht solch anstrengenden Denksport neben ernster wissenschaftlicher Arbeit leisten könne.

Es scheint mir interessant, einmal die drei Deutschen zu vergleichen, denen die Quantentheorie das meiste

verdankt, PLANCK, EINSTEIN und SOMMERFELD. PLANCK, 10 Jahre älter als SOMMERFELD, war im wesentlichen Autodidakt; er hatte sich an den Druckschriften von RUDOLF CLAUSIUS gebildet, mit diesem persönlich aber niemals Kontakt gehabt. Selbst HELMHOLTZ, der ihn sehr schätzte und förderte, hat ihn innerlich nicht entscheidend beeinflußt. Auch später hat er eine wissenschaftliche, engere Zusammenarbeit niemals gefunden, nicht einmal gesucht. Was er geleistet hat, verdankt er der tiefen Versenkung in sich selbst. In seinen Vorlesungen war der Stoff, über den er sprach, sozusagen Selbstzweck. Der Hörer konnte unendlich viel dabei lernen, ja sich begeistern. Aber den meisten blieb doch die Theorie ein fernes Ideal, ähnlich den Hochgipfeln einer von der Weite geschauten Alpenkette. Den weiten, beschwerlichen Weg dorthin zu beschreiten, haben sich nicht viele unter ihnen entschlossen.

Für EINSTEIN, der rund 10 Jahre jünger als SOMMERFELD ist, gilt im Grunde ähnliches; zudem ließ sich seine übersprudelnde Genialität schlechterdings nicht lehren, ja sie wurde gelegentlich zur Gefahr für Schüler, die sie nachzuahmen sich vermaßen.

SOMMERFELD hingegen hatte von vornherein viel engeren Kontakt mit seiner Umgebung. Er war in Göttingen durch eine *Schule* gegangen, und eine *Schule* zu begründen, war ihm ein wesentliches Anliegen. Seine Vorlesungen waren weit mehr an seine Hörer persönlich gerichtet und daher geeigneter, solche zur weiteren Beschäftigung mit Wissenschaft anzulocken; man sah die Alpen bei ihm mehr aus der Nähe, bekam infolgedessen vielleicht nicht die große Übersicht über den Zusammenhang der Gebirgszüge, aber man konnte bei ihm das Bergsteigen lernen. PLANCK- und EINSTEIN'S Denken richtet sich ausgesprochen auf die grundlegenden Prinzipien der Physik; bei SOMMERFELD

spielt das Modell, oder wenigstens das Beispiel in Vorlesungen und Schriften eine größere Rolle. Darum war er es, der eine Schule der theoretischen Physik ins Leben rief, und zwar eine, wie sie (mindestens auf deutschem Boden) noch nie dagewesen war. Wir sehen in PLANCK, EINSTEIN und SOMMERFELD Vertreter zweier auch sonst vorkommenden, ganz verschiedenen Gelehrtentypen vor uns. Und doch ist gerade durch ihr Zusammenwirken ein wesentlicher Teil der heutigen Quantentheorie entstanden. PLANCK hat einmal das Verhältnis zwischen SOMMERFELD und sich mit dem Verslein gekennzeichnet:

Was ich gepflückt, was Du gepflückt,  
Das wollen wir verbinden,  
Und da sich Eins zum Anderen schickt,  
Den schönsten Kranz draus winden.

Blumen aus EINSTEIN'S Garten kamen dabei selbstverständlich auch zur Verwendung.

Wenn ein 82jähriger abberufen wird, so wird die Trauer um ihn überwogen von dem Dank, daß man ihn so lange behalten konnte. Handelt es sich um einen großen, bis zum letzten Tage forschenden Gelehrten, so bedeutet sein Ausscheiden auf jeden Fall einen Einschnitt in dem Fortgang der Wissenschaft. Aber SOMMERFELD'S Werk wird fortgesetzt von Allen, die durch seine Lehrtätigkeit und seine Werke zu Physikern geworden sind, und es wird ihm bleiben der Titel, den ein Freund ihm schon vor langen Jahren einmal beigelegt hat, der Titel, der einst (in noch weiterem Sinn) auf Erasmus von Rotterdam geprägt worden ist: Praeceptor Germaniae.

*Kaiser-Wilhelm-Institut für physikalische und Elektrochemie, Berlin-Dahlem.*

Eingegangen am 30. Juni 1951.