

# Alfred Landé – Der vergessene Pionier

Vor 100 Jahren löste der Physiker in Frankfurt ein Rätsel der Quantentheorie.

Im April 1921 reichte Alfred Landé, Privatdozent an der Universität Frankfurt, eine Arbeit mit dem Titel „Über den anomalen Zeeman Effekt“ zur Publikation ein. Sie war die Lösung für ein Problem, das zu dieser Zeit „ein Steinchen im Schuh jedes Physikers“ war. Gemeint ist die Aufspaltung von Spektrallinien in Magnetfeldern, die der Niederländer Pieter Zeeman 1896 entdeckt hatte. Nachdem er und Hendrik Antoon Lorentz für die theoretische Deutung 1902 den Nobelpreis für Physik erhalten hatten, begannen die Schwierigkeiten: Immer mehr Atompektren zeigten kompliziertere Muster. Der „anomale Zeeman Effekt“ erwies sich bald als Regelfall. Einer der führenden Atomphysiker, Arnold Sommerfeld, hatte sich bereits Jahre vergeblich darum bemüht, das Phänomen mithilfe der neuen Quantentheorie zu erklären.

Landés einflussreiche Arbeit entstand im Wintersemester 1920/21. Er war 32 Jahre alt und lehrte im dritten Semester als Privatdozent. Am Physikalischen Institut war Max Born, den er aus Göttinger Zeiten kannte, Ordinarius für Theoretische Physik. Der Theoretiker Otto Stern und der Experimentalphysiker Walther Gerlach waren ebenfalls Privatdozenten. Sie arbeiteten etwa zeitgleich an ihrem bahnbrechenden Versuch zur Aufspaltung von Atomstrahlen im Magnetfeld.

Allerdings hatte es bisher nicht viel Austausch untereinander gegeben, weil Landé als Lehrer an der Odenwaldschule arbeitete und wohnte. Er kam nur einmal pro Woche für seine Vorlesung nach Frankfurt. Ende 1920 bezog er dann ein Zimmer bei der Witwe des Chemieprofessors Geheimrat Freund in Frankfurt. Seine beruflichen Aussichten waren zu diesem Zeitpunkt alles andere als rosig.

## Studienjahre in München und Göttingen

Geboren am 13. Dezember 1888 in Elberfeld bei Köln, war Landé der Sohn eines Juristen. Der *accent* in seinem Namen geht auf das 18. Jahrhundert zurück, als im Rheinland alles Französische in Mode war. Der junge Landé galt in der Schule als Wunderkind. Er studierte Mathematik und Physik, wobei er zwischen München und Göttingen mehrere Male wechselte. Das waren damals die beiden wichtigsten mathematisch-naturwissenschaftlichen Zentren neben Berlin. Weil er nicht sicher war, ob er die Wissenschaft zum Beruf würde machen können, legte er vorsorglich das Staatsexamen für Gymnasiallehrer ab.

Im Frühjahr 1913, während er bei Arnold Sommerfeld in München an seiner Dissertation saß, verschaffte ihm der Göttinger Privatdozent Max Born eine Assistentenstelle bei David Hilbert. Als dessen „Hauslehrer“ sollte er den berühmten Mathematiker über die neuesten physikalischen Publikationen auf dem Laufenden halten – was seine Stellung in der akademischen Welt festigte. Zwei Wochen vor Ausbruch des Ersten Weltkriegs schloss Landé seine Dissertation ab.

## Erste Weltkrieg: Forschung nach Feierabend

Die ersten Kriegsjahre verbrachte Landé im Rotkreuz-Dienst an der Ostfront, bevor er – wieder durch die Vermittlung Max Borns – zur Artillerie-Prüfungskommission (A.P.K.) nach Berlin versetzt wurde. Deren Aufgabe war es, die Entfernung der feindlichen Geschütze anhand der Schallwellen von Deto-



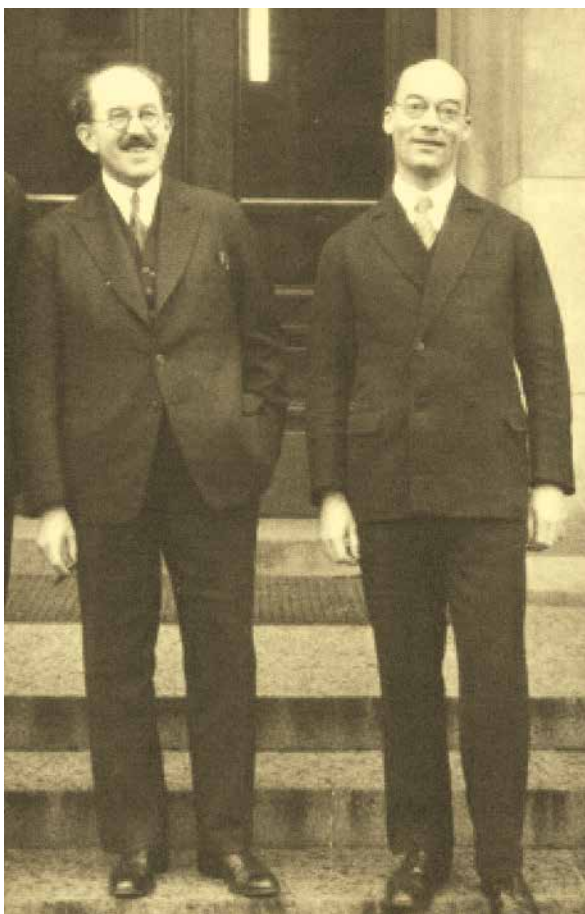
len. Dieses Linienspektrum ist für jedes Element so charakteristisch wie ein Fingerabdruck. Das Verständnis der Spektren galt als ein Schlüssel zum Verständnis der atomaren Struktur.

Bohr hatte angenommen, dass Elektronen den Kern nur in bestimmten Abständen umkreisen können. Das ging mit einer Quantisierung der Energiezustände einher. Wenn das Elektron durch Licht einer bestimmten Wellenlänge angeregt wird, springt es auf eine der äußeren Umlaufbahnen. Fällt

Alfred Landé 1920 in Frankfurt (links).

Otto Stern und Alfred Landé ca. 1935 bei Sterns Besuch an der Ohio State University, an der Landé 1931 eine Professur angenommen hatte.

Fotos: Universitätsarchiv Frankfurt



es in den Grundzustand zurück, gibt es Licht einer ganz bestimmten Wellenlänge ab. Bohr konnte den Zusammenhang zwischen der Energie und der Wellenlänge mithilfe des bereits von Max Planck eingeführten Wirkungsquantums und einer Quantenzahl  $n$  herstellen. Landés Doktorvater Arnold Sommerfeld hatte dieses Modell 1916 verfeinert, wobei er auch elliptische Bahnen zuließ, was die Einführung einer weiteren Quantenzahl erforderte. (Diese wurde später mit dem Bahndrehimpuls der kreisenden Elektronen gleichgesetzt.)

Beim Zeeman-Effekt kam eine zusätzliche Aufspaltung der Energieniveaus im Magnetfeld hinzu, weil das kreisende Elektron, ähnlich einer Kompassnadel, ein magnetisches Moment besitzt, das sich im Magnetfeld ausrichtet. Die gleichmäßigen Abstände zwischen den Spektrallinien legten einer Quantelung der Energieniveaus nahe. Sommerfeld war

aber mit seiner Theorie nicht zufrieden. Er schrieb: „*Ich glaube, daß diese Verwendung der Quantentheorie [...] trotz ihrer außerordentlichen Leistungsfähigkeit [...] doch nur ‚provisorisch‘ ist. [...] Dazu aber müßten ganz neue Gesetze der Mechanik gefunden werden.*“

## Eine verborgene Revolution

Born und Landé machten beim A.P.K Ende 1919 eine unerwartete Entdeckung: Die Umlaufbahnen der Elektronen mussten eine räumliche Ausdehnung haben. Damit hatten sie eine fundamentale Überzeugung der Atomphysik umgestoßen, die sich am Vorbild des Sonnensystems orientierte. Während sich in Deutschland Anfang November 1918 die Matrosen und Arbeiteraufstände die Republik einläuteten, hatten Born und Landé eine kleine wissenschaftliche Revolution proklamiert (Forman).

Ermutigt durch diesen ersten wissenschaftlichen Erfolg, beschloss Landé zu habilitieren. Max Born, der das Ordinariat für Physik in Frankfurt übernehmen sollte,

wollte ihn dabei unterstützen. So legte der junge Physiker seine Uniform eilig ab und brach in den letzten Tagen des Dezembers nach Frankfurt auf. Die kommenden drei Jahre sollten die wichtigsten seines physikalischen Schaffens werden.

An der Odenwaldschule mit ihren fortschrittlichen Erziehungsmethoden fühlte er sich wohl: „Morgens hatte ich frei für die Theoretische Physik, nachmittags verdiente ich meinen Lebensunterhalt durch Musikunterricht in einer geistig sehr anregenden Atmosphäre unter Erziehern, Künstlern, Naturliebhabern u.a.“

## Das Ende der Zahlenmystik

In seiner Habilitation beschäftigte sich Landé mit dem Spektrum des Heliums, das experimentell durch Friedrich Paschen in Tübingen exakt gemessen, aber theoretisch nicht erklärt worden war. Eine seiner Ideen brachte ihn schon näher an des Rätsels Lösung: Er behandelte die zwei quantenmechanischen Drehimpulse als Vektoren, die man addieren muss.

Nachdem er im Sommersemester 1919 die *venia legendi* erhalten hatte, wandte er sich dem anomalen Zeeman-Effekt zu. „Wir heutigen Physiker können uns kaum noch vorstellen, wie schwierig, langwierig und mühsam es war, die Rätsel, die die komplexen Spektren aufgaben, zu lösen“, schreibt Landés Biograph Azim Barut. „Solange keine vollständige physikalische Theorie vorliegt, sind wir gezwungen, systematisch zu beobachten und verschiedene empirische Regeln miteinander zu kombinieren suchen.“ Genau das tat Landé.

Sein erster entscheidender Beitrag zur Erklärung der „Zahlenmystik“, wie Sommerfeld sie nannte, war die Einführung einer zusätzlichen Quantenzahl, die halbzahlige Werte haben durfte. Aus Sicht der damaligen Physiker fiel diese Zahl vom Himmel, aber sie passte zu den experimentellen Daten. Erst Jahre später wurde sie mit dem bis dahin nicht bekannten Eigendrehimpuls des Elektrons – dem Spin – identifiziert. Nach einem Besuch bei Paschen in Tübingen im Oktober 1922 führte Landé auf die zweite wichtige Neuerung, den heute nach ihm benannten „g-Faktor“ ein. Mithilfe dieser Korrektur ließen sich die Energieniveaus des anomalen Zeeman-Effekts beim Helium exakt berechnen. Paschen sorgte dafür, dass Landé noch in demselben Jahr als Extra-Ordinarius nach Tübingen berufen wurde. Nun konnte der Physiker auch heiraten. Mit Elisabeth Grunewald hatte er zwei Söhne.

## Weiterer Lebensweg

Aufgrund des zunehmenden Antisemitismus in Deutschland nahm Landé 1931 eine Professur an der Ohio State University an, die er bereits zwei Jahre zuvor auf einer Vortragsreise besucht hatte. Dort lehrte und forschte er bis zu seiner Emeritierung. Er starb 1975 im Alter von 86 Jahren in Columbus, Ohio.

„Er war ehrgeizig und streitbar in wissenschaftlichen Fragen, scheute keine Schwierigkeiten und formulierte klar“, charakterisiert ihn der Historiker Helmut Rechenberg. „Persönlich war Landé freundlich und bescheiden; er besaß einen feinen, leicht ironischen Humor und war großzügig nicht nur solchen gegenüber, denen er verpflichtet war.“

Anne Hardy