

HELMUT RECHENBERG

FILM G 239

**Quantenmechanik im Aufbruch
Friedrich Hund berichtet aus seinem Leben**

Sonderdruck

Publ. Wiss. Film., Gesch./Publiz. 7 (1994), 93–107.

HELMUT RECHENBERG: Quantenmechanik im Aufbruch – Friedrich Hund berichtet aus seinem Leben. Film G 239.

ISSN 0341-5937



GÖTTINGEN 1994

INSTITUT FÜR DEN WISSENSCHAFTLICHEN FILM

HELMUT RECHENBERG

Quantenmechanik im Aufbruch Friedrich Hund berichtet aus seinem Leben

Film G 239

Allgemeine Vorbemerkungen

Friedrich Hund, heute der Nestor der Physik in Deutschland, wurde am 4. Februar 1896 in Karlsruhe geboren. Er studierte von 1915 bis 1922 Physik und Mathematik an den Universitäten Göttingen und Marburg. In Göttingen promovierte er 1922 bei Max Born mit einer Arbeit aus der Atomtheorie, blieb dann bei ihm als Assistent, nur unterbrochen durch einen Forschungsaufenthalt in Kopenhagen (1926–1927), bis er 1927 als Extraordinarius an die Universität Rostock berufen wurde. 1929 kam er auf dem zweiten Lehrstuhl für theoretische Physik zu Peter Debye und Werner Heisenberg nach Leipzig, 1946 wechselte er nach Jena, 1951 nach Frankfurt am Main und schließlich 1956 nach Göttingen. 1964 wurde er dort emeritiert.

Bedingt durch äußere Umstände, den Militärdienst im Ersten Weltkrieg und Lehrertätigkeit danach, begann Hund erst als 25jähriger mit der eigentlichen Forschung. Er wurde unverzüglich einer der fleißigsten Mitarbeiter Borns, als der sich ab 1922 anschickte, die Quantentheorie der Atome von Niels Bohr und Arnold Sommerfeld, die oft als die „ältere Quantentheorie“ bezeichnet wird, systematisch anzuwenden und zu analysieren. Hund gelangen einige wichtige Erfolge, vor allem in der Entwirrung der komplizierten Spektren, die auch die spätere Entwicklung der Quantenmechanik überdauerten. Er wurde dann vor allem ein Pionier der Molekül- und Festkörperphysik durch den Ausbau der Wellenmechanik und die Anwendung gruppentheoretischer Methoden. Ab Mitte der dreißiger Jahre beschäftigten ihn Fragen der Supraleitung, der Kernphysik, der Astrophysik und der Quantentheorie der Wellenfelder.

Der Lehrer Hund hat vielleicht nicht eine spektakuläre Schule begründet, aber doch eine größere Anzahl bedeutender Physiker und Physikerinnen ausge-

bildet. Über die direkte persönliche Beziehung hinaus wirkten seine Lehrbücher, etwa die begrifflich klare, fünfbändige „Einführung in die theoretische Physik“ (HUND [1]) oder die schöne Monographie „Materie als Feld“ (HUND [5]). Nach seiner Emeritierung schrieb er weitere wichtige Werke, wie die „Geschichte der Quantentheorie“ (HUND [3]) und die „Grundbegriffe der Physik“ (HUND [4]).

Die siebenjährige aktive Periode des Physikers Hund kann in vier Abschnitte eingeteilt werden. In der ersten, für die „Weltgeschichte“ seines Faches vielleicht wichtigsten Periode, etwa von 1922 bis 1930, wurden die Grundlagen der heutigen Quantenmechanik geschaffen, die eine völlig befriedigende Beschreibung der Atome, Moleküle und Festkörper ermöglicht. In der zweiten Periode, die bis in den Zweiten Weltkrieg hineinreicht, hatte er wesentlichen Anteil an der Entstehung eines Zentrums der modernen Physik in Leipzig trotz der widrigen Bedingungen, die damals in Deutschland herrschten. In den zwei Jahrzehnten nach dem Kriege beteiligte er sich hervorragend am Aufbau der theoretischen Physik in beiden Teilen seines Vaterlandes. Schließlich widmete er die letzten 30 Jahre zwei Arbeitsgebieten, für die ein „elder Statesman“ prädestiniert ist: der Klärung der Grundbegriffe und der Geschichte seines Faches, besonders für die Zeit, als er und viele seiner unmittelbaren Kollegen und Freunde selbst großartige Ergebnisse erzielten.

Die zwanziger Jahre unseres Jahrhunderts werden oft ein „goldenes Zeitalter“ der Physik genannt. In ihnen wurde die erfolgreiche Lösung einer jahrhundertalten Aufgabe abgeschlossen, die Aufklärung der atomaren Struktur der Materie. Bei der Entstehung der theoretischen Grundlagen nahmen die Physiker der Universität Göttingen, unterstützt durch einige Mathematiker, eine führende Rolle ein. Nach Vorbereitungen durch die Lehrstuhlinhaber Peter Debye (Röntgenstrukturanalyse), James Franck (Atomprozesse), Max Born (kinetische Theorie der Materie) sowie die Mathematiker David Hilbert und Richard Courant schafften die jungen Leute Werner Heisenberg, Pascual Jordan und Wolfgang Pauli zusammen mit ihrem Lehrer Max Born im Sommer 1925 den Durchbruch zur Quantenmechanik. Auch in den folgenden Jahren der Konsolidierung und Erweiterung der Theorie, ihrer physikalischen Interpretation und Anwendung glänzte die Göttinger Schule, bis die Eingriffe der nationalsozialistischen Regierung die mathematisch-physikalische Tradition dort nahezu völlig vernichteten.

Friedrich Hund war ein führendes Mitglied dieser ruhmreichen Schule am Ende der glanzvollen Zeit, in der Mathematik und Physik so eng zusammenwirkten wie vielleicht nie zuvor. Seine persönliche Stärke lag weniger in der Aufstellung neuer mathematischer Theoriegebäude und Prinzipien als in einer systematischen Analyse der experimentellen Phänomene bei Atomen, Molekülen und Festkörpern mit guten mathematischen Methoden. So gelang ihm durch virtuose Anwendung des Korrespondenzprinzips und des Paulischen

Ausschließungsprinzip eine Erklärung der kompliziertesten Spektren von Mehrelektronenatomen (u. a. durch die Aufstellung der „Hundschen Regel“), die auch in der kurz darauf entdeckten Quantenmechanik Bestand hatte. Ebenso geschickt bediente er sich der von Erwin Schrödinger in Zürich vorgeschlagenen wellenmechanischen Methode: Er entwickelte aus ihr Verfahren zur Entschlüsselung der Molekülstruktur („Hund-Mullikensche-Methode“). Hund handhabte dabei in überzeugender Weise die von Eugen Wigner und Werner Heisenberg eingeführten gruppentheoretischen Verfahren, die später der Leipziger Kollege Bartel van der Waerden verfeinerte und erweiterte.

Nach Vorbereitungen in Kopenhagen und Rostock begann Hund in Leipzig Schüler und Mitarbeiter für sein Programm heranzuziehen, das sich neben Untersuchungen von Molekülen vor allem solchen in der Festkörperphysik zuwandte, darunter auch der ungelösten Frage der Supraleitung. Er leitete das Seminar des Instituts für Theoretische Physik mit („Heisenberg mit Hund“) und trug seinen Teil zum Aufbau der „Leipziger Schule“ bei. Freilich wurden diese Bemühungen durch die seit 1933 herrschenden Umstände erschwert bis verhindert. Die Vertreibung der deutschen Juden, die Verknappung der Mittel durch eine verständnislose Wissenschaftspolitik und der damit verbundene Rückgang der Studentenzahlen vorzüglich im Fach theoretische Physik waren die unmittelbare Folge. Nur die Aufnahme einer bis zum Kriegsbeginn erheblichen Anzahl ausländischer Gäste, versehen mit Stipendien internationaler Stiftungen oder der deutschen Alexander-von-Humboldt-Stiftung, konnte den Forschungsbetrieb noch jahrelang auf beachtlicher Höhe halten.

In den dreißiger Jahren verschmolzen bei Friedrich Hund in steigendem Maße Forschung und Lehre zu einer untrennbaren Einheit. Neben den klassischen Gebieten der theoretischen Physik von Mechanik bis Thermodynamik las er bevorzugt Quanten- und Strahlungstheorie sowie über den Aufbau der Materie, besonders Atom-, Molekül- und Festkörpertheorie. Die fünfbandige „Einführung in die theoretische Physik“ (HUND [1]) sowie das Buch mit dem Titel „Materie als Feld“ (HUND [5]) bilden die gedruckten Früchte der damaligen Bemühungen, dem Lernenden alte und moderne Gebiete der theoretischen Physik beizubringen. Man darf sich nicht durch das späte Erscheinungsdatum vor allem des letzten Werkes täuschen lassen: Die Konzeption des 1954 auf den Markt gekommenen Buches stammt bereits aus der Zeit vor 1940. Kriegsende und die Aufgaben der frühen Nachkriegsjahre beeinträchtigten die Forschungstätigkeit von Hund erheblich. Dafür beteiligte er sich unermüdlich am Wiederaufbau eines geregelten Universitätslebens, zunächst im zerstörten Leipzig, dann in Jena, später auch in Frankfurt am Main und in Göttingen. Er gewann einige begabte Schüler, die seine Lehre weitertrugen. Verstärkt widmete sich Hund Fragen, die die engen Fachprobleme der Physik überschreiten: So vermittelte er die begrifflichen Entdeckungen der Naturwissenschaften des 19. und 20. Jahrhunderts einem wachsenden Kreis von Hörern

und Lesern. Schon vor seiner Emeritierung wurde er zur historischen Persönlichkeit, zum Vertreter aus der großen Zeit der theoretischen Physik in Deutschland und darüber hinaus.

An diese Periode schließt sich unmittelbar die Tätigkeit der letzten dreißig Jahre an, die sich in vielen Vorträgen und Publikationen wie den Büchern über die „Geschichte der Quantentheorie“ (HUND [3]), die „Grundbegriffe der Physik“ (HUND [4]) und die „Geschichte der physikalischen Begriffe“ (HUND [2]) niederschlug. Die sachliche Klarheit und Genauigkeit der Darstellung machten Hund zu einem großartigen und vielgesuchten Zeitzeugen, zum historisch-kritischen Gewissen seiner Generation. Über die persönlichen Erlebnisse hinaus, die er unbestechlich referiert und einordnet, verkörpert er ein seltenes Beispiel kontinuierlicher Überlieferung, wie sich der Referent vor wenigen Jahren selbst überzeugen konnte, als Friedrich Hund ihm den Inhalt eines seiner Vorträge über die Entwicklung der theoretischen Physik in Deutschland vorstellte: Er schlug dabei einen großen Bogen von Franz v. Neumann in Königsberg über seinen Lehrer Woldemar Voigt in Göttingen bis zur heutigen Zeit, überspannte also in ununterbrochener Folge mehr als 150 Jahre, in denen die physikalische Erkenntnis die bedeutendsten Fortschritte erzielte.

Zur Entstehung des Films

Die Vorbereitungen zu dem vorliegenden Film wurden wesentlich unterstützt durch die wissenschaftlichen Tagebücher, die Friedrich Hund von 1919 bis 1964 führte.

Filmbeschreibung

Wortlaut des Gesprächs von Friedrich Hund mit Helmut Rechenberg

Helmut Rechenberg (H.R.): Herr Professor Hund, wie kamen Sie eigentlich zur Physik?

Friedrich Hund (F.H.): Als Schüler habe ich wohl gemerkt, daß ich Mathematik und Physik verstand – meine Klassenkameraden verstanden sie nicht –, und ich hatte einen guten Physiklehrer. Er überzeugte meinen Vater davon, daß ich doch wohl studieren sollte. Ich wurde so etwas wie Assistent dieses Physiklehrers. Er besuchte einmal einen Fortbildungskurs in Göttingen, kam begeistert zurück und sagte: „Sie müssen in Göttingen studieren.“

Nun, das tat ich, und Göttingen setzte einen Maßstab des wissenschaftlichen Niveaus. Ich habe auch woanders studiert, in Marburg, ich war auch Soldat, aber mit einer – im Ersten Weltkrieg – mit einer wissenschaftlichen Tätigkeit.

In Marburg habe ich auch den beschwingten Sommer 1919 erlebt. Bei aller Not war es ein neuer Anfang, politischer Streit in einer jugendbewegten Gruppe. Das Ziel meines Studiums konnte natürlich nur der Gymnasiallehrer sein. Heimlich dachte ich wohl daran, vielleicht bei der Wissenschaft bleiben zu können, aber dann sollte ich lieber nicht in Marburg mein Studium beenden, sondern wieder nach Göttingen gehen.

H. R.: Göttingen hatte ja eine sehr große Tradition in der Physik und in der Mathematik. Wie war es aber gerade da, als Sie zurückkamen?

F. H.: Die Physik stand eigentlich gar nicht im Mittelpunkt meines Studiums. Woldemar Voigt war gestorben, Debye — Peter Debye — war im Weggehen, seine letzte Vorlesung, im winterkalten Hörsaal, habe ich gehört und nicht viel verstanden. Ich schloß mich an Richard Courant, den Mathematiker, an, machte mein Staatsexamen, leistete mein Vorbereitungsjahr für den Schuldienst ab. Das konnte ich in Göttingen, denn Courant hat mir ein Gutachten mitgegeben, daß es wichtig sei, daß ich in Göttingen bliebe. So hatte ich auch noch etwas Kontakt mit der Universität. Da gab es zwei Magnete:
— Leonard Nelson, Politik ist das Wichtige, bei ihm brach ich aus.
— Hermann Nohl, Erziehung ist das Wichtige, da bin ich eine Weile geblieben. Eines Tages wurde ich doch vor die Entscheidung gestellt. Ich bekam einige Angebote für eine Tätigkeit nach dem Vorbereitungsjahr an einer Auslandsschule und einem Landerziehungsheim, aber ich wollte doch eigentlich in Göttingen bleiben. Ich beredete das mit Courant. Es war klar, daß ich nicht Mathematiker werden konnte, das war mir zu schwer, aber die theoretische Physik lag mir. Max Born war kurz vorher nach Göttingen gekommen. Courant gab mir eine Empfehlung mit, die muß sehr wohlwollend gewesen sein, denn Born nahm mich gleich als Doktorand, stellte mir auch ein Thema, das ich im übrigen nie gemacht habe.

H. R.: In Göttingen gab es damals ja eine Reihe von aufregenden Ereignissen, die vor allen Dingen mit der Quantentheorie zusammenhingen.

F. H.: Also diese fünf Jahre, 1922–27, die ich bei Born war, waren ja eine erregende Zeit. Es war die Zeit der Entstehung der Quantenmechanik. Dadurch war die Quantentheorie so etwas wie die Grundwissenschaft für die Beschreibung der Natur geworden. Niels Bohr hatte ja der Quantentheorie eine neue Wendung gegeben zur Quantentheorie des Atombaus. Dieser Niels Bohr hielt 1922 in Göttingen zwei Wochen lang Vorträge. Die waren sehr besucht, Arnold Sommerfeld war gekommen, Werner Heisenberg, Wolfgang Pauli, Paul Ehrenfest, Alfred Landé, die alle später berühmte Leute wurden, die waren da. Bohr zeigte eindringlich das krasse Versagen der bisherigen Physik, aber er zeigte einen neuen Zugang zu der noch zu findenden, was man später das Korrespondenzprinzip nannte. Er redete damit über Dinge, über die er selbst

eigentlich erst klarwerden wollte. Solche Vorträge sind schwierig, aber besonders interessant. Uns dämmerte, nicht sofort, aber allmählich: Jetzt kann man ja die Stoffeigenschaften verstehen. Diesem Zweig der Physik gehört die Zukunft, und wir wollen dabei sein.

H. R.: Das war sicher eine großartige Zeit, aber außer den berühmten Bohr-Vorträgen gab es in Göttingen natürlich eine ganze Menge anderer Anregungen in der Mathematik und in der Physik.

F. H.: Ja, ich soll wohl etwas zur Göttinger Atmosphäre sagen. Da war der sehr enge Kontakt zwischen Professoren und den fortgeschrittenen Studenten. Born und Franck hielten zusammen, Max Born und James Franck hielten zusammen ein Seminar. Da wurde über die neuen Abhandlungen berichtet. Auch das Thema meiner Dissertation entsprang diesem Seminar, und da ich am Anfang ganz gut damit weiterkam, bot mir Born die Assistentenstelle an.

David Hilbert und Max Born hielten zusammen ein Seminar über theoretische Physik. Hilbert hatte großes Interesse an der Physik. Sein Ausspruch: „Die Physik ist ja für die Physiker viel zu schwer“ ist natürlich richtig, aber nicht ganz in Hilberts Sinne. Er hat das, was doch die Physiker durch Erfahrung und physikalische Phantasie beitragen mußten, unterschätzt.

Hilbert erzog uns, in einem Vortrag das Grundsätzliche zu sagen und nicht zu sehr in die Details zu gehen. Er konnte ganz ausfällig werden, wenn einer etwa einen Tafelsalat machte oder dann große Fallunterscheidungen, Fall A, Fall B und so weiter, darstellte, oder überhaupt langweilig wurde. Und es war für uns ein gewisser Sport, so vorzutragen, daß Hilbert einigermaßen zufrieden war. Ein weiteres Seminar, etwas privater, wurde in der Bornschen Wohnung abgehalten, mit Mathematikern und Physikern. Es wurden so Methoden besprochen, mit denen man ein Vielteilchensystem beschreiben konnte — Atom war ja ein solches —, und solche Methoden hatten die Astronomen. Und ein ganz privates Seminar hatten wir jungen Leute meist in der Wohnung von Hertha Sponer. Da trug auch Heisenberg zuerst seinen Entwurf vor, und er hat uns gleich überzeugt.

Das physikalische Colloquium vereinte dann alle Physiker. Es wurde damals viel mehr dazwischengefragt, als es heute üblich ist. Runge merkte gleich, wenn der Vortragende etwa in einer Größenordnung sich verschätzt hatte, und sagte ihm das. Prandtl konnte etwa ganz abstrakte Vorstellungen oder abstrakte Darstellungen eines physikalischen Feldes gleich einem Verhalten etwa des starren Körpers erläutern.

Nun, zur Göttinger Atmosphäre gehörten natürlich auch die Feste, die wir feierten. Da haben wir auch mal gewisse Unarten, harmlose Unarten von Francks Vorlesungen karikiert. Oder als die Hertha Sponer eine Einladung nach Amerika bekam, haben wir sie mit einem Riesenomnibus — den es damals in Göttingen noch gar nicht gab — an die Bahn gebracht, Reden

gehalten, eine Pressekonferenz in Courants Wohnung abgehalten; und am anderen Tag hat die Zeitung wörtlich das abgedruckt, was an Unsinn wir ihr geschickt hatten.

H.R.: Max Born war ja bekannt durch seine Arbeiten zur Relativitätstheorie und Festkörperphysik. Was hat er denn getan, als Sie bei ihm waren?

F.H.: Borns Lebensleistung kann man eigentlich überschreiben als Theorie des Aufbaus der Materie. Borns erstes Hauptthema war ja, die mechanischen, thermischen, elektrischen, magnetischen und optischen Eigenschaften der Kristalle zu erforschen, systematisch und vollständig darzustellen, aufgrund des regelmäßigen Aufbaus aus Atomen.

Das hatte er im wesentlichen hinter sich, als er nach Göttingen kam. In Göttingen hat er noch einige Jahre lang Doktorarbeiten vergeben auf diesem Gebiet. Er selbst wandte sich aber grundsätzlichen Fragen der Theorie des Atoms zu.

Ein Forschungsprogramm trat allmählich zutage. Im ersten Schritt wurden die Methoden ausgearbeitet, mit denen man ein Vielteilchensystem behandeln konnte, eben das Atom. Ich hatte das vorhin schon erwähnt. Im zweiten Schritt wurde der Nachweis erbracht, daß die bisherigen Ansätze zur Quantentheorie des Atoms versagten – geschah durch eine Berechnung der Zustände des Helium-Atoms, des einfachsten mit mehr als einem Elektron –, zusammen mit Werner Heisenberg, der damals auch in Göttingen war.

Nun hatten aber die alten Ansätze Erfolge. Also im dritten Schritt mußte ausgelotet werden, wie weit diese Ansätze eigentlich reichten. Das geschah in einer Vorlesung des Wintersemesters 23/24. Daraus wurde ein Buch „Atommechanik I“, an dem ich mitarbeiten durfte.

Der vierte Schritt war nun die Abänderung der bisherigen Ansätze. Born versuchte es durch Anpassung einzelner Formen in diesen Näherungsmethoden, Anpassungen an gewisse Forderungen, die etwa durch die Spektralgesetze gestellt waren. Er nannte das einen ersten Schritt zu einer Quantenmechanik, und er kam beinahe ans Ziel.

Aber nun kam Heisenbergs direkter Zugriff. Er erläuterte es an einem viel einfacheren mechanischen System, nicht an einer komplizierten Rechnung, wie es Born tat. Aus den Spektralgesetzen leitete er ziemlich zwangsläufig die richtigen Abänderungen ab. Es war das die volle Ausschöpfung eigentlich des Bohrschen Grundgedankens des Korrespondenzprinzips.

Born sorgte dafür, daß das in eine bessere mathematische Form kam, Pascual Jordan trug auch zur mathematischen Verschärfung bei, und so entstand die Göttinger Quantenmechanik, schließlich dargestellt in der sogenannten „Drei-Männer-Arbeit“ von Heisenberg, Born und Jordan.

Für Göttingen war bezeichnend eine gewisse Breite in der Mathematik und in der Physik, gleichzeitig aber auch eine enge Zusammenarbeit der Forscher. Da

war Borns Bestehen auf mathematischer Konsistenz, dem er oft auch Verständlichkeit geopfert hatte. Dagegen Francks unmathematisches, qualitatives Verständnis der Quantentheorie. So ergänzten sich diese beiden. Franck dachte anschaulich. Er wußte aber genau, wo die Grenzen der Anschauung lagen. Franck klärte oft und gern seine Gedanken im Gespräch. Er ging auf den Korridor, fing sich einen jungen theoretischen Physiker ab, erzählte dem seine Ideen. Der Physiker konnte ihm nicht viel dabei helfen, aber Franck klärte seine Gedanken, und der Physiker hatte auch etwas davon.

Hilberts Interesse an der Physik hielt an. Richard Courant lehrte eine Mathematik, die die Physiker nachher sehr gut gebrauchen konnten. Emil Wiechert, ja der Begründer der Geophysik in Deutschland, war von Hause aus theoretischer Physiker, hielt auch Vorlesungen darüber. Ludwig Prandtl, der Begründer der modernen Aerodynamik, dachte sehr grundsätzlich. Carl Runge kehrte als Emeritus zur Spektroskopie zurück. Hans Kienle machte aus der Sternwarte ein astrophysikalisches Laboratorium. Er war beinahe in unserem Alter, und wir rechneten ihn eigentlich zu den Jüngeren. Viktor Moritz Goldschmidt hatte Ideen über den Bau der Kristalle, die dem Interesse der Physiker sehr nahe kamen.

H. R.: Aber wie haben sich da Ihre eigenen Beiträge eingefügt? Ich kann erinnern daran, es gibt einen Eintrag in Ihr Tagebuch, in Ihr wissenschaftliches Tagebuch, vom 23. 6. 1922. Ich lese ihn vor: „11 Uhr: Besprechung mit Borns Assistenten und den Bonzen. Die quantentheoretische Behandlung wird abgelehnt, da die Annahmen dabei zu künstlich sind.“ Ich nehme an, das bezog sich auf eine Vorstellung, die Sie hatten.

F. H.: Meine Dissertation, mein Dissertationsthema, war eigentlich nicht von Born gestellt, sondern aus dem Born-Franckschen Seminar heraus gewachsen und interessierte vor allem Franck. Es handelt sich um eine Erscheinung, aus der man eigentlich die Wellennatur der Materie hätte herauslesen können. Aber das habe ich nicht getan.

Nach der Promotion verfolgte ich so einfache Gedanken über die Gestalt von Molekeln und Kristallgittern infolge der Polarisierbarkeit der beteiligten Ionen, also Winkel bei der Wassermolekel, Schichtengitter und ähnliche Dinge. Das brach ich plötzlich ab, als ich in einer Abhandlung von Herrn Heisenberg einen Weg erkannte, auch die komplizierten Spektren zu verstehen. Diese Spektren haben wir ja immer als wesentlichen Hinweis für die neue Physik angesehen und haben sie eigentlich dauernd angestiert.

H. R.: Darf ich da wieder unterbrechen und eine Notiz aus dem wissenschaftlichen Tagebuch vorlesen. Das handelt sich um eine Notiz vom 24. 5. 1925. Da steht hier da: „Eisengruppe vielleicht nach Russell-Saunders I, Heisenbergs Zweideutigkeit und Paulis Ausschlußprinzip zu verstehen.“

F. H.: Ja, die ließen sich verstehen mit den qualitativen Vorstellungen, die wir so von Born gelernt haben, Vorstellung von Atommodellen, Drehimpulsvektoren, die zusammengesetzt wurden. Mit der Arbeit habe ich mich habilitiert und auch bald darüber ein Buch geschrieben. Das Zusammenwirken von Rotation und gewissen Feinheiten im Verhalten der Elektronen konnten in den Bandenspektren aufgezeigt werden, und die Spektroskopiker waren dafür dankbar. Aber das wirkliche Verständnis der Rolle der Elektronen beim Zusammenhalt einer Molekel gelang mit Hilfe der alten Methoden nicht. Das gelang aber eigentlich sofort mit Hilfe der 1926 veröffentlichten „Schrödinger-Gleichung“. Das war auch eine Fassung der Quantenmechanik, aber sie sah zunächst völlig anders aus.

Da muß ich über Born etwas einschalten. Born sah sofort, daß man mit dieser Schrödinger-Gleichung auch aperiodische Bewegung behandeln konnte. Am Stoß eines Elektrons auf ein Atom zeigte er, daß gewisse Größen, die in der Gleichung auftraten, Wahrscheinlichkeiten waren für das Verhalten der Teilchen. Das war ein wesentlicher Schritt zum physikalischen Verständnis der bis dahin noch sehr abstrakten, mathematischen Fassungen der Quantenmechanik.

In Göttingen wurde darüber auch viel nachgedacht. Man lernte an einer Arbeit von Dirac. Jordan tat — unabhängig von Dirac — beinah das gleiche. Hilbert hielt eine Vorlesung über den Gegenstand. Ich selbst merkte dann auch, was man mit der Schrödinger-Gleichung anfangen konnte, eben das Verständnis der Molekel, und jetzt war ich auf die Molekel spezialisiert. Ich bin nicht der Begründer der Quantenchemie geworden, ich verstand von der Chemie zu wenig. Das waren Walter Heitler, Fritz London, Erich Hückel, Linus Pauling, John Slater geworden.

H. R.: Sie haben aber doch sehr viele von diesen genannten Herren später getroffen, vor allen Dingen, als Sie sich 1926 im Herbst auf Reisen begaben.

F. H.: Ja, da kommt zunächst mein Aufenthalt im Winter 26/27 in Kopenhagen. Kramers war gerade im Weggehen, Heisenberg war da, und er dachte damals wieder über das Helium nach, aber jetzt mit der Schrödinger-Gleichung, und fand dabei die Rolle der Nichtunterscheidbarkeit der Elektronen in der Struktur der Spektren, also ein ganz wichtiger Schritt. Er kam auch bald auf ein physikalisches Verständnis der Quantenmechanik. Die Heisenbergsche Unbestimmtheitsbeziehung entdeckte er, die Einschränkung der Determinierung infolge der Quantenmechanik. „Da hast Du Dir was Schönes eingebrockt“, soll ich ihm gesagt haben, als er mir das berichtete.

Die philosophischen Folgen waren ja zu sehen. Ich selbst gab mich mit der Rolle der Ununterscheidbarkeit gleicher Kerne ab, was natürlich dann leicht war. Wichtige Besucher kamen nach Kopenhagen: Wolfgang Pauli, Paul Dirac,

Paul Ehrenfest, Walter Heitler, Erwin Fues waren damals kürzere oder längere Zeit in Kopenhagen.

Als ich nach Göttingen zurückkam, wurde Göttingen gerade überflutet von Besuchern aus Amerika. Born und die Quantenmechanik waren ja berühmt geworden. Da lernte ich Robert Mulliken kennen. Der interessierte sich natürlich für meinen Zugriff auf den Bau der Molekel — er war ja Molekel-Forscher —, und ich lernte von ihm sehr viele Einzelheiten. Unsere Forschungen gingen dann eine Weile parallel.

1929 wurde ich zur Vorlesung an die Harvard-Universität eingeladen. Ich las über Molekel. Mein bester Hörer war wohl John Slater, der später ja führend in der Festkörperphysik wurde.

Bei Vorträgen in Chicago traf ich wieder mit Heisenberg und Mulliken zusammen. Auf einer langen Bahnfahrt von Chicago nach New York einigten wir uns über die Bezeichnungen und die Nomenklatur für die Molekel. Auf einer Bank in Washington saßen vier Männer und einigten sich dann, gaben sozusagen unserer Einigung das Placet der amerikanischen Physiker.

Die amerikanischen Universitäten öffneten sich damals gerade der Forschung, und die deutschen Universitäten waren Vorbild. Ich selbst hätte wohl eine Professur in den Vereinigten Staaten damals bekommen können, aber Europa hatte ja noch einen Standortvorteil.

H. R.: Im Jahre 1929 sind Sie als Professor auch nach Leipzig gekommen.

F. H.: Das war ein großes Glück, denn ich kam ja wieder in die Nähe von Heisenberg. Leipzig war eine erstklassige Universität, zunächst besonders in den sprachlichen Wissenschaften. Aber 1927 wurde es das auch in der Physik. Peter Debye und Werner Heisenberg wurden gleichzeitig berufen. Nun waren also Kopenhagen, München, Göttingen, Berlin und Leipzig die Mittelpunkte der Quantentheorie geworden.

Ich hatte in Leipzig Ruhe, die Theorie des Molekelbaus und der chemischen Bindung weiter zu verfolgen. Ich traf dort Felix Bloch, der gerade eine Theorie der metallischen Leitung gemacht hatte, Eduard Teller, der sich für Molekeln interessierte, Rudolf Peierls, der dann die Elektronen im Kristallgitter untersuchte, Erich Hückel, der zur Quantenchemie kam. Und auch nach Leipzig kam eine Flut von Besuchern.

Das Jahr 1933 beraubte uns dann der Mitarbeit ausländischer Besucher und auch Leipziger junger Schüler. 1936 kamen ja die wüsten Angriffe auf Heisenberg, um seine Berufung nach München zu verhindern. Aber das Heisenbergsche Institut, also sein Kreis, konnten sich doch immer noch sehen lassen. Von Weizsäcker war dazugestoßen, der dann vor allem in der Kernphysik einige wesentliche Einsichten erzielte. Die Hochtemperaturphysik wurde interessant, und zwar in der Form der kosmischen Strahlung konnte sie damals nur erforscht werden.

Bei mir waren nach Atom, Molekel jetzt natürlich die Elektronen im Festkörper daran. Ich hätte damals gern einen Arbeitskreis gebildet, um diese Art Festkörperphysik zu treiben. Ich war damals noch sehr jung, aber wir hatten eigentlich viel zu wenig Schüler. In der Zeit war die theoretische Physik diffamiert, und es studierte fast niemand theoretische Physik.

Dann kam der Weggang Debyes, der Krieg, Heisenbergs allmählicher Weggang nach Berlin. Aber der Mathematiker van der Waerden war ja da, der physikalische Chemiker Karl-Friedrich Bonhoeffer, also gute Anregungen brauchte man nicht zu vermissen.

Ich fing dann so etwas Feldtheorie der Materie an. Aber, ich glaube 1943, fühlte ich mich einfach nicht mehr imstande, Forschung zu treiben, auch eine Infektionskrankheit ging in Leipzig um, die mich ziemlich mitnahm. Ich packte ein angefangenes Manuskript über die Feldtheorie der Materie weg und fing an, Lehrbücher zu schreiben, das war leichter. „Die roten Hunde“, wie sie genannt wurden, waren nach dem Kriege sehr begehrt und wurden sehr gut verkauft.

H.R.: Nach dem Kriege haben Sie ja am Wiederaufbau der Physik in Deutschland einen bestimmenden Anteil genommen. Sie waren in Jena, in Frankfurt und dann wieder in Göttingen.

F.H.: Das Leipziger Institut war ja zerstört, und ich wollte nicht die nächsten 20 Jahre meines Lebens mit dem allmählichen Bau eines neuen Instituts zubringen. Ich ging nach Jena. Ja, man war mit ganz anderen Aufgaben gefordert. Meine Leipziger Zeit habe ich etwa, also meine Leipziger Zeit nach dem Kriege, habe ich eigentlich so dargestellt: Manchmal montags und dienstags war ich Professor der Experimentalphysik und hatte die große Vorlesung zu halten. Es war ja sonst niemand da. Dienstags und freitags war ich Professor der theoretischen Physik, hielt eine Vorlesung über theoretische Physik, und mittwochs und samstags war ich Prorektor der Universität und hatte mit den Russen über eine Hälfte der Universität zu verhandeln.

Nun, in Jena war das Leben ruhiger, aber ich wurde bald Rektor. Das Rektorat scheiterte – war gar nicht anders möglich –, scheiterte, als ich so versuchte, die Verantwortlichkeit zwischen Besatzungsmacht, Ministerium und Universität klarzustellen. Das konnte nicht gutgehen.

Ich hatte einige begabte Schüler in Jena, Harry Lehmann war bei mir, allerdings hat er seine Aufgaben sich selber gestellt, die brauchte ich ihm nicht zu stellen. Auch Gerhard Schaefer, der jetzt in Duisburg ist, gehörte dazu.

Ich ging dann nach Frankfurt. Nun, da mußte ich natürlich einfach nachholen, was inzwischen im Westen, in Amerika, in Japan und so weiter an theoretischer Physik geleistet worden war. Ich hatte auch eine starke Unterrichtsverpflichtung, immerhin als begabte Schüler Dieter Pfirsch und Heinz Bilz.

In Göttingen versuchte ich dann, einen Kreis zu bilden mit einem Forschungsprogramm, eben Elektronen in Kristallen. Aber auf dem Gebiete waren eben doch die Amerikaner und die Russen schon sehr viel weiter. Kurze Zeit erfreute ich mich hier noch der Nähe Heisenbergs mit seinem Max-Planck-Institut. Das war aber bald vorbei, das war das vierte Mal, daß ich in der Nähe Heisenbergs arbeiten durfte. In Göttingen konnte ich wohl noch einige begabte Schüler ausbilden, János Hajdu, Gert Eilenberger und andere.

H.R.: Ihre späteren Arbeiten sind sehr häufig der Geschichte der Physik gewidmet, und wenn ich da mal zurückschauen in Ihrem wissenschaftlichen Tagebuch, da findet sich am 19. 5. 1942 der erste einschlägige Eintrag. Er lautet: „Im Colloquium [in Leipzig wohl] über Geschichte des Energieprinzips vorgetragen“.

F.H.: Ja das war das Jubiläumsjahr von Robert Mayer, aber die Geschichte der Physik hat mich eigentlich immer interessiert, und in meinen Vorlesungen bin ich gern darauf eingegangen. Aber bei der Emeritierung mußte ich ja was Neues anfangen. Meine Forschungsmethoden waren allmählich altmodisch geworden, und der Neuanfang war eben dann doch eine Vertiefung in die Geschichte der Physik.

Zunächst kam die Geschichte der Quantentheorie. Ich fühlte die Verpflichtung, vom Miterlebten zu berichten. Nun, überhaupt die ganze Begriffsgeschichte der Physik interessierte mich dann. Aber zunächst mal die Geschichte der Quantentheorie. Das war natürlich Geschichtsschreibung nicht aus der Distanz, sondern gerade aus der Nähe. Aber vielleicht auch deshalb brauchbar. Es sah so aus, als hätte ich eine Marktlücke ausgefüllt. Ich wurde zu Gastsemestern eingeladen, hab' das auch gern gemacht. Ein Gastsemester in Köln, eins in Heidelberg, in Frankfurt und etwas später auch in Wuppertal. Ich lernte neue Typen der deutschen Universität kennen.

H.R.: Herr Professor Hund, wenn Sie als Historiker auf Ihr Lebenswerk zurückschauen, was würden Sie uns da zusammenfassend sagen?

F.H.: Ich gelte ja wohl als einer der Überlebenden aus einer großen Zeit der Physik. Das ist natürlich kein Verdienst. Ich darf nicht vergessen und vergesse es auch nicht, daß der Erste Weltkrieg viele Altersgenossen, unbekannte, aber vielleicht begabtere, verschlungen hat. Mein Jahrgang ist dadurch selten geworden. Auch wäre ich wohl nie Professor in Göttingen geworden, wenn nicht jetzt Bekannte, Begabtere 1933 aus Deutschland verjagt worden wären.

Aber sehen wir vom politischen Erleben im Kaiserreich, Ersten Krieg, Weimarer Republik, Nationalsozialismus, Zweiten Krieg, DDR ab, so möchte ich zunächst mein Leben mal in drei ungefähr gleich lange Abschnitte einteilen: Der erste Abschnitt, das Hineinwachsen in die Physik, gipfelt in Göttingen beim Miterleben der Quantenmechanik. Als ich wegging, war ich 31 Jahre alt.

Dann kamen 30 Jahre Abwesenheit von Göttingen, die verschiedenen Stellen habe ich ja geschildert. Und jetzt bin ich wieder fast 32 Jahre in Göttingen. Göttingen ist der Mittelpunkt und die Heimat meines Lebens.

Ich bin auch im richtigen Jahr geboren, denn 25 Jahre später bot die Physik lockende Aufgaben. Man konnte irgendein Problem angreifen, wenn man nur die Quantenmechanik oder die Quantentheorie in ihrer vorläufigen Form oder nach einer Form der Quantenmechanik verstanden hatte, dann kam auch irgendwas dabei heraus. Das war nicht schwer. Heute ist es viel schwerer, Physik zu treiben. Die Linie meiner physikalischen Entwicklung: einfache Probleme der Elektronen im Atom, in der Molekel, im festen Körper. Heute sind die Probleme komplex geworden: der Versuch, das Ganze der begrifflich faßbaren Physik wenigstens in ihren Grundzügen noch zu verstehen.

Vieles bin ich anderen schuldig: Niels Bohr, Max Born, James Franck, Werner Heisenberg, Robert Mulliken, Bartel van der Waerden, Karl-Friedrich Bonhoeffer.

Bibliographie

- [1] HUND, FRIEDRICH: Einführung in die theoretische Physik. Bde. 1–5. 1944–1951.
- [2] HUND, FRIEDRICH: Geschichte der physikalischen Begriffe. Mannheim 1972.
- [3] HUND, FRIEDRICH: Geschichte der Quantentheorie. 1967 (3. Aufl. Mannheim 1984).
- [4] HUND, FRIEDRICH: Grundbegriffe der Physik. Mannheim 1969.
- [5] HUND, FRIEDRICH: Materie als Feld. Göttingen 1954.

Angaben zum Film

Video (Originalton, deutsch), farbig, 42 ½ min. Hergestellt 1988, veröffentlicht 1989. Der Film ist als Dokument für die Verwendung in Forschung und Hochschulunterricht bestimmt. Die Aufnahmen entstanden in Zusammenarbeit mit Dr. H. RECHENBERG, Max-Planck-Institut für Physik und Astrophysik, München. Aufgenommen, bearbeitet und veröffentlicht durch das Institut für den Wissenschaftlichen Film, Göttingen, Dr. S. DOLEZEL, Dr. G. GLATZER; Kamera: G. MATZDORF, H. WITTMANN; Schnitt: T. SPIELBÖCK; Ton: K. KEMNER.

Inhalt des Films

Quantenmechanik im Aufbruch – Friedrich Hund berichtet aus seinem Leben. Student in Marburg und Göttingen: Begegnungen mit Debye, Courant, Nelson, Nohl, Born, Sommerfeld, Heisenberg, Ehrenfest, Landé, Franck, Hilbert. Erste Veröffentlichungen: „Ablenkung von freien langsamen Elektronen in Atomen“, „Die Gestalt mehratomiger polarer Molekeln. I“. Die „Göttinger Quantenmechanik“ von Heisenberg, Born und Jordan. Habilitation 1925: „Hundsche Regel“. Die Schrödinger-Gleichung 1926 als Schlüssel zum Verständnis der Molekel. Kopenhagen 1926/27: Heisen-

bergs Unbestimmtheitsrelation. Erste Begegnung mit Mulliken. Harvard-Universität 1929: Nomenklatur der Molekel, Hund-Mullikensche Molekel-Theorie. Professor in Leipzig 1929: Theorie der chemischen Bindung. Begegnungen mit Bloch (metallische Leitung), Teller (Molekel) und Peierls (Kristallgitterelektronen). Anregungen von Höpke, Weizsäcker und Bonhoeffer. Lehrbuchautor der „roten Hunde“. Nachkriegstätigkeit an den Universitäten Jena, Frankfurt/Main und Göttingen. Arbeiten über Elektronen in Kristallen. Nach der Emeritierung 1964 Beiträge zur Geschichte der Quantentheorie und allgemeinen Physik.

Film Summary

Origins of Quantum Mechanics – Friedrich Hund on his Life. Student in Marburg and Göttingen: meetings with Debye, Courant, Nelson, Nohl, Born, Sommerfeld, Heisenberg, Ehrenfest, Landé, Franck, Hilbert. First publications: “Ablenkung von freien langsamen Elektronen in Atomen” (Deflection of Free Slow Electrons in Atoms), “Die Gestalt mehratomiger polarer Molekeln. I” (The Shape of Many-atom Polar Molecules). The “Göttinger Quantenmechanik” (Göttingen Quantum Mechanics) by Heisenberg, Born and Jordan. Postdoctoral university teaching qualification 1925: “Hund’s Rule”. The Schrödinger Equation 1926 as the key to understanding the molecule. Copenhagen 1926/27: Heisenberg’s Uncertainty Relation. First meeting with Mulliken. Harvard University 1929: nomenclature of the molecule, Hund-Mulliken molecule theory. Professor in Leipzig 1929: theory of chemical bonding. Meeting with Bloch (metal conducting), Teller (molecule), and Peierls (crystal lattice electrons). Inspiration by Höpke, Weizsäcker, and Bonhoeffer. “Rote Hunde” (red dogs) textbook author. Postwar work at the universities of Jena, Frankfurt/Main, and Göttingen. Research on electrons in crystals. After being made Emeritus in 1964, contributions to the history of quantum theory and general physics.

Résumé du Film

Mécanique quantique au départ – Friedrich Hund parle de sa vie. Etudiant à Marbourg et Göttingen: rencontres avec Debye, Courant, Nelson, Nohl, Born, Sommerfeld, Heisenberg, Ehrenfest, Landé, Franck, Hilbert. Premières publications: «Ablenkung von freien langsamen Elektronen in Atomen» (Déviation des électrons libres et lents dans les atomes), «Die Gestalt mehratomiger polarer Molekeln. I» (Le forme des molécules polyatomiques et polaires). «Göttinger Quantenmechanik» (Mécanique quantique de Göttingen) de Heisenberg, Born et Jordan. Agrégation en 1925: «Loi de Hund». L’équation d’onde de Schrödinger en 1926, une clé à la compréhension des molécules. A Copenhague en 1926/27: Le principe d’incertitude de Heisenberg. Première rencontre avec Mulliken. A l’université Harvard en 1929: Nomenclature des molécules, théorie des molécules de Hund et Mulliken. Professeur d’université à Leipzig en 1929: théorie de la liaison chimique. Rencontres avec Bloch (conduction métallique), Teller (molécules) et Peierls (électrons du réseau cristallin). Suggestions de Höpke,

Weizsäcker et Bonhoeffer. Auteur du livre d'études «Rote Hunde» (chiens roux). Activités d'après-guerre aux universités de Jena, Francfort/Main et Göttingen. Travaux sur électrons dans des cristaux. Depuis le début de la retraite en 1964, des articles sur l'histoire de la théorie quantique et sur la physique générale.