

Otto Haxel



Otto Haxel

Professor Haxel wurde 1909 in Neu-Ulm geboren. Er studierte in München und in Tübingen, wo er im Jahre 1933 promovierte. Unser Referent habilitierte sich 1936 in Berlin und war bis 1945 an der dortigen Technischen Hochschule als Dozent für Physik tätig. Hier kam er bei der Beschäftigung mit den bei der Bestrahlung des Urans entstehenden radioaktiven Nukliden zum ersten Mal mit Otto Hahn in engeren Kontakt. Nach dem Kriege war Herr Haxel von 1946 bis 1950 wissenschaftlicher Mitarbeiter am Max-Planck-Institut für Physik in Göttingen, das unter Leitung von Werner Heisenberg stand.

1950 nahm Professor Haxel einen Ruf nach Heidelberg an das Physikalische Institut an. Hier beschäftigte er sich u.a. mit dem Nachweis von radioaktiven Spurenstoffen in der Atmosphäre. Herr Haxel war von Anfang an Mitglied der Deutschen Atomkommission; ebenso war er am Aufbau des Kernforschungszentrums Karlsruhe, dessen Aufsichtsrat er von der Gründung an bis 1970 angehörte, maßgeblich beteiligt. Im Jahre 1970 unterbrach unser Referent seine Hochschultätigkeit für fünf Jahre und übernahm hauptamtlich die wissenschaftlich-technische Leitung dieses Forschungszentrums. Ab 1975 war Professor Haxel wieder an der Universität Heidelberg tätig und arbeitete dort über Fragen der Beeinflussung des Klimas durch anthropogene Faktoren.

Von seinen zahlreichen Veröffentlichungen soll hier nur auf die Publikationen *Das Schalenmodell des Atomkerns* (mit J.H.D. Jensen u. H.E. Suess) sowie auf *Entstehung, Eigenschaften und Wirkungen ionisierender Strahlen* hingewiesen werden.

Professor Haxel gehört seit 1951 der Heidelberger Akademie der Wissenschaften an und war ab 1978 deren Präsident; er ist Mitglied der Deutschen Akademie der Naturforscher Leopoldina. 1971 wurde ihm der große Verdienstorden des Bundesverdienstkreuzes verliehen; 1973 erhielt er den Ehrendoktor in Karlsruhe, und 1980 wurde ihm der Otto-Hahn-Preis der Stadt Frankfurt verliehen.

Wie ich die Entstehung der Physik der Atomkerne erlebte

Einleitung

Die Entstehung der Physik der Atomkerne kann man in zwei Epochen einteilen. Die erste, die sich Radioaktivität nannte, dauerte von 1896 bis 1938, als Otto Hahn die Uranspaltung entdeckte. Es war nur ein kleiner Kreis von Physikern und Chemikern, der sich mit diesem Außenseitergebiet zwischen Physik und Chemie befaßte. Als sich herausstellte, daß man die Hahnsche Entdeckung technisch nutzen kann, erwachte plötzlich das Interesse an den Atomkernen, und es gab die Kernphysik. Dieses Wort ist doppeldeutig, denn neben der Physik der Kerne, kann man es auch im Sinne eines Kernes der Physik gebrauchen. Bis zu einem gewissen Grad war auch die Kernphysik eine Zeitlang der Mittelpunkt der Physik, denn alles drehte sich um das Wissen über die Kerne. Es mußten die Wirkungsquerschnitte, Halbwertszeiten, Strahlenenergien, Massen usw. gemessen werden, wenn man technisch dieses Gebiet beherrschen wollte.

Da ich nicht alles schildern kann, was zu diesem großen Gebiet gehört, greife ich nur einige wenige, aber entscheidende Entdeckungen heraus, die ich entweder selbst miterleben durfte, oder aus den Erzählungen meines Lehrers Hans Geiger gut kenne. Ich hoffe, ich kann Sie damit bis zu einem gewissen Grade die Entstehungsgeschichte dieses Gebietes der Physik und Technik nacherleben lassen. Noch ein weiteres möchte ich mit meinem Erlebnisbericht erreichen: Aus vielen Diskussionen mit geisteswissenschaftlich geprägten Gesprächspartnern weiß ich, daß in der Öffentlichkeit vielfach falsche Vorstellungen über die Arbeitsweise des Physikers bestehen, die ich gerne berichtigen möchte. So mußte ich oft bei Diskussionen über Energiefragen gegen den Vorwurf kämpfen, wir Physiker würden die Erforschung der Grundlagen der alternativen Energien zugunsten der Kernphysik vernachlässigen, da letztere unseren Liebhabereien mehr entgegenkomme. Ich hoffe, mein Erlebnisbericht zeigt, daß die heute bekannten

Fakten der Kernphysik nicht Liebhabereien entsprungen sind, sondern in mühevoller, mit Enttäuschungen gespickter Kleinarbeit der Natur abgerungen werden mußten.

Die Entdeckung der Radioaktivität (1896)

Das Gebiet der Kernphysik ist mit der Entdeckung der Radioaktivität eröffnet worden. Diese wurde von H. Becquerel als Nebeneffekt in einem Experiment gefunden, von dem er zunächst glaubte, es sei völlig mißlungen. Becquerel arbeitete über das kalte Leuchten des Lichtes, also Fluoreszenz und Phosphoreszenz; ein damals sehr beliebtes Arbeitsgebiet, da man glaubte über diese Phänomene die Emissions- und Absorptionsvorgänge des Lichtes ergründen zu können. Ein Jahr zuvor waren die Röntgenstrahlen entdeckt worden. Becquerel vermutete wie viele andere mit ihm, daß diese neue Strahlung dem sichtbaren Licht verwandt sein müsse. Es lag daher nahe, daß er feststellen wollte, ob die Erscheinungen, die er am sichtbaren Licht untersuchte, auch bei den Röntgenstrahlen zu finden sind. Die Mineraliensammlung seines Vaters kam ihm dabei zu Hilfe. Er legte die einzelnen Mineralien, die er zuvor mit einer Röntgenröhre kräftig bestrahlt hatte, auf eine photographische Platte, um zu sehen, ob es das Phänomen der Phosphoreszenz, also das Nachleuchten, auch bei Röntgenstrahlen gibt. Und siehe da, bei einigen Materialien gab es die gesuchte Schwärzung auf der Platte. Seine Freude über die Entdeckung schlug aber in eine ebenso große Enttäuschung um, als er bei genauerem Studium erkennen mußte, daß die Schwärzung nichts mit der Röntgenbestrahlung zu tun hatte, sondern eine Eigenschaft der Mineralien an sich ist. Aber immerhin, er hat, wenn auch unabsichtlich, die Radioaktivität entdeckt und damit ein wichtiges Gebiet der Physik erschlossen.

Im Jahre 1903 wurde Antoine Henri Becquerel für seine Entdeckung mit dem halben Nobelpreis geehrt. Die andere Hälfte ging an das Ehepaar Pierre und Marie Curie, er Physiker und sie Chemikerin, die in der Zwischenzeit festgestellt hatten, daß sich aus den Uran- und Tho-

riumminerale Becquerels neue chemische Elemente isolieren ließen, deren Strahlungsintensität das Millionenfache der des Urans und des Thoriums betrug. In diesem denkwürdigen Jahr fanden P. Curie und A. Laborde, daß ein Radiumpräparat laufend Wärme produziert, eine Erscheinung, für die es bis dahin keine physikalische Erklärung gab. Der Kreis der an diesen Erscheinungen der Radioaktivität interessierten Forscher hatte sich inzwischen merklich vergrößert, insbesondere Rutherford und seine Mitarbeiter waren dazugestoßen. Rutherford wußte bereits, daß die Strahlung aus zwei Komponenten bestand: einer, die bereits durch ein Blatt Papier absorbiert werden konnte, die er Alphastrahlung nannte, und einer etwas durchdringenderen, zu deren Absorption man schon ein Schreibheft benötigte, die er Betastrahlung nannte. Magnetische und elektrische Ablenkungsversuche brachten ihn zu der Überzeugung, daß die Betastrahlen mit den damals bereits bekannten Kathodenstrahlen identisch sind, und daß die Alphastrahlen aus doppelt positiv geladenen Heliumatomen bestehen. Bereits in diesem Jahr (1903) vermutete er, daß die vielen neu gefundenen radioaktiven Elemente durch Atomumwandlungen auseinander hervorgehen. Ernst Rutherford erntete aber mit diesen neuen Vorstellungen keineswegs die Bewunderung seiner Kollegen, sondern, wie mir Geiger öfter erklärte, eher Verwunderung und Verärgerung. Da hat man sich eben mit dem Gedanken angefreundet, daß es Atome wirklich gibt, und diese nicht nur eine angenehme Arbeitshypothese der Chemiker sind, da kommt so ein Phantast und macht die Atome, die Unteilbaren, wieder kaputt.

Erst 10 Jahre später (1913) kam das Gebiet der radioaktiven Elemente zu einem gewissen Abschluß, als Kasimir Fajans und gleichzeitig Frederick Soddy die sogenannten Verschiebungssätze fanden. Diese sagten aus, daß durch einen Betazerfall ein Tochterelement entsteht, dessen Ordnungszahl um eine Einheit größer ist als die der Muttersubstanz. Die Massenzahl wird durch den Zerfall nicht verändert. Beim Alphazerfall nimmt die Ordnungszahl um zwei Einheiten ab und die Masse um vier Einheiten, entsprechend dem Atomgewicht des Heliums. Um die vielen radioaktiven Elemente - heute sagt man Nuklide - unterzubringen, mußten mehrfach Substanzen mit verschiedenen

radioaktiven Eigenschaften an derselben Stelle des Periodischen Systems der Elemente eingereiht werden: als sogenannte Isotope, die zwar gleiche chemische Eigenschaften aber verschiedene Massen besaßen. Alle radioaktiven Substanzen ließen sich in zwei mit Uranisotopen, der Massen 238 und 235, beginnende Familien sowie eine mit Thorium beginnende Familie einreihen. Als schließlich der Physikochemiker Otto Hönigschmid bei seinen Präzisionsbestimmungen der Atomgewichte zeigen konnte, daß Blei ein unterschiedliches Atomgewicht zeigte, je nachdem ob es aus Uranmineralien oder Thormineralien gewonnen war, nahm die Zahl der Zweifler ab. Doch blieb die Radioaktivität ein Außenseitergebiet der Physik, obgleich viele bedeutende Forscher, darunter Otto Hahn und Lise Meitner ihre Lebensarbeit diesem Gebiet widmeten. Es hatte nur magere Kontakte mit den anderen Gebieten der Physik. Aus der an sich sehr spannenden Entstehungsgeschichte will ich nur einen kurzen Abschnitt herausgreifen, den ich über die Erzählungen meines Lehrers Geiger näher kenne.

Die anomale Streuung von Alphastrahlen

Durch reinen Zufall, nicht etwa weil ihn das Arbeitsgebiet von Rutherford fasziniert hätte, kam Geiger zu Rutherford und wurde einer seiner bedeutendsten Schüler und Mitarbeiter. Geiger hatte 1906 in seiner Vaterstadt Erlangen mit einer Arbeit über elektrische Entladungen in Gasen promoviert. Sein Doktorvater verschaffte ihm einen Arbeitsplatz bei einem Kollegen in Manchester, der auf einem verwandten Gebiet arbeitete. Nach einem Jahr war nicht nur das Stipendium abgelaufen, auch Herr Schuster, der Chef der Physik in Manchester, ging in den Ruhestand, so daß der Englandsaufenthalt von Geiger zu Ende war. Die Koffer waren bereits gepackt, da kam ein Herr Rutherford ins Institut, um es anzusehen, denn er sollte die Nachfolge von Schuster antreten. Da niemand anderer anwesend war, zeigte Geiger dem Gast die Einrichtungen. Offenbar fanden beide Gefallen aneinander, jedenfalls bot Rutherford Geiger die Stelle des Verwaltungsassistenten

an; dieser sagte sofort zu und packte die Koffer wieder aus. Geiger blieb 5 Jahre bei Rutherford. Es waren die physikalisch erfolgreichsten Lebensjahre, nicht nur für Geiger.

Rutherford war gerade damit beschäftigt, die Zahl der Zerfälle pro Zeiteinheit einer genau definierten Menge einer radioaktiven Substanz zu ermitteln. Kennt man die Lebensdauer und die Zerfallsrate, so läßt sich daraus die Loschmidtsche Zahl, also die Zahl der Atome pro Mol errechnen. Rutherford wollte diese Zahl haben, als einen Beweis für die Richtigkeit seiner Zerfallshypothese. Die bisherigen Messungen ergaben zwar die richtige Größenordnung, doch waren sie nicht gegen alle Einwände gefeit, denn sie wurden mit der Szintillationsmethode gefunden. Diese beruht darauf, daß die Alphateilchen in der Leuchtsubstanz Zinksulfid kleine Lichtblitze auslösen, die mit einem Mikroskop ausgezählt werden können. Um dem Einwand zu begegnen, daß mit dieser Methode möglicherweise nur ein Teil der Zerfälle erfaßt wird, mußte eine unabhängige Zählmethode gefunden werden. Jetzt kamen Geigers Erfahrungen über Gasentladungen zum Tragen. Mit Hilfe der Stoßionisation konnte die Zahl der von einem Alphateilchen ausgelösten Ionen soweit verstärkt werden, daß sie mit einem auf höchste Empfindlichkeit gezüchteten Elektroskop nachgewiesen werden konnten. So entstand das erste Zählrohr - wir würden es heute Proportionalzählrohr nennen. Diese erste elektrische Nachweismethode bestätigte die Szintillationszählungen. Nach Erfüllung dieser wichtigen Aufgabe verschwand das Zählrohr wieder in der Versenkung, denn das Handhaben der empfindlichen elektrischen Nachweismethoden war wesentlich umständlicher als die Szintillationsmethode. Erst 20 Jahre später, als es eine Verstärkertechnik gab, erschien das Zählrohr wieder als Geiger-Müller-Zählrohr, das dann das wichtigste Meßgerät für den Nachweis ionisierender Strahlen wurde. Bei der genauen Auszählung der Zerfälle des Radiums gab es noch ein weiteres Problem. Es zeigte sich, daß die Alphateilchen nicht ganz genau geradlinig durch die Materie fliegen. Offenbar werden sie in den Atomen um sehr kleine Winkel abgelenkt. Im Mittel gleichen sich diese Ablenkungen gegenseitig aus, aber in manchen Fällen können sie sich auch aufsummieren, so daß eine kleine Abweichung von der

Geradlinigkeit beobachtet wird. Blendet man mit einer Metallblende einen Strahl aus, so zeigen sich auch in dem von der Blende abgeschatteten Bereich noch einige Strahlen, so daß die Strahlenbündelgrenze nicht ganz scharf ist.

Um sicher zu gehen, wie er die mangelhafte Bündelbegrenzung bei der Auszählung zu korrigieren habe, untersuchte Geiger diese Vielfachstreuung eingehend und fand sie in Übereinstimmung mit den Gesetzen der Statistik. Die genaue Kenntnis der Gesetze der Statistik gehörte damals schon zum unabdingbaren Handwerkszeug der Forscher. Der radioaktive Zerfall gab ja auch eine wunderbare Prüfungsmöglichkeit für diese Gesetze, denn das von den beiden Wolfenbüttlern Gymnasiallehrern J. Elster und H. Geitel gefundene exponentielle Abfallgesetz für den radioaktiven Zerfall konnte, wie vor allem E.v. Schweidler gezeigt hatte, nur verstanden werden, wenn der einzelne Zerfallsakt nur vom reinen Zufall abhängt und nicht etwa kausal bedingt ist. Ein soeben entstandenes Radiumatom muß dieselbe Zerfallswahrscheinlichkeit haben wie eines, das schon einige tausend Jahre alt ist. Für die Atome gibt es also keinen Alterungseffekt. Jedenfalls bei dem Vorgang der Vielfachstreuung schien alles mit den Gesetzen der Statistik in bester Ordnung zu sein.

Eines Tages kam zu Geiger dessen Schüler Marsden und verkündete ihm, er finde nicht nur Alphateilchen, die ein oder zwei Grad abgelenkt wurden, sondern auch solche, die in einer Metallfolie hinten herauskommen, also um mehr als 90° abgelenkt worden seien. Geiger war ärgerlich und machte Marsden den Vorwurf, er habe geschweigt und radioaktive Substanz unkontrolliert ins Innere seiner Apparatur gebracht und damit die primitivste und oberste Regel bei allen Arbeiten mit Radioaktivität verletzt. Von Dreckeffekten wolle er nichts wissen. Doch Marsden widersprach energisch und konnte Geiger überzeugen, daß es sich bei seiner Beobachtung um Physik und nicht radioaktive Kontamination handelt. Geiger und Marsden experimentierten weiter und fanden, daß Goldfolien ein Vielfaches an gestreuten Teilchen ergaben, verglichen mit Glimmer oder Aluminium. Alle Resultate waren reproduzierbar, auch bei Veränderungen der Versuchsanordnung. Als Geiger Rutherford Bericht erstatten wollte, bereitete

dieser Geiger denselben Empfang, den Geiger seinem Schüler hat zuteil werden lassen. Schließlich mußte sich auch Rutherford den Fakten beugen und den Effekt anerkennen. Eine Erklärung für die Großwinkelstreuung gab es nicht. Eine statistische Häufung von Kleinwinkelstreuungen war undenkbar, aber auch eine Einzelstreuung war im damaligen Atommodell, bei dem die Masse des Atoms gleichmäßig über das Atomvolumen verteilt angenommen wurde, nicht vorstellbar. Wo sollten die riesigen Kräfte herkommen, die ein Heliumatom mit $1/50$ Lichtgeschwindigkeit um einen großen Winkel ablenken können. Rutherford prägte das Bild, das wäre ja gerade so, als wenn eine Gewehrkuugel von einem Blatt Papier zurückgeworfen würde. Wenn auch keine Deutung zu finden war, bekam der Effekt wenigstens einen Namen. Er war: "Die anomale Streuung von Alphastrahlen".

Rutherford kreiert den Atomkern

Einer meiner Vorgänger hier in Heidelberg, P. Lenard, hat in seinem Vortrag bei der Nobelpreisverleihung 1905 den Gedanken geäußert, daß die Atome in ihrem Innern leer sein müssen und nur von Kraftfeldern ausgefüllt sein können. Nur so wären seine Versuche über den Durchgang von Kathodenstrahlen durch Materie zu verstehen. Die Kathodenstrahlen durchqueren die Atome, ohne steckenzubleiben; sie werden nur in ihrer Richtung abgelenkt und abgebremst. Dasselbe gilt für den Durchgang von Alphastrahlen durch Materie, nur sind ihre Richtungsänderungen wegen der größeren Masse entsprechend kleiner.

Solche Vorstellungen müssen Rutherford Pate gestanden haben, als er sein Atommodell entwarf. Die Anomalie bei der Alphastreueung beschäftigte ihn unablässig. Er erkannte, daß nur in nächster Nähe einer elektrischen Punktladung so hohe Feldstärken auftreten können, daß ein Alphastrahl zurückgeworfen werden kann, sofern in der Punktladung auch genügend Masse verankert ist, damit der Impuls aufgenommen werden kann. So stellte er die Hypothese auf, daß im Innern

des Atoms die ganze Masse in einem Punkt vereinigt ist, der eine kräftige positive Ladung trägt. Offenbar hat er diesem Modell selber nicht viel zugetraut, denn, um keine Zeit mit unnötigem Rechnen zu verlieren, hat er einen Studenten - sozusagen als Übungsaufgabe - damit beauftragt, auszurechnen, wie die Winkelverteilung von geladenen Teilchen aussieht, wenn man ein Bündel von ihnen an solchen punktförmigen Streuzentren vorbeischießt. Die Rechnung ergab, daß das Gros der Teilchen nahezu ohne Ablenkung eine Schicht solcher Streuzentren durchsetzt. Nur einige wenige, die sehr nahe an die Punktladungen herankommen, erleiden einen größeren Ablenkwinkel, und nur ganz selten werden die Teilchen zurückgeworfen. Rutherford ließ Geiger die Rechenergebnisse experimentell überprüfen und siehe da, die Übereinstimmung war hervorragend. Dies war beeindruckend, da die Teilchenzahlen zwischen kleinen und großen Winkeln um mehrere Zehnerpotenzen variierten. Erst nachdem auch die Geschwindigkeitsabhängigkeit der Streurrate mit der Hypothese übereinstimmte, wagte es Rutherford, seine Streuformel und damit sein Atommodell zu publizieren. Chadwick hat dann in einer nach meiner Meinung viel zu wenig bekannten Arbeit gezeigt, daß die Experimente am besten wiedergegeben werden, wenn man die Ladung des Streuzentrums proportional zur Ordnungszahl des streuenden Materials macht. Der Atomkern war damit geboren. Er enthält die gesamte Masse des Atoms, und er trägt eine positive Ladung, deren Betrag gleich Ordnungszahl mal Elementarladung ist.

Damit war aber noch nicht die Kernphysik geboren, sondern erst die Atomphysik. Der Atomkern war nicht sehr populär im Kreise der Physiker. Die Hypothese vom Massenpunkt, nur um eine Anomalie bei der Alphastrahlenstreuung zu erklären, schien etwas weit hergeholt. Dies galt jedoch nicht für den als Gast bei Rutherford weilenden jungen Dänen Niels Bohr. Dieser war von Rutherfords Idee begeistert, interessierte sich jedoch weniger für den positiv geladenen Kern, sondern mehr für die diesen umgebende Elektronenhülle. Das Bohrsche Atommodell feierte seine Triumphe, indem es die Balmerformel erklärte, den Einfluß elektrischer und magnetischer Felder auf die Spektren verständlich machte und der Chemie eine neue Basis gab.

Damit war auch der Atomkern, ohne den das Modell nicht auskam, etabliert. Aber von Kernphysik wurde immer noch nicht gesprochen, das Gebiet hieß immer noch Radioaktivität. Dies mit einer gewissen Berechtigung, denn die Arbeiten auf diesem Gebiet waren nur so gut wie die radioaktiven Strahlenquellen und andere Strahlenquellen als die der radioaktiven Elemente gab es noch nicht.

Auf dem Gebiet der Atomkerne wurden weiter wichtige Entdeckungen gemacht. Geiger und Nuttall hatten gefunden, daß zwischen der Energie der Alphateilchen eines radioaktiven Elementes und dessen Halbwertszeit ein enger Zusammenhang besteht. Alphastrahler, die energiereiche Strahlen aussenden, haben eine kurze Lebensdauer; solche mit kleiner Alphastrahlenenergie, wie etwa Uran und Thorium, haben Lebensdauern von Milliarden von Jahren, während die energiereichsten Strahler nur Mikrosekunden leben. Diese Beobachtung schrie direkt nach einer Erklärung. Auch die Entstehungsgeschichte der Alphastrahlen schien mit dem Modell des Kerns zugänglich zu werden. Die naheliegendste Idee war die, daß durch die Zahl der Ladungen und den Durchmesser des Kerns die Höhe des Potentialberges gegeben ist, den die Alphateilchen herunterfallen und damit ihre kinetische Energie bekommen. Leider hielt dieser schöne Gedanke der Nachprüfung nicht stand. Mit Hilfe der Einzelstreuung, die jetzt längst nicht mehr anomale hieß, von Alphateilchen an Uranfolien konnte gezeigt werden, daß die Alphateilchen eines Thoriumabkömmlings mit der doppelten Energie des Urans keinen Gipfel des Potentialberges bei der Energie der Uranteilchen finden konnten. Des Rätsels Lösung fand erst viele Jahre später George Gamow (1928). Er nahm an, daß das Alphateilchen im Kern schon seine Emissionsenergie besitzt, aber durch die starken Kernkräfte festgehalten wird. Es befindet sich daher in einem Potentialtopf, dessen hoher Rand das Entweichen verhindert. Dank seiner Wellennatur kann es aber die Wand durchtunneln. Die Wahrscheinlichkeit dafür ist umso größer, je dünner die Potentialwand ist. Energiereiche Alphateilchen, die sich am oberen Rand des Potentialtopfes befinden, werden daher durch eine viel dünnere Wand zurückgehalten als energieärmere. Gamow konnte zeigen, daß die Rechnungen genau die Entweichwahrscheinlichkeiten und deren Abhän-

gigkeit von der Alphaenergie ergaben, die Geiger und Nuttall in ihrer berühmten Beziehung gefunden hatten. Mit der Gamowschen Zerfallstheorie war ein großer Fortschritt im Verständnis des Kernes gelungen. Es ließen sich jetzt auch die Wahrscheinlichkeiten für den Umkehrprozeß, also das Eindringen eines Teilchens in den Kern ausrechnen. Damit war das Problem der künstlichen Kernumwandlung der Berechnung zugänglich. Es zeigte sich, wenn auch nur rechnerisch, daß bei den hohen Temperaturen im Innern der Sterne Kernreaktionen stattfinden können. Damit war die bis dahin unbekannte Energiequelle der Sterne erkannt. Ein neues Gebiet der Astronomie, die Astrophysik, war eröffnet worden.

Diese aufregende Phase der beginnenden Kernphysik vollzog sich zur selben Zeit, in der ich mein Studium aufnahm. Es wäre rückblickend das Naheliegendste, anzunehmen, daß die Faszination, die von diesem Gebiet der Physik ausging, meinen Weg zu meinem Lehrer Geiger bestimmt hätte. Dem ist nicht so, dafür waren nahezu banale Faktoren verantwortlich.

Wie ich zu meinem Lehrer Geiger kam

Als Schüler war ich begeisterter Radiobastler und kannte die einschlägige Literatur, soweit sie mir zugänglich war, weit besser als mein Schulpensum. Es lag daher nahe, daß ich das Ingenieurstudium ergreifen wollte und zunächst eine halbjährige Praktikantentätigkeit ausübte, wie sie für dieses Studium vorgeschrieben war. Bereits im ersten Semester erkannte ich, daß für mich die Physik das Richtige ist. Die Vorlesungen von Zenneck, den ich als Pionier der Hochfrequenztechnik verehrte, waren mir eine Offenbarung. Da es an der Technischen Hochschule München einen Studiengang Technische Physik gab, ließ ich mich auf diesen umschreiben. Mit derselben Begeisterung besuchte ich die Vorlesungen von Gerlach an der Universität. Das Studium verlief normal, ja ich hatte sogar ein gewisses Vertrauensverhältnis zu Zenneck gefunden, denn im Physikalischen Praktikum, das er regelmäßig aufsuchte, sprach er oft lange mit mir; ich durfte

Fragen stellen über den Vorlesungsstoff, die er mir offensichtlich gerne und ausführlich beantwortete. Erst viele Jahre später habe ich erfahren, daß ich diese Vorzugsbehandlung nicht meinen klugen Fragen verdankte, sondern nur dem Umstand, daß Zenneck in seiner bajuvarischen Umgebung zur Abwechslung wieder einmal den heimatischen Dialekt gebrauchen wollte. Das Vordiplom konnte ich termingemäß mit guten Noten ablegen.

Meine Mutter war über das Diplomzeugnis zutiefst erschrocken, denn es lautete nicht auf ein ihr bekanntes Fach wie Maschinenbau oder Elektrotechnik, sondern auf Technische Physik. Sie erkundigte sich bei einem statistischen Amt nach den Berufsaussichten auf diesem Gebiet und erhielt die Antwort: Das Berufsbild des Physikers gäbe es nicht, daher sei ihre Frage nicht beantwortbar. Meine Mutter erklärte mir, daß sie unter diesen Umständen mein Studium nicht weiter finanzieren könne.

Hier muß ich nachtragen, daß mein Vater sowie der Bruder meiner Mutter im ersten Weltkrieg gefallen waren, und meine Mutter als alleinstehende Frau mit dem Geschäft ihres Vaters sich und zwei Kinder, von denen eines auch noch studieren wollte, durchbringen mußte. Dadurch ist sie eine resolute und nüchterne Frau geworden. Ich mußte unbedingt einen Gegenbeweis erbringen und ging zum Münchner Kultusministerium, um mich zu erkundigen, ob ich mit meinem Studium mit einer Anstellung an einer höheren Schule rechnen könne. Offenbar war ich an einen subalternen Beamten geraten. Er empfing mich wenig freundlich und wurde unfreundlich, als ich ihm mein Abiturzeugnis zeigte. Die Noten waren ihm fremd, denn ich hatte mein Abitur in dem württembergischen Ulm gemacht. Die Unfreundlichkeit schlug in Zorn um, als ich auf die Frage, warum ich mein Abitur außerhalb Bayerns abgelegt hätte, zur Antwort gab, das sei nicht meine Schuld, sondern die des bayerischen Staates, der in meiner Vaterstadt Neu-Ulm keine Schule mit Abiturabschluß unterhalte. Die wütende Antwort, daß ich keine Chance hätte, je in den Bayerischen Staatsdienst übernommen zu werden, war zu erwarten.

Ich wollte jedoch nicht aufgeben und fuhr umgehend nach Stuttgart. Dort wurde ich im Kultusministerium sehr freundlich in der heimati-

chen Mundart empfangen, mein Abiturzeugnis fand Gefallen, und man ließ mich wissen, daß ich gute Chancen für eine Anstellung als Lehrer an einer höheren Schule hätte. Etwas ängstlich wagte ich die Frage, ob dem nicht mein in Bayern liegender Geburtsort Neu-Ulm im Wege stünde. Als ich die Antwort erhielt, daß dies doch absolut belanglos sei, fiel mir ein Stein vom Herzen, und ich brach in ein Lachen der Erleichterung aus. Um meinem Gesprächspartner meine eigenartige Reaktion zu erläutern, erzählte ich, was ich tags zuvor in München erlebt hatte. Nun war das Lachen an ihm. Er ging aus dem Zimmer und holte einen weiteren Kollegen, und ich mußte die Geschichte nochmals in allen Details erzählen. Es ergab sich ein angeregtes Gespräch, an dessen Schluß ich den kameradschaftlichen Rat erhielt, doch das Abschlußexamen in Stuttgart oder Tübingen abzulegen, denn alles gestalte sich viel einfacher, wenn man im Lande zurückfragen könne.

Ich beschloß darauf, sofort die Hochschule zu wechseln. Schweren Herzens erklärte ich Zenneck, daß ich nicht wie vorgesehen in sein Labor eintreten könne und bat um Rat, ob ich nach Stuttgart oder Tübingen gehen solle. Zenneck empfahl mir zu Geiger nach Tübingen zu gehen. Geiger sei eben erst von Kiel nach Tübingen gekommen und habe noch Platz in seinem Institut, außerdem würde mir dessen Arbeitsgebiet bestimmt gefallen, womit er mehr als recht hatte. Geiger nahm mich in sein Institut auf und gab mich in die Obhut seines Oberassistenten Chr. Gerthsen, dem ich bei dessen Kanalstrahluntersuchungen assistieren sollte. Es war eine völlig neue Welt für mich, die mich vollkommen in Anspruch nahm. Nie wieder habe ich in so kurzer Zeit soviel Physik gelernt, da mir Gerthsen alle Einzelheiten seiner Apparatur und deren Aufgaben erklärte. Schon nach wenigen Wochen durfte ich eine eigene Apparatur aufbauen, um für Gerthsen mit Hilfe der Kathodenzerstäubung Berylliumfolien herzustellen. Gerthsen hat mir natürlich die nötigen Anleitungen dazu gegeben. Er war mit mir zufrieden, denn ich konnte ihm doch etwas behilflich sein, wenn auch nicht mit meiner Physik, so doch mit meinen Fähigkeiten als Mechaniker, die ich mir während meiner Praktikantenzeit erworben hatte. Als ich die ersten brauchbaren Berylliumfolien hergestellt hatte und eben

dabei war, die Apparatur umzubauen und zu optimieren, kam Geiger zu Gerthsen und mir. Ich war von Gerthsen schon darauf vorbereitet worden.

Geiger ließ sich von mir meine Apparatur erklären, für die er nur mäßiges Interesse zeigte. Als ich erzählen wollte, was ich weiter vorhatte, winkte er ab und meinte, dies würde jemand anderer machen; er habe für mich eine neue Aufgabe. Ich schaute hilfeschend zu Gerthsen und erkannte an dessen strahlendem Gesicht, daß alles weitere schon abgesprochen war. Geiger nahm mich mit in sein Cheflabor, das ich ehrfürchtig betrat. Ich solle die nächste Zeit hier arbeiten, sagte mir Geiger, und zeigte mir die bereits in Betrieb befindliche Apparatur. Es war ein Proportionalzählrohr, winzig klein verglichen mit dem über einen Meter langen Verstärkerkasten, an dessen Ausgang ein Trichterlautsprecher angeschlossen war. In einem großen Regal standen einige Dutzend Anodenbatterien, wie sie damals für den Betrieb von Radioempfängern üblich waren, die hintereinandergeschaltet die Hochspannung für das Zählrohr lieferten. Geiger brachte ein Alphastrahlenpräparat vor das Fenster des Zählers, das im Lautsprecher gut hörbare Knackse ergab. Mit einem Relais und einem elektrischen Zähler (Telefongesprächszähler) sollten später die Teilchenzahlen erfaßt werden, doch das funktionierte noch nicht. Geiger brachte dann noch ein Gammstrahlenpräparat in die Nähe und zeigte, daß die Alphastrahlen auch in Gegenwart der Gammastrahlen nachgewiesen werden konnten. Meine Aufgabe sollte es nun sein zu versuchen, ob nicht auch Protonenstrahlen in Gegenwart von Beta- und Gammastrahlen nachzuweisen sind. Ich dürfe dazu alles verändern, was ich wolle, nur an dem Verstärker dürfe ich nichts tun. Dieser sei tabu, denn er sei von einem Kieler Kollegen eigens für ihn (Geiger) entwickelt und gebaut worden. Letztlich sollte ich die Versuche von Bothe in Berlin und Chadwick in England, die beide die bei Atomumwandlungen durch Alphastrahlen ausgelösten Protonen ausgemessen hatten, wiederholen. Ich sollte aber nicht wie Bothe und Chadwick die energiearmen Alphastrahlen des Poloniums benutzen, sondern Alphastrahlen hoher Energie. Solche Strahler sind aber kurzlebig und daher nur in Verbindung mit einer längerlebigen Muttersubstanz und den

Tochtersubstanzen als Quellen zu verwenden, was den Nachteil hat, daß eine massive Beta- und Gammabegleitstrahlung in Kauf genommen werden muß. Gelänge es mir, die Protonen in Gegenwart dieser Begleitstrahlung zu finden, dann würde ich das Gebiet der Atomumwandlungen erheblich verbreitert haben; wahrlich eine verlockende Aufgabe.

Ich studierte die Literatur und ließ mich von Gerthsen beraten. Geiger selbst gab mir die meisten Hilfestellungen. Er zeigte mir, wie man mit einem Blatt Zigarettenpapier, das man vor eine Alphastrahlen-Quelle hielt, natürliche Protonen erzeugen kann. Das größte Erlebnis war die Herstellung eines Radiumemanationspräparates. In einem nur mit einer roten Dunkelkammerlampe und einer schwachen Glühbirne erleuchteten Kellerraum befand sich ein Kolben mit einer Radiumsalzlösung, über der sich die durch den Radiumzerfall gebildete Emanation ansammelte. Mit einer Döplerpumpe wurde das Gas, das im wesentlichen aus durch Radiolyse entstandenem Wasserstoff bestand, in ein fingerhutförmiges Glasröhrchen gepumpt, das unten durch Quecksilber abgedichtet war. Mit diesem Röhrchen wurden die zwei bis drei cm^3 Gas in eine mannshohe, etwa einen Meter breite Apparatur gebracht, die aus einer Unzahl von Glasröhren, Druckgummischläuchen und vielen kg Quecksilber bestand. Als erstes wurde das Gas mit etwa der gleichen Menge Luft versetzt und dann expandiert, soweit das möglich war. Mit einem elektrischen Funken wurde der Wasserstoff entzündet. Trotz des niedrigen Gasdruckes war der Explosionsstoß ganz beachtlich; ich habe mich jedesmal gewundert, daß die Glasapparatur nicht zu Bruch ging. Danach kam das Gas in ein Gefäß mit Trockensubstanz, um Wasserdampf und Kohlendioxid zu adsorbieren. Während der Verweilzeit war Zeit für Gespräche, in denen mir Geiger über seine Erlebnisse bei Rutherford berichtete. Ich erfuhr, wie durch Zusammenarbeit fast aller Mitarbeiter im Laufe der Jahre diese Apparatur entstanden war, vor deren Kopie wir jetzt saßen. Vieles aus diesen Unterhaltungen habe ich in den vorhergehenden Kapiteln beschrieben. Die Unterhaltung wurde im Dunkeln geführt, nicht um der Romantik willen, sondern um unsere Augen an die Dunkelheit zu adaptieren, denn die folgenden Schritte der Manipulation wurden im

Eigenlicht der Emanation ausgeführt. Die intensive Alphabestrahlung bringt das Glas zum Fluoreszieren, so daß man bequem sehen kann, wo sich die Emanation jeweils befindet, was das Experimentieren sehr erleichtert. Nach der Trocknung wurde die Emanation durch ein U-Rohr gepumpt, das mit flüssiger Luft gekühlt wurde. Schon bevor das Gas in die Höhe des Spiegels der flüssigen Luft kam, wurde die Emanation vollständig an der Glaswand auskondensiert, so daß ein heller gelbgrüner Ring entstand, dessen Licht für die Bedienung der Apparatur mehr als ausreichend war. Die nichtkondensierbaren Gase wurden soweit möglich weggepumpt und danach die Emanation durch Erwärmen des U-Rohres (meist mit den Fingern) freigesetzt und mit Quecksilber in ein kleines Glaskügelchen gedrückt, das am Ende einer dünnen Kapillare saß. Am Eigenleuchten konnte man sehen, ob man die Emanation an die richtige Stelle gebracht hatte. Die Herstellung dieser Glaskügelchen hatte ich von Geiger gelernt. Viele Stunden, wenn nicht Tage habe ich mit der Herstellung verbracht und sie in großer Serie hergestellt. Als erstes wurden sie ausgepumpt. Diejenigen, die implodierten, schieden damit aus. Von den Überlebenden habe ich dann dasjenige ausgewählt, das die dünnste Haut hatte. Je weniger Energie die Alphastrahlen in der Quelle verloren, desto wertvoller war mein Präparat.

Mit der Herstellung solcher Glaskügelchen, so erzählte mir Geiger, hänge die größte Blamage seines Lebens zusammen. Rutherford fragte ihn, schon in der allerersten Zeit der Zusammenarbeit, ob er, Geiger, nicht Glasröhrchen herstellen könne, die so dünn wären, daß die Alphastrahlen austreten können. Diese Röhrchen könne man dann in Bleiröhrchen stecken und aus dem Blei das Helium austreiben. Ramsay sei in der Lage, diese kleine Menge spektroskopisch nachzuweisen. Geiger meinte, dies sei aus Festigkeitsgründen unmöglich. Rutherford gab nicht nach und fragte weiter. Roysss konnte die besagten Kügelchen blasen, und so wurde Roysss der Mitautor der berühmten Arbeit, die die Identität von Alphateilchen und Helium bewies. Für Geigers Zögern bei diesem Experiment gibt es mildernde Umstände. Für ihn war die Frage der Identität von Alphateilchen bereits gelöst, denn einige Jahre zuvor hatten Ramsay und Soddy bereits gefunden,

daß in radioaktiven Mineralien gehäuft Helium vorkommt. Rutherford sah sich aber der Kritik seiner geologischen Kollegen ausgesetzt, die ihm klar machten, daß dieses Helium anderen Ursprungs sein müsse, denn die Welt sei gar nicht so alt, daß die gefundene Menge hätte entstehen können. Die Aussagekraft der damaligen Radiologie war eben sehr viel geringer als die der geologischen Altersbestimmung. Das hat sich inzwischen gewaltig geändert.

In der Zusammenarbeit mit Geiger gab es nur einmal eine zum Glück nur kurz dauernde Unstimmigkeit. Es war am Anfang; ich kam sehr rasch voran und hatte bald alle Optimierungsmöglichkeiten ausgeschöpft bis auf den Verstärker, der ja tabu war. Von außen konnte ich feststellen, daß der Verstärkungsfaktor nicht optimal war, die Leistung der Endröhre völlig unzureichend war und, was mich am meisten störte, der Zugang zum Gitter der Eingangsröhre war blockiert, offensichtlich durch einen Kondensator. Ich wollte nur kurz nachsehen und schraubte den Deckel auf, hob ihn leicht an und sah die ältesten Radoröhren, die ich kannte, und eine unmögliche Leitungsführung. Mein Respekt vor dem Tabu sank weit unter den Nullpunkt. Ich machte den Deckel ganz auf, um wenigstens den Eingangskondensator zu überbrücken. Als ich gerade mit dem LötKolben in der Hand loslegen wollte, stand Geiger in der Tür, schlug die Hände über dem Kopf zusammen, wurde rot im Gesicht und rief: "Ach, diese jungen Leute, die haben auch vor gar nichts mehr Respekt." Ich versuchte zu beschwichtigen und versprach, alles wieder so herzustellen wie es gewesen war. Ich bat nur darum, einen neuen Verstärker bauen zu dürfen. Geiger meinte, das können Sie doch gar nicht. Dieser Verstärker wäre von einem der angesehensten Hochfrequenztechniker gebaut worden und soviel hätte ich bei Zenneck gar nicht lernen können, um es mit diesem aufzunehmen. Ich wagte einzuwenden, daß der Bau aber doch schon viele Jahre zurückliegen müsse, denn die Röhren seien nicht auf dem Stand der Technik. Diesen würde ich einigermaßen kennen, denn bis vor einigen Monaten, als ich in sein Institut eintrat, war dieses Gebiet mein ausschließliches Hobby. Ich überzeugte Geiger, daß mein Vorhaben sinnvoll sei, und die Harmonie war wieder hergestellt.

Ein weiteres Erlebnis hat das kollegiale, väterlich-wohlwollende Verhältnis Geigers zu mir vor allem für die weitere Zukunft sehr gefestigt. Ich hatte zufällig beobachtet, daß meine Aluminiumfolie, die ich mit Alphastrahlen bestrahlt hatte, radioaktiv war. Offenbar war mein Präparat undicht geworden, doch nichts paßte dazu. Weder war eine Undichtigkeit zu erkennen, noch paßte die gefundene Halbwertszeit zu den Substanzen in meiner Strahlenquelle. Ich ging zu Geiger, um mir Rat zu holen, doch auch er wußte keine Erklärung. Auf die Frage, ob ich den Effekt weiter untersuchen soll, meinte Geiger, nur wenn er gravierend stören sollte, andernfalls soll ich den Nebeneffekt vergessen und mich ganz meiner Doktorarbeit widmen und so rasch es geht ins Examen gehen, sonst könne er mir die vorgesehene Assistentenstelle nicht geben. Da ich in Geldnöten war, schlug dieses Argument durch.

Zwei Jahre später, als ich mein Examen hinter mir hatte und wohlbestallter Assistent war, kam Geiger zu mir und zeigte mir die Arbeit des Ehepaares Joliot vom Pariser Radiuminstitut, in der die Entdeckung der künstlichen Radioaktivität mitgeteilt wurde. Geiger erinnerte sich sofort daran, daß ich zwei Jahre zuvor die von den Joliot beschriebene Substanz schon in den Händen hatte. Geiger meinte etwas bedrückt, daß sein damaliger Rat, die Erscheinung nicht weiter zu verfolgen, ein schlechter gewesen sei. Ich konnte ihm ehrlich versichern, daß ich mit dem Verlauf der Dinge äußerst zufrieden sei, denn ohne finanzielle Basis hätte ich ja die Physik aufgeben müssen; eher müßte ich mir Vorwürfe machen, daß ich die Erscheinung nicht besser fundiert hätte, denn der nächste notwendige Schritt sei ja ein radiochemischer gewesen, den ich nie hätte gehen können, wohl aber er mit seinem engen Freund Otto Hahn. Der Nobelpreis, den das Ehepaar Joliot kurz darauf erhielt, war nicht der für Physik, sondern der Chemiepreis.

Die Entdeckung der Uranspaltung durch Otto Hahn

Im Wintersemester 1936/37 ging Geiger nach Berlin-Charlottenburg an die Technische Hochschule und nahm mich als einen seiner engeren Mitarbeiter mit. In Berlin hatte ich einige Freunde, so daß ich sehr rasch in einen großen Freundekreis kam, der im wesentlichen aus Industriephysikern bestand. Die politisch sehr traurige Zeit hatte wenigstens den einen Vorteil, daß sie gleichgesinnte Menschen sehr eng zusammenrücken ließ, um sich gegenseitig helfen zu können. In diesem Kreise stellte ich einmal die Frage, ob man sich darüber freue, daß Geiger die Nachfolge von Gustav Hertz angetreten habe. Die Antworten, die ich erhielt, waren für mich doch leicht deprimierend, wenn auch nicht überraschend. Die Person und der Wissenschaftler Geiger seien sehr willkommen, doch sei es eine Fehlbesetzung, denn ein so esoterisches Gebiet wie die Radioaktivität gehöre nicht an die Technische Hochschule der Stadt Berlin, in der die gesamte Großindustrie des Reiches konzentriert sei.

Einige Jahre später haben die Donnerschläge von Hiroshima und Nagasaki gezeigt, daß dieses Gebiet leider Gottes gar nicht so esoterisch ist, sondern im Gegenteil Eingriffe in das Weltgeschehen hervorgerufen hat wie vor dem keine andere naturwissenschaftliche Erkenntnis.

Aus meiner Berliner Zeit will ich nur einige Erlebnisse der Jahre 1938/39 herausgreifen, die nicht nur physikalisch sehr ereignisreich waren. Im Kaiser-Wilhelm-Institut für Chemie hatten O. Hahn und F. Straßmann gefunden, daß bei der Bestrahlung von Uran mit Neutronen neben einigen anderen ein radioaktives Produkt entstand, das sie als ein Radiumisotop chemisch identifizieren konnten. Ich hätte auch gerne auf diesem Gebiet gearbeitet, denn man durfte hoffen, daß man durch Neutronenanlagerung in das Gebiet der Transurane kommen kann und dort eine Antwort auf die Frage findet, warum es in der Natur keine schwereren Atome als das Uran gibt. Die Entstehung des von Hahn gefundenen Radiums schien mir mit physikalischen Mitteln angebar. Um vom Uran zum Radium zu kommen, sind mindestens zwei Alphazerfälle nötig. Da das Radium kurz nach der Bestrahlung

bereits gefunden werden kann, müssen die radioaktiven Zwischenprodukte sehr kurzlebig sein. Kurzlebige Alphastrahler haben aber energiereiche Strahlen, die neben den energiearmen Strahlen des Urans zu finden sein müßten. Als Ausgangssubstanz benötige ich aber für solch einen Versuch eben frisch gefälltes Uran, das vollkommen frei von kurzlebigen Folgeprodukten ist. Ich fragte Geiger, ob ich mir im Chemieraum einen diesbezüglichen Arbeitsplatz herrichten könne. Geiger lehnte strikte ab, mit der Begründung, ich würde dabei das Institut radioaktiv kontaminieren und damit die am Institut laufenden Arbeiten über kosmische Strahlung verhindern. Ich sollte mir das Uran bei Otto Hahn besorgen. Dies leuchtete mir ein, denn ich durfte ein berechtigtes Mißtrauen der Höhenstrahler gegen mich nicht noch weiter schüren. Zwar lagen unsere Arbeitszimmer so weit wie dies möglich war auseinander, aber gelegentlich mußte ich doch ein starkes Präparat durch das Institut tragen und die Höhenstrahler bitten, solange ihre Apparaturen abzuschalten. Nie hätte ich gewagt, einen so berühmten Mann wie Hahn um so eine lapidare Hilfestellung zu bitten, wenn ich nicht gewußt hätte, daß Hahn und Geiger durch ihre langjährige gemeinsame Arbeit bei Rutherford sehr eng befreundet waren. Auch war ich Hahn und seinen Mitarbeitern schon bekannt, denn die Geigersche Zählrohrtechnik war ihr wichtigstes Handwerkszeug.

Als es soweit war, überreichte mir Hahn selbst das eben frisch gefällte Uran, bot mir weitere Hilfestellungen an und meinte, daß Geiger aus Erfahrung wisse, warum er keine Radiochemie in seinem Institut haben wolle. Ich kleidete die Innenwand eines Proportionalzählrohres mit dem Uran aus und überdeckte das Uran mit einer Aluminiumfolie, die gerade so dick war, daß die Uranalphateilchen nicht durchdringen konnten. Mit einer gleichartigen Apparatur hatte ich zuvor die Alphastrahlenemission des Bors unter Neutronenbeschuß erfolgreich ausgemessen. Der Nulleffekt meines Uranzählrohres war vernachlässigbar, ein Beweis, daß ich sauber gearbeitet hatte und das Uran keine störende Menge kurzlebiger Folgeprodukte enthielt. Ich setzte das Experiment in Gang und wartete gespannt auf die Alphateilchen, die auftreten sollten, wenn ich eine Neutronenquelle in die Versuchsanordnung einlegte. Aber nichts geschah. Wenn ein Effekt da sein sollte,

dann mußte er einige tausendmal kleiner sein als der, den ich beim Bor beobachtet hatte. Nachdem ich die Apparatur mehrmals überprüft hatte und sicher war, daß die kurzlebigen Vorprodukte des Radiums nicht existieren, berichtete ich mein negatives Ergebnis Geiger. Dieser meinte, ich müsse dies Hahn mitteilen. Als ich zu Hahn kam, wurde ich mit dem freudigen Ruf empfangen: endlich auch einmal ein Physiker, der nicht an das Radium glaubt.

Erst ein Jahrzehnt später, als ich viel mit Hahn reden konnte, da ich in seinem Sekretariat kleine Hilfsdienste ausführen durfte, wurde mir klar, wie dieser Ausspruch gemeint war. Hahn war von Anfang an der Meinung, daß die radioaktive Substanz ein Bariumisotop war. Lise Meitner aber und alle ihrer Mitarbeiter machten Hahn klar, daß dies maximaler Unsinn sei, es könne sich nur um ein chemisch verwandtes Element in der Nähe des Urans handeln. Dieselbe Auskunft erhielt er von allen anderen Physikern, mit denen er sprach. Ich wurde zum Glück nicht gefragt, aber ich hätte dieselbe Antwort gegeben. Vom Kern wußte man damals nicht viel, doch war klar, daß die Kräfte, die die Protonen und Neutronen im Kern zusammenhalten, millionenmal größer sind als die, mit denen die Atome in den Molekülen oder im Festkörper zusammen gehalten werden. Schießt man Teilchen auf den Kern, so bleiben sie entweder an der Oberfläche hängen, oder sie schlagen bestenfalls ein anderes Teilchen aus der Oberfläche heraus. Andere Reaktionen waren nicht bekannt. Das Herausbrechen eines größeren Stückes oder gar eine Aufspaltung waren absolut undenkbar. Daß der Kern trotz dieser großen Kernkräfte sich wie ein Flüssigkeitstropfen verhält und sich einschnüren kann, war keine leichte Kost für die Physikergehirne, dazu bedurfte es der Uranspaltung.

Ich wollte Hahn meine Gedanken auseinandersetzen, doch er lehnte lachend ab, das sei alles Physik, von der er nichts verstehe: "Gehen Sie hinauf zur Lise und überzeugen Sie diese." Mit großen Erwartungen auf eine anregende wissenschaftliche Diskussion mit der lebhaften und universellen Physikerin Lise Meitner, die ich ob ihrer großen Verdienste um die Physik der Betastrahlung bewunderte und verehrte, rannte ich die Treppe hoch und trat in ihr Zimmer ein. Doch Frau Meitner wirkte nicht wie sonst, eher apathisch und bedrückt. Nach

wenigen Sätzen sagte sie, daß sie meine Überlegungen kenne, sie habe dieselben angestellt und ihr Mitarbeiter Herr von Droste mache dasselbe Experiment wie ich. Er wisse alles, sie selbst habe keine Zeit, da sie anderweitig sehr in Anspruch genommen sei. Ich ging zu von Droste, fragte ihn, was mit Frau Meitner los sei. Er war überrascht, daß ich überhaupt vorgelassen wurde, denn Frau Meitner habe schon seit über einer Woche mit keinem ihrer Mitarbeiter mehr gesprochen. Er zeigte mir seine Apparatur, die sich von meiner nur durch eine etwas andere Geometrie unterschied. Wir trösteten uns gegenseitig darüber, daß wir nichts gefunden haben, aber uns gegenseitig bestätigen konnten.

Das bedrückte Verhalten von Frau Meitner fand wenige Tage später ein traurige Aufklärung. Frau Meitner war Jüdin, was ich gar nicht wußte. Welcher Physiker kümmert sich schon um die Religion seiner Kollegen. Durch die Annexion Österreichs entfiel die österreichische Staatsangehörigkeit, die der geborenen Wienerin bisher Schutz bot, und sie drohte in die Mühle der Rassengesetze zu kommen. Dank eines mutigen holländischen Kollegen, der sie über die Grenze gebracht hat, konnte sie zu Siegbahn nach Stockholm gehen und dort einen Arbeitsplatz finden.

Ich stellte die Apparatur beiseite und wollte warten, bis mir eine gute Idee kam, wie man dem Problem beikommen konnte. Die gute Idee kam nicht, aber dafür ein Einberufungsbefehl zum Heeresdienst im Zusammenhang mit der Sudetenkrise. Über Nacht war ich vom Physiker zum Lastwagenführer in einer Trainkolonne geworden. Die Fahrt nach Oberschlesien und ins Sudetenland war alles andere als langweilig, denn meine Kompaniekameraden waren fast ausschließlich Berliner Taxifahrer, alle wesentlich älter als ich. Es kam das Münchner Abkommen. Heute würde ich sagen, ein großes Unglück, denn durch die Nachgiebigkeit der Welt gegenüber Hitler ist es zum Weltkrieg gekommen. Damals dachte ich ganz anders über das Abkommen; insbesondere als ich die Fortifikationen auf tschechischer Seite sah, gegen die wir hätten anrennen sollen, dankte ich dem Schöpfer für diese Erlösung. Die wunderbare Qualität des Pilsener Bieres im Sudetenland habe ich heute noch in Erinnerung.

Als ich nach den Weihnachtsfeiertagen ins Institut zurückkam, sagte mir Geiger, daß Hahn soeben publiziert habe, daß das Radium falsch identifiziert worden sei und in Wirklichkeit Barium ist. Damit war die Verwirrung vollkommen, denn wie sollte ein Element in der Mitte des Periodischen Systems gebildet werden können? An der Aussage von Hahn zweifelten wir beide keinen Moment. Wir waren uns sofort klar, daß wenn Hahn recht hat und wider alle Erwartungen so große Bruchstücke entstehen können, dann müssen diese wegen der enormen Coulomb-Abstoßung mit Energien auseinanderfliegen, die die der Alphastrahlen um das Zehnfache übersteigen. Ihre Energie muß in der Gegend von 100 MeV liegen! Warum sind diese Teilchen bei meinem Experiment nicht aufgetreten? Ganz klar: wegen der hohen Kernladung ist ihre spezifische Ionisation so hoch, daß sie nur eine kleine Reichweite haben. Sie sind also in der Folie steckengeblieben. Nun war klar, was zu tun ist. Nicht nach Strahlen hoher Reichweite, nach solchen hoher Energie ist zu suchen.

Zum Glück war meine Apparatur noch nicht abgebaut. So rasch es ging, wurde die Folie herausgenommen und im Radiumkeller eine neue Neutronenquelle gemacht. Ich nahm die Verstärkung soweit zurück, daß die Alphastrahlen soeben noch zu sehen waren. Ich legte die Neutronenquelle ein und sah so große Peaks, so daß ich an eine elektrische Störung glauben mußte. Ich konnte es lange nicht fassen, es war alles in bester Ordnung. Nahm ich die Quelle weg, gab es keine Ausschläge, und beim Wegnehmen der Paraffinrückstreuschicht reduzierte sich - wie erwartet - die Impulszahl. Die maximalen Impulshöhen entsprachen etwa 100 MeV.

In meiner ersten Begeisterung holte ich Geiger und alle erreichbaren Kollegen. Zum ersten Mal eine Kernreaktion mit Energien, die die normalen Umwandlungsenergien um mehr als einen Faktor 10 überstiegen! Geiger riet zur Ruhe und meinte, jetzt beginne erst die Arbeit mit der Ausmessung aller erfaßbaren Größen. Dies tat ich auch und konnte zeigen, daß die Teilchen aus zwei Gruppen bestanden, deren Energien dem Befund von Hahn entsprachen.

Ich war mir natürlich bewußt, daß ich nicht der einzige und auch nicht der erste war, der das Erlebnis der physikalischen Beobachtung der

Kernspaltung hatte. Von Droste hatte sicher schon einige Tage vor mir die Folie vor seiner Uranschicht abgenommen. Vermutlich hatte Robert Otto Frisch, der Neffe von Lise Meitner, als erster die energiereichen Teilchen gesehen. Er hatte sich an Weihnachten mit seiner Tante in Südschweden getroffen, die von Hahn das Manuskript der zu veröffentlichenden Arbeit bekommen hatte. Frisch schreibt in seinen Erinnerungen ganz ehrlich, daß er sich zunächst geweigert habe, mit seiner Tante über diese Absurdität zu diskutieren, daß sie ihn aber überzeugen konnte, daß, wenn Hahn sagt, das ist Barium, man sich dann mit dieser Tatsache abzufinden habe. Sie erkannten, daß die Spaltung aufgrund des Verlaufs der Massendefekte zumindest energetisch möglich sein konnte. Frisch fuhr nach Kopenhagen zurück, wo er als Emigrant einen Arbeitsplatz gefunden hatte. Er zeigte Niels Bohr seine experimentellen Ergebnisse und berichtete, was er von seiner Tante erfahren hatte.

N. Bohr erahnte auch des Rätsels Lösung. Der Kern war eben nicht wie bisher angenommen der superharte Kristall, sondern hatte die Eigenschaften eines Flüssigkeitstropfens. Der übergroße Tropfen wird durch den Einbau des Neutrons zu Schwingungen angeregt und zerfällt in zwei kleinere. Ein kleiner Schönheitsfehler blieb, warum verläuft bei der Auslösung durch langsame Neutronen die Spaltung unsymmetrisch und warum geht die Natur nicht den energetisch günstigeren Weg, nämlich die symmetrische Spaltung. N. Bohr war gerade auf dem Sprung in die USA, und so verbreitete sich die Kunde von der Uranspaltung blitzartig weltweit über den interessierten Kreis der Physiker. In der internationalen Literatur hat sich dafür der Name Fission eingebürgert, den ihr Frisch gegeben hat. Dieser Kreis war aber immer noch der kleine, der auf dem Gebiet der Radioaktivität arbeitenden, mit nur wenigen Kontakten zur allgemeinen Physik und kaum welchen zur Technik.

Rutherford (1871-1937) hat kurz vor seinem Tode geschrieben, daß man jede Hoffnung, die in den Kernen schlummernden Energien jemals technisch nutzbar machen zu können, für alle Zeiten begraben müsse. Die bei einer Umwandlung freiwerdende Energie werde in den Hüllen der Nachbaratome sofort so weit degradiert, daß nie eine wei-

tere Umwandlung eingeleitet werden könne. Der ungarische Physiker Szilard hat dasselbe in die Form gekleidet, eine technische Reaktion könne es nur geben, wenn man eine Reaktion finden würde, bei der ein Neutron zwei weitere auslösen würde. Dies konnte nur sarkastisch gemeint sein, denn jedermann, insbesondere Szilard wußte, daß es - bis dahin - solche Reaktionen nicht geben konnte. Die Entdeckung der Uranspaltung hat eine neue Situation geschaffen. Der Verdacht, daß die Spaltung diejenige Reaktion ist, bei der durch ein Neutron neue Neutronen ausgelöst werden, war durchaus gegeben, denn der Neutronenüberschuß des Urans ist wesentlich größer als der der mittelschweren Kerne. Man konnte daher erwarten, daß neben den Spaltprodukten auch einige Neutronen emittiert werden. Als diese Neutronenemission in der Tat gefunden wurde, erwachte das allgemeine Interesse an diesem Gebiet der Physik und der Name Kernphysik tauchte auf, als Kurzwort für Physik der Kerne, nicht etwa Kern der Physik.

In den folgenden Jahren nahm die Zahl der auf diesem Gebiet (nuclear physics) tätigen Wissenschaftler enorm zu, nicht jedoch im damaligen Reichsgebiet, denn durch den Kriegsausbruch wurde die ungebundene wissenschaftliche Tätigkeit sehr behindert. Insbesondere fehlte der Kontakt mit dem Ausland, auf den ein so kleiner Kreis von Wissenschaftlern unbedingt angewiesen ist. Zwar war bekannt, daß für die Spaltung nur das seltene Isotop mit ungerader Masse in Frage kommt, und daß das häufigere Isotop mit gerader Masse als Neutronenfänger fungiert und zu den Transuranen führt. Eine technische Nutzung war also nur möglich durch eine Isotopenanreicherung des Urans oder mit Hilfe einer komplexen Anlage, in der ein Moderator dafür sorgt, daß die Neutronen bevorzugt dem selteneren Isotop zugeführt werden. Heisenberg hat für eine solche Anlage, die den Namen Uranmaschine erhielt, eine komplette und - wie sich hinterher herausstellte - auch vollkommen richtige Theorie entwickelt. Ein entsprechendes Experiment wurde auch aufgebaut, jedoch mit unzureichenden Mengen an Uran. So ist es bis zum Kriegsende im Reichsgebiet nie zu einer sich selbst tragenden Kettenreaktion gekommen. Der Versuch der Isotopentrennung ist im technischen Ausmaß erst gar nicht in Angriff

genommen worden. Zwar lebte der Erfinder der Isotopentrennung, Gustav Hertz, in Berlin als Leiter des Siemensforschungslaboratoriums, doch war es vorhersehbar, daß der nötige technische Aufwand und die Energie während des Krieges nicht verfügbar gemacht werden konnte.

In den USA hat dieser Weg zum Erfolg geführt. Ausschlaggebend war aber, daß Enrico Fermi schon im Jahre 1942 in Chicago mit einem graphit-moderierten Reaktor eine Kernkettenreaktion in Gang setzen konnte. Damit waren die physikalischen Spekulationen zu einer greifbaren technischen Realität geworden. Ich wundere mich heute noch, daß dieses Ergebnis des Fermischen Versuches - meines Wissens - keinem meiner deutschen Kollegen zu Ohren gekommen ist, Gott sei Dank. Das Leben im Staate Hitlers war auch so schon konfliktreich genug.

Damit habe ich das durch das Thema meines Vortrages gesteckte Ziel, nämlich über die *Entstehung der Kernphysik* zu berichten, erreicht. Ich möchte noch über eine Etappe im weiteren Verlauf der Entwicklung der Kernphysik berichten, die nicht unwichtig war und mein Leben sehr nachhaltig beeinflusste, da sie mir die Freundschaft mit meinem leider nicht mehr lebenden Kollegen Jensen verschaffte und damit meinen Berufsweg nach Heidelberg veranlaßte. Es war die Entstehung des Schalenmodells der Kerne.

Die Entstehung des Schalenmodells der Atomkerne

Im Frühsommer 1946 kamen Hahn, Heisenberg, v. Laue und die anderen Kernphysiker, die am Kriegsende gefangen gesetzt wurden, aus der Internierung zurück. Ich schrieb an Hahn, daß ich sehr gerne bei ihm arbeiten möchte, wenn er sein Laboratorium wieder aufmachen würde. In Göttingen, in der damaligen britischen Besatzungszone, dachte man über die Nachfolgeorganisation der alten Kaiser-Wilhelm-Gesellschaft nach, die heutige Max-Planck-Gesellschaft, und hatte andere Pläne. Hahn gab mein Bewerbungsschreiben an Heisenberg weiter, der mich in sein Institut aufnahm. Die Jahre bei Heisenberg

waren mir die schönsten meines Lebens. Keine Belastung durch Vorlesung und Praktika, den ganzen Tag frei für Physik. Die Seminare waren faszinierend. Neben von Laue, von Weizsäcker und mehreren, inzwischen berühmt gewordenen jungen Leuten aus dem eigenen Haus, kamen auch Richard Becker und Hans Kopfermann von der Universität. Selbst aus dem, bei den damaligen Verkehrsverhältnissen, relativ fernen Hannover kam J.H.D. Jensen, der gelegentlich auch noch Hans Suess mitbrachte.

Neben meinen Experimenten mit natürlicher Radioaktivität und mit kosmischer Ultrastrahlung, dachte ich viel über den Aufbau der Kerne nach, angeregt durch die vielen Theoretiker im Hause. Durch meine früheren Experimente mit Umwandlungen durch Alphastrahlen wußte ich über die Stabilität der leichten Elemente einigermaßen Bescheid. Ich vermutete, daß es im Kern sowohl für die Protonen als auch für die Neutronen eine Schalenstruktur gibt, analog zu den der Elektronen in der Atomhülle. Die erste Schale der Kerne könnte danach je zwei Teilchen enthalten und durch den Heliumkern mit zwei Protonen und zwei Neutronen repräsentiert sein.

Zu der Vorstellung, daß der Heliumkern aus einer abgeschlossenen Protonen- und einer abgeschlossenen Neutronenschale besteht, paßte sehr gut, daß beim Einbau des letzten Teilchens, sei es das Proton oder das Neutron, ein besonders markanter Stabilitätsgewinn eintritt. Soll der Heliumkern durch den Einbau eines weiteren Nukleons, also eines Protons oder Neutrons, aufgestockt werden, so muß dies in der nächst höheren Schale eingebaut werden. Aus der Physik der Elektronenschalen weiß man, daß solche Elektronen relativ schwach gebunden sind. Bei den Kernen scheint dies noch viel ausgeprägter der Fall zu sein, denn an den Heliumkern kann überhaupt kein Nukleon angebaut werden. Die Natur kennt keinen stabilen Kern der Masse fünf. Der nächst schwerere Kern ist das Lithium mit der Masse sechs, ein relativ wenig stabiler Kern. Der nächste stabile Kern, der seine Nachbarn im Massendefekt je Nukleon überragt, ist der Kohlenstoff mit je sechs Protonen und Neutronen. Sollte hier wieder eine abgeschlossene Schale vorliegen? Wenn ja, dann sind die Zahlenverhältnisse bei den Kernen anders als in der Elektronenhülle.

Die Vorstellung, daß es beim Kernaufbau eine Art Schalenstruktur gibt, ist in der physikalischen Literatur schon vielfach diskutiert worden. Allgemein anerkannt war, daß sich die Protonenzahlen 20, 50 und 82 sowie die Neutronenzahl 126 durch besondere Stabilität auszeichnen. Da niemand für diese Zahlen eine Erklärung wußte, erhielten sie in der Literatur den Namen "Magische Zahlen". Bei dem Versuch, diese magischen Zahlen auch im Bereich der niedrigen Atomgewichte zu finden, bin ich aus Spielerei oder Zufall auf eine Zahlenmystik gestoßen, die die magischen Zahlen wiedergibt. Sie sieht wie folgt aus:

2; 4; 2,6; 4,2,8; 6,4,2,10; 8,6,4,2,12; 10,8,6,4,2,14; 12, usw. Das sind die geraden Zahlen, in fallenden Folgen angeordnet, wobei die nächste Folge jeweils mit der nächst höheren geraden Zahl beginnt. Bildet man nun die Summe aller Zahlen dieser Folgen bis einschließlich der höchsten der nächsten - das sind die Stellen in der obigen Zahlenfolge, an denen ich das Zeichen ; gesetzt habe - so ergeben sich die Zahlen: 2, 6, 14, 28, 50, 82, 126. Die drei höchsten Zahlen sind die "Magischen Zahlen" der Literatur und die unteren waren die, die ich für Schalenabschlüsse hielt. Der einzige Schönheitsfehler war, daß in meiner Zahlenmystik die magische Zahl 20 fehlte. War diese Zahlenmystik reiner Zufall oder steckte eine gute Physik dahinter, das war die Frage.

Anläßlich eines Gesprächs mit Heisenberg wollte ich diese Frage diskutieren. Schon nach den ersten Sätzen, in denen ich Heisenberg die experimentellen Befunde aufzeigen wollte, die nach meiner Meinung für einen Schalenaufbau der Kerne sprechen, erkannte ich, daß ich Heisenberg nichts ihm Unbekanntes zu bieten hatte. Erheitert über meine Verblüffung sagte er lachend, wenn wir jetzt über dieses Problem weitersprechen, werde ich wortbrüchig, denn ich habe mir geschworen, darüber keine Minute mehr nachzudenken, da ich viele Hunderte von Stunden damit erfolglos vergeudet habe. Lachend erwiderte ich, damit wollen Sie sagen, auch ich soll die Finger davon lassen. Nein, sagte er, jetzt ernst und nachdrücklich, Sie müssen darüber nachdenken, denn Sie kommen von einer anderen Seite. Ich weiß nur, daß meine Wege nicht zum Ziel führen.

So charmant und lachend wie mich Heisenberg abwimmelte, ebenso barsch und knurrig ließ mich Jensen abfahren, als ich ihm meine Überlegungen nahebringen wollte. Ich interessiere mich nur für Physik, nicht für Magie, das war seine Einstellung. Zum Glück war Hans Suess zugegen, der begeistert auf meine Schalenvorstellungen einging, denn sie paßten bestens zu seinen Überlegungen über die Häufigkeitsverteilung der Elemente. Er konnte Jensen überzeugen, daß hinter der Magie Physik stecken müsse. Bei einem seiner nächsten Besuche in Göttingen ließ er sich von mir alle Details meiner Überlegungen geduldigst erklären, so daß ich es wagte sogar meine Zahlenmystik vorzuzeigen. Als er sah, wie die Zahlen 50, 82, 126 herauskamen, war er fasziniert. Offensichtlich hatte auch er, ebenso wie Heisenberg, etliche Stunden mit dem Problem vergeudet. Von meinen niedrigen magischen Zahlen, auf die ich so stolz war und die mich auf den Weg gebracht hatten, wollte er gar nichts wissen. Dies seien unwesentliche Nebensächlichkeiten.

Bei einem seiner nächsten Besuche kam er strahlend auf mich zu und sagte, er habe des Rätsels Lösung. Der Kern sei ein Potentialtopf, dessen Ausdehnung und Tiefe durch die Summe aller Nukleonen, also Protonen und Neutronen, gegeben sei, in dem sich die Nukleonen, die man gerade betrachte, mit definiertem Drehimpuls und Spin bewegen. Was man ad hoc einführen müsse, das sei eine sehr starke Spin-Bahnkopplung, die eine entsprechend starke Aufspaltung der Drehimpulsniveaus ergebe. Er zeigte mir das Niveauschema, wie man es heute im Lehrbuch findet. Nun war das Glauben an Magie an mir. Von Kopfermann hatte ich gelernt, daß die Spin-Bahnkopplung ein minimaler Effekt ist, der die Feinstruktur der Spektrallinien hervorruft. Der Energiebereich liegt im Milli-e-Voltbereich; um die Aufspaltung der Kernniveaus zu erklären, braucht man jedoch Millionen-e-Volt. Wie soll man den Faktor 10^9 , der hier auftaucht, erklären? Dieses Problem besteht heute noch und wartet auf seine Lösung.

In diesem Zusammenhang erinnere ich mich an eine Unterhaltung mit Kopfermann. Jensen sollte im nächsten Kolloquium über das Schalenmodell vortragen. Kopfermann wollte nicht ganz unvorbereitet sein und bat mich, ihm zu erzählen, was ich darüber wüßte. Als ich fertig

war, meinte er scherzhaft: "Zu merken ist es ganz einfach. Alles ist gerade umgekehrt wie in der Elektronenhülle. Die Hauptquantenzahl der Elektronenhülle spielt im Kern überhaupt keine Rolle, wichtiger ist die Nebenquantenzahl, also der Drehimpuls, und das Wichtigste ist beim Kern die Spin-Bahn-Kopplung, die in der Elektronenhülle nur die Feinstruktur bringt. Außerdem ist die Reihenfolge der Niveaus im Kern gerade umgekehrt wie in der Hülle." Vielleicht hat dieser Kopfermannsche Scherz einen physikalischen Hintergrund, den ich aber bisher leider nicht finden konnte.

Gleichzeitig mit Jensen, Suess und mir hat in den USA Frau Maria Goeppert-Mayer ganz analoge Überlegungen angestellt. Maria, wie wir sie immer kurz nannten, startete ihren Weg vom anderen Ende her. Enrico Fermi, an dessen Institut sie arbeitete, gab ihr die Anregung, doch einmal nachzuschauen, ob es bei den Kernen nicht auch eine Spin-Bahnwechselwirkung gäbe. Sie hatte zwar beim Start des Rätsels Lösung in Händen, doch war ihr Weg nicht weniger mühsam, denn niemand hat ihr Kopfermanns Scherz erzählt, daß in den Kernen alles umgekehrt ist wie in der Hülle; diese Erkenntnisse mußte sie sich mühsam aus den Fakten erarbeiten.

Normalerweise ist eine solche Situation der ideale Nährboden für Prioritätsrivalitäten. Doch genau das Gegenteil trat ein. Zwischen Maria und Jensen entstand eine enge Wissenschaftlerfreundschaft, aus der im Laufe der nächsten Jahre eine solide Theorie des Schalenmodells der Kerne entsprang, die zu einem gemeinsam geschriebenen Buch führte und durch den gemeinsamen Nobelpreis im Jahre 1963 gekrönt wurde.

Lustigerweise haben die immer noch nachwirkenden Kriegswirren diese glückliche Entwicklung erleichtert. Die amerikanischen Wissenschaftler konnten an dem sehr lebhaften militärischen Luftverkehr zwischen ihrer Besatzungszone und der Heimat partizipieren. So kamen wir in Göttingen zu vielen höchst willkommenen amerikanischen Besuchen, die es erleichterten, den wissenschaftlichen Anschluß an den Weltstandard zu finden. Ich erinnere mich noch genau an den Besuch von Joe Mayer, der in Göttingen studiert hatte und hier Maria Goeppert, seine spätere Frau kennenlernte. Er saß an meinem

Schreibtisch, ließ lachend die vielen verschmierten Zettel durch seine Hände gleiten und meinte, er fühlte sich wie zu Hause am Schreibtisch seiner Frau. Diese versuche, offenbar ebenso wie ich, Kerne mit unbekanntem Momenten in ein Niveauschema zu pressen. Hoherfreut erzählte ich alles, was ich wußte und erfuhr, daß Maria auf dem gleichen Weg war. Das Hochgefühl, doch nicht ganz hinter dem Monde zu sein, wenn selbst am Enrico Fermi Institut über gleiches nachgedacht wird, überwog alle Rivalitätsängste. Jensen setzte sich sofort mit Maria in Verbindung.

Maria und wir hatten auch gemeinsame technische Schwierigkeiten bei der Publikation unserer Ergebnisse in einer amerikanischen Zeitschrift, wenn auch aus ganz verschiedenen Gründen. Maria konnte nicht publizieren, da ihre Arbeit noch unter die aus der Kriegszeit stammende Geheimhaltung fiel; wir hatten keinen Zugang zu Dollars, um die "page charge" zu bezahlen. Hier half ein amerikanischer Kollege: Er nahm unser Manuskript mit, bezahlte die page charge und erwirkte die Freigabe von Marias Arbeit, da unser Manuskript bewies, daß die Ergebnisse von Maria bereits anderweitig bekannt sind und damit die Geheimhaltung hinfällig geworden ist. (Das Schalenmodell wurde deklassifiziert, wie es in der Sprache der Geheimhalter heißt.) Es ist klar, daß in einer solchen Atmosphäre wissenschaftlicher Kame-radschaft Prioritätsstreite keinen Platz hatten.

Schlußbemerkungen

Darf ich zum Abschluß nochmals auf die eingangs gemachte Bemerkung zurückkommen, daß nach meiner Meinung die Einstellung der Öffentlichkeit zur Technik, und damit auch zur naturwissenschaftlichen Forschung aus dem Gleichgewicht geraten ist.

Mehrmals in meinem Leben bin ich bei Gesprächen mit Kollegen aus dem geisteswissenschaftlichen Bereich, auch solchen, die ich als große Denker hoch verehrte, vor die Frage gestellt worden: Warum hat Otto Hahn, der doch ein großer und grundständiger Mann war, nicht die menschliche Größe besessen, seine Entdeckung zurückzu-

halten. Er hätte uns so Hiroshima und Nagasaki erspart und das Leben in einer von Atomangst geprägten Welt. Ich hoffe, ich konnte jeweils meine innere Reaktion zurückhalten, nämlich das laute Lachen über soviel Realitätsferne. Für den Naturwissenschaftler ist sonnenklar: Hätte Hahn seine Entdeckung zurückgehalten, so wäre sie wenige Monate später z.B. am Curieschen Institut gemacht worden, und die Weltgeschichte wäre keinen Deut anders verlaufen. Analoges erlebte ich in noch viel stärkerem Maße bei Gesprächspartnern aus dem Bereich der Kunst und Literatur. Dies zwang mich über die Ursache der Realitätsferne des überwiegenden Teils unserer Bevölkerung nachzudenken.

Ich möchte an ein Essay des englischen Schriftstellers C.P. Snow anknüpfen, das vor mehr als drei Jahrzehnten unter dem Titel *Die zwei Kulturen* erschienen ist. Er glaubt, das Geistesleben in der westlichen Welt spalte sich immer mehr in zwei diametrale Gruppen auf, zwischen denen sich eine unüberbrückbare Kommunikationsschwierigkeit aufgetan habe. Die eine Gruppe ist die der künstlerisch, literarisch und geisteswissenschaftlich Gebildeten, ich will sie kurz die Geisteswissenschaftler nennen; die andere Gruppe ist die der ingenieur- und naturwissenschaftlich Gebildeten, ich will sie kurz die Naturwissenschaftler nennen. Beide benutzen sie dieselbe Sprache, dieselbe Logik und doch unterscheiden sie sich in ihrer Denkweise und vor allem in der Beurteilung einer wahrzunehmenden Situation. Wie kann man sich diese Unterschiede erklären?

Ich glaube, daß ein wesentlicher Grund der ist, daß der Geisteswissenschaftler zu wenig zur Kenntnis nimmt, daß die Ergebnisse des Naturwissenschaftlers ganz anderer Art sind als die seiner eigenen Sparte. Dasselbe gilt naturgemäß auch für den Naturwissenschaftler. Zwar sind die Verfahrensweisen in beiden Fällen nicht allzu verschieden, doch sind die Charaktere der gewonnenen Ergebnisse grundverschieden.

Die Produkte des Geisteswissenschaftlers, des Schriftstellers und des Künstlers sind reine Produkte ihres Geistes. Als solche haben sie keinen ewigen Bestand. Wirkt eine Philosophie, ein Roman, eine Skulptur oder ein Gemälde anstößig, so kann man die Schriften einstamp-

fen, die Skulpturen und Gemälde zerstören. Überlebt nicht zufällig eine gute Kopie, so sind die Werke für alle Zeiten verloren und ausgelöscht. Wahrscheinlich hat die Menschheit auf diese Weise oder durch andere widrige Umstände schon viele kostbare Gedankengebäude und Kunstwerke verloren. Selbst die von Juristen gemachten Gesetze haben keinen Ewigkeitswert. Erfüllen sie ihren Zweck nicht mehr, kann man sie kassieren oder verbessern. Gegen diese Gesetze ist auch ein Verstoß möglich.

Ganz anders verhält es sich mit den Ergebnissen des Naturwissenschaftlers. Naturgesetze sind Erfahrungstatsachen, nicht Produkte unseres Geistes; daß sie nur mit Hilfe des Geistes gewonnen werden können, macht sie noch lange nicht zu Produkten dieses Geistes. Auch wenn sie als Naturgesetz erkannt worden sind, bleiben sie, was sie waren, ein Stück der Natur selbst. Gegen ein Naturgesetz kann niemand verstoßen, nicht einmal die Natur selbst. Ein solcher Verstoß wäre ein Wunder. An Wunder glaubt der Naturwissenschaftler nicht, sie sind für ihn die Aufforderung, die offenbare Erkenntnislücke zu schließen, oder den Fehler bei der Beobachtung des Wunders aufzuspüren.

Ist ein Naturgesetz von einem Gehirn erkannt und in eine kommunikable Form gebracht worden, so daß es von anderen Gehirnen aufgenommen werden kann, so ist die neue Erkenntnis nicht mehr auszulöschen; sie kann allenfalls in Vergessenheit geraten. Das Vergessen entfällt aber mit Sicherheit, wenn die neue Erkenntnis eine technische Anwendung möglich macht, die das Leben der Menschheit, sei es auch nur eines kleinen Menschenkreises, verbessert oder erleichtert. Es setzt dann eine nicht mehr zu stoppende Eigendynamik ein. Diese technische Entwicklung wird auf Teufel komm 'raus gemacht und ist nicht mehr aufzuhalten. Dies hat mit der Erfindung des Feuers, der Steinaxt, der Bronze, des Eisens angefangen und wird weiter so gehen, solange die Menschen eben Menschen sind. Dieser Urtrieb des Menschen, die Natur mit ihren eigenen Gesetzen zu dirigieren und sich dienstbar zu machen, ist das Geschenk der Vorsehung, das den Menschen gegenüber allen anderen Lebewesen dieser Erde auszeichnet.

Ich habe die Snowsche Kluft zwischen den zwei Kulturen auf die einfache Form gebracht: auf der einen Seite die Realitätsferne des Geisteswissenschaftlers und auf der anderen die vielleicht zu große Realitätsbezogenheit des Naturwissenschaftlers. Sicherlich ist diese Darstellung zu simpel, um die ganze Wahrheit zu erfassen, aber sie beleuchtet doch eine sehr ernstzunehmenden Gefahr, die aus dieser Kluft entstehen kann. Unsere Medienschaffenden nehmen ihr geistiges Fundament aus den Geisteswissenschaften. Die Massenmedien formen weitgehend die öffentliche Meinung. Diese bestimmt unsere Politik, denn unsere Politiker wollen ja gewählt werden. So kommt die Realitätsferne des Geisteswissenschaftlers auch in den Bereich des öffentlichen Lebens und kann dort zu Fehlentscheidungen führen, die unsere physische Zukunft gefährden. Die Kluft zwischen den zwei Kulturen darf nicht größer werden, sie muß abgebaut werden. Dies ist eine wichtige Zukunftsaufgabe, die vornehmlich dem Naturwissenschaftler zufällt. Sie ist so wichtig wie die Erweiterung unseres naturwissenschaftlichen Wissens. Die Harmonie zwischen Geistes- und Naturwissenschaften ist eine Voraussetzung dafür, daß die Erweiterung unserer naturwissenschaftlichen Erkenntnisse dem Wohle der Menschheit dienen kann.