



**Veröffentlichungen aus dem  
Archiv der Max-Planck-Gesellschaft**

Begründet von Eckart Henning  
Herausgegeben von Lorenz Friedrich Beck und Marion Kazemi

**Band 22**





*Minerva im Eingangsbereich des Max-Planck-Instituts für Chemie  
(Ausschnitt aus der Abb. 11-1).*



**100 Jahre**  
**Kaiser-Wilhelm-/Max-Planck-Institut für Chemie**  
**(Otto-Hahn-Institut)**

Facetten seiner Geschichte

Im Auftrage des Direktoriums des Max-Planck-Instituts für Chemie

herausgegeben von  
Horst Kant und Carsten Reinhardt



Berlin 2012



REDAKTION:

Dr. Horst Kant (MPI für Wissenschaftsgeschichte Berlin)  
Prof. Dr. Carsten Reinhardt (Universität Bielefeld)  
unter Mitwirkung von Gregor Lax, MA und Anja Heller, BA  
Dr. Marion Kazemi (Anschrift s. Auslieferung)

*Abbildungen vordere Umschlagseite:*

*Das linke Bild zeigt das im Oktober 1912 eröffnete Kaiser-Wilhelm-Institut für Chemie in (Berlin-)Dahlem (Architekten Ernst von Ihne und Max Guth), das rechte Bild das im Januar 2012 bezogene Max-Planck-Institut für Chemie in Mainz (Architekturbüro Fritsch & Tschaidse, München).*

*ISBN: 978-3-927579-26-2*

*ISSN: 0935-7459*

*Herstellung und Druck: AZ Druck und Datentechnik GmbH,  
Sportfliegerstraße 6, 12487 Berlin-Johannisthal  
Tel.: (030) 63 99 59 -0*

*Satz: 5 pt Satzstudio Perl, Zum Feld 24, 15569 Woltersdorf  
Tel.: (03362) 58 94 30*

*Auslieferung: Archiv der Max-Planck-Gesellschaft,  
Boltzmannstraße 14, 14195 Berlin-Dahlem  
Tel.: (030) 84 13-37 01; Fax: (030) 84 13-37 00;  
e-mail: [mpg-archiv@archiv-berlin.mpg.de](mailto:mpg-archiv@archiv-berlin.mpg.de)  
[www.archiv-berlin.mpg.de](http://www.archiv-berlin.mpg.de)*



# Inhalt

Geleitwort .....	9
1 Einführung .....	12
Horst K a n t und Carsten R e i n h a r d t	
GESCHICHTE	
2 Die Gründung und Entwicklung des Kaiser-Wilhelm-Instituts für Chemie 1905–1930 .....	21
Jeffrey Allan J o h n s o n	
2.1 Fragestellungen .....	21
2.2 Begründung des Kaiser-Wilhelm-Instituts für Chemie: Innovation in der Wissenschaftslandschaft des wilhelminischen Deutschland .....	22
2.3 Wissenschaftliche Leistungen des Instituts in den ersten Jahren (1912–1930) .....	33
2.4 Das Kaiser-Wilhelm-Institut als neues Modell eines Forschungsinstituts: Wirkungen auf die deutsche Wissenschaftspolitik und die Kaiser-Wilhelm-Gesellschaft .....	51
3 Die radioaktive Forschung am Kaiser-Wilhelm-Institut für Chemie von den Anfängen bis zum deutschen Uranprojekt .....	53
Horst K a n t	
3.1 Die Anfänge .....	53
3.2 Die Abteilung(en) Hahn/Meitner in den 1920er Jahren .....	58
3.3 Von den falschen Transuranen bis zur Entdeckung der Kernspaltung .....	65
3.4 Der Beginn des deutschen Uranprojektes .....	77
3.5 Das Kaiser-Wilhelm-Institut für Chemie im deutschen Uranprojekt .....	82
3.6 Kriegsende – Neuanfang .....	91



4	Massenspektroskopie als methodische Klammer des Instituts 1939–1978 .....	99
	Carsten R e i n h a r d t	
4.1	Einleitung .....	99
4.2	Auftritt der Methode (1939–1944) .....	101
4.3	Unsicherheiten (1944–1949/51) .....	107
4.4	Aufbau in Mainz (1949/51–1958) .....	111
4.5	Proben aus dem All (1959–1978) .....	119
4.6	Organisatorische Neuausrichtung (1968–1978) .....	127
4.7	Klammer des Instituts? .....	130

#### NEUERE FORSCHUNGSFELDER

5	Biogeochemische Forschung am Kaiser-Wilhelm-/Max-Planck-Institut für Chemie .....	133
	Meinrat O. A n d r e a e	
5.1	Einleitung – Biosphäre und Biogeochemie .....	133
5.2	Frühe Arbeiten zur biologischen Chemie .....	141
5.3	Biologische Aspekte der Chemie der Atmosphäre .....	145
5.4	Biogeochemische Forschung in der Abteilung Crutzen .....	152
5.5	Meinrat O. Andreae – Abteilung Biogeochemie .....	154
6	Die Erfindung der Luftchemie – Christian Junge .....	187
	Ruprecht J a e n i c k e	
6.1	Ausbildung und Zweiter Weltkrieg .....	188
6.2	Forschung .....	189
6.3	Universität Mainz .....	196
6.4	Max-Planck-Institut für Chemie .....	197
6.5	Zur Person .....	200

7	Heinrich Wänke und die Erforschung des Mondes und der terrestrischen Planeten .....	203
	Herbert P a l m e	
7.1	Einleitung .....	203
7.2	Werdegang von Heinrich Wänke .....	205
7.3	Forschungsaktivitäten von Heinrich Wänke .....	210
7.4	Von Durham zur Mondlandung .....	211
7.5	Die chemische Zusammensetzung des Mondes .....	221
7.6	Mischungsdiagramme und die Entstehung des Mondes .....	223
7.7	Analysen von Proben aus dem Erdmantel .....	226
7.8	Akkretionsmodell der Erde und der übrigen terrestrischen Planeten .....	228
7.9	Bedeutung des Elements Wolfram .....	229
7.10	Untersuchungen von Mond- und Marsmeteoriten .....	231
7.11	Internationale Anerkennung der Arbeiten von Heinrich Wänke .....	235
7.12	Meine Jahre am Max-Planck-Institut für Chemie .....	236
8	Auswirkungen des menschlichen Handelns auf das Klima .....	241
	Paul C r u t z e n	
8.1	Climate, Atmospheric Chemistry and Biogenic Processes in the Anthropocene .....	241
8.2	Paul Crutzen im Interview .....	250
9	Forschungsausblick .....	257
	Jos L e l i e v e l d	
ANHANG		
10	Chronik des Kaiser-Wilhelm-/Max-Planck-Instituts für Chemie .....	261
11	Bildteil .....	279
12	Die Wissenschaftlichen Mitglieder des Kaiser-Wilhelm-/ Max-Planck-Instituts für Chemie (Kurzbiographien) .....	307



Autorenverzeichnis .....	369
Danksagung .....	371
Abbildungsnachweis .....	372
Personenregister .....	374





## Geleitwort

Das Max-Planck-Institut für Chemie hat durch seine Forschungsergebnisse und seine Forscherpersönlichkeiten die Geschichte der Naturwissenschaften im 20. Jahrhundert wesentlich geprägt. Die wissenschaftlichen Durchbrüche reichen von der Entdeckung der Kernspaltung bis zur Erforschung der Atmosphärenchemie. Möglich wurden diese wissenschaftlichen Leistungen im Kontext einer Gesellschaft, deren Struktur selbst zu den großen Innovationen des 20. Jahrhunderts gehört. Langfristig angelegte, institutionelle Forschungsförderung, gekoppelt mit größtmöglicher Forschungsfreiheit und Konzentration auf interdisziplinäre Forschungsgebiete an den Grenzen der etablierten Disziplinen, gehören zu den Voraussetzungen der Erfolge der Kaiser-Wilhelm- und der Max-Planck-Gesellschaft.

Darüber hinaus hat die Max-Planck-Gesellschaft auch damit begonnen, sich mit ihrer eigenen Geschichte auseinanderzusetzen, angefangen mit dem großen Projekt zur Geschichte der Kaiser-Wilhelm-Gesellschaft im Nationalsozialismus. Die Ergebnisse dieses Forschungsprogramms haben deutlich gemacht, wie anfällig in dieser Zeit auch herausragende Wissenschaftler und Wissenschaftsinstitutionen für die Gefahren der Indienstnahme durch menschenfeindliche politische, wirtschaftliche und ideologische Interessen waren und wieweit sie sich zum Teil selbst mit diesen Interessen identifiziert haben. Zugleich aber lässt sich aus einer historischen Betrachtung lernen, dass Nachdenken über Kontexte der Problemwahl, der Anwendung und der Verantwortung nicht von der Forschung ablenkt, sondern ihr sogar neue Wege weisen kann. Mit seinen grundlegenden Beiträgen zum Verständnis des Anthropozäns leistet das Max-Planck-Institut für Chemie auch dazu einen kaum zu überschätzenden Beitrag.

Die vorliegende Festschrift aus Anlass des hundertjährigen Gründungsjubiläums des Max-Planck-Instituts für Chemie ist ein wichtiger Beitrag zur Geschichte der Kaiser-Wilhelm- und der Max-Planck-Gesellschaft. Sie wurde ermöglicht durch eine enge Kooperation zwischen dem Max-Planck-Institut für Chemie und dem Max-Planck-Institut für Wissenschaftsgeschichte. Die beiden Herausgeber, Carsten Reinhardt und Horst Kant, haben ihre langjährige Erfahrung in der Erforschung der Kaiser-Wilhelm-Gesellschaft in dieses Werk eingebracht. Die Beiträge zu diesem Band umfassen historische Analysen ebenso wie Einblicke in die wissenschaftlichen Perspektiven des Instituts. In der Breite des Blicks auf politische, wirtschaftliche und wissenschaftliche Kontexte der

Institutsentwicklung, auf Forschungsthemen und Persönlichkeiten, auf institutionelle und intellektuelle Dimensionen einer hundertjährigen Geschichte ist dieses Buch in vieler Hinsicht wegweisend für eine zukünftige Geschichte der Max-Planck-Gesellschaft. Da ist zum einen die Frage nach Kontinuität und Diskontinuität, also danach, ob und wie weit sich die Geschichte der Max-Planck-Gesellschaft, gerade auch mit Blick auf ihre Vorgängergesellschaft, als Ausdruck institutioneller, personeller und intellektueller, aber auch technisch-instrumenteller Kontinuität fassen lässt. Man denke an die entscheidende Rolle, die physikalische Großgeräte über Jahrzehnte hinweg am Institut für Chemie gespielt haben, aber auch an die bewusstseinsprägende Rolle von großen Forschungstraditionen, wie der von Otto Hahn, Fritz Straßmann und Lise Meitner begründeten Tradition kernchemischer und -physikalischer Forschung. Mit dieser Frage verbindet sich zugleich aber auch das Nachdenken über Brüche, in denen sich auch politische, moralische und institutionelle „Lernerfahrungen“ hinsichtlich der Autonomie der Grundlagenforschung widerspiegeln mögen.

Eine weitere Dimension, die es bei einer Geschichte der Max-Planck-Gesellschaft und ihrer Institute stets zu berücksichtigen gilt, ist das Verhältnis von Forschung und Politik. Inwieweit lassen sich das Verständnis von Grundlagenforschung und die forschungspolitische Ausrichtung der Gesellschaft als Ergebnisse von Aushandlungsprozessen mit ihrem politischen und wirtschaftlichen Umfeld verstehen? Welche Rolle spielt die Max-Planck-Gesellschaft im Kontext einer arbeitsteiligen Organisation von Forschung? Für das MPI für Chemie sei hier nur auf den Kontext der Kernenergiepolitik der frühen Bundesrepublik als Beispiel verwiesen.

Wie hängen Innovation und Forschungsbetrieb zusammen? Was waren die Bedingungen für Erfolge und Misserfolge? Wie bedingt Struktur Exzellenz? Durch welche wissenschaftsstrategischen Ausrichtungen, institutionellen Rahmenbedingungen und Mechanismen, und nicht zuletzt durch welche personellen Entscheidungen hat die Max-Planck-Gesellschaft im Verlauf ihrer Geschichte die Entwicklung der modernen Wissenschaften im nationalen und internationalen Rahmen geprägt und wo hat sie Chancen verpasst? Zu allen diesen Fragen bietet der vorliegende Band wichtige Anregungen für eine zukünftige Geschichte der Max-Planck-Gesellschaft. So hat sich am MPI für Chemie die Verbindung von Geo-, Atmosphären- und Kosmochemie Ende der sechziger Jahre durch Christian Junge als ein interdisziplinärer Rahmen erwiesen, der die Etablierung eines neuen, nachhaltig wirksamen Forschungsparadigmas ermöglicht hat. Wie dieser Band zeigt, wurde die Umsetzung dieses Paradigmas in innovative Forschungen wesentlich durch institutionelle Netzwerke innerhalb der Max-Planck-Gesellschaft gefördert, die bisher kaum Gegenstand historischer Forschungen waren.

Wie haben schließlich die Max-Planck-Gesellschaft und ihre Wissenschaftler auf gesellschaftliche und ethische Herausforderungen reagiert? Wie haben sie sich im gesellschaftlichen Diskurs zu Fragen wie Atom- und Rüstungspolitik, der Anwendung der Gentechnologie, den Fragen des Klimawandels und der nachhaltigen Energieversorgung positioniert und welche Konsequenzen hatte dies für ihre Forschungstätigkeit? Auch in dieser Hinsicht sind das MPI für Chemie und seine Geschichte exemplarisch: Otto Hahn hatte 1938 nicht nur an der Entdeckung der Kernspaltung mitgewirkt, sondern auch 1957 – als Präsident der MPG – an der Göttinger Erklärung, die sich gegen eine atomare Aufrüstung der Bundeswehr wandte. Paul Crutzen hat nicht nur Mitte der siebziger Jahre entdeckt, dass Stickoxide die Ozonschicht schädigen, sondern hat auch – unter dem Stichwort „Anthropozän“ – zu einer umfassenden Reflexion über den menschlichen Einfluss auf globale Prozesse angeregt.

Auch, oder gerade die Wissenschaft wird in Zukunft eine entscheidende Rolle bei der Gestaltung dieser globalen Prozesse spielen. Ohne das Nachdenken über ihre eigene Geschichte wird sie es allerdings schwerer haben, sich einen unabhängigen Blick auf die Gefahren, vor allem aber auch auf die Chancen für die Menschheit zu bewahren, die mit dieser Verantwortung einhergehen. Zu diesem Nachdenken möchte der vorliegende Band einen Beitrag leisten.

Professor Dr. Jürgen Renn  
Direktor am Max-Planck-Institut für Wissenschaftsgeschichte

# 1 Einführung

Horst Kant und Carsten Reinhardt

Das Max-Planck-Institut (MPI) für Chemie begeht am 23. Oktober 2012 sein 100jähriges Jubiläum. Es ist das Jubiläum seiner Eröffnung, denn gegründet wurde es bereits am 23. Dezember 1911 durch einen Vertrag zwischen dem Verein Chemische Reichsanstalt (VCR) und der am Anfang jenen Jahres ins Leben gerufenen Kaiser-Wilhelm-Gesellschaft zur Förderung der Wissenschaften (KWG). Damit gilt es gemeinhin als zweite Institutsneugründung der KWG, als erste wird zumeist die Gründung des Kaiser-Wilhelm-Instituts (KWI) für physikalische Chemie und Elektrochemie am 28. Oktober 1911 genannt. Eröffnet wurden beide Institute durch Kaiser Wilhelm II., den Protektor der Gesellschaft, am 23. Oktober 1912, wobei er zuerst das KWI für Chemie in Berlin-Dahlem besuchte, um anschließend im Maschinensaal des gegenüberliegenden KWI für physikalische Chemie und Elektrochemie der 1. Hauptversammlung der Gesellschaft beizuwohnen. Beide Institute entstammten der vorausgegangenen Grundidee, eine Chemische Reichsanstalt zu gründen, die die Gesamtheit der Chemie bearbeiten sollte – also waren nun praktisch zwei Teilinstitute entstanden, die unter dem Dach der KWG ihre Heimat gefunden hatten.<sup>1</sup>

Der vorliegende Band zur Geschichte des KWI/MPI für Chemie ist kein Versuch einer umfassenden Geschichte der 100 Jahre seiner Existenz. Die dafür zur Verfügung stehende Vorbereitungszeit gestattete es nicht, eine wissenschaftshistorisch fundierte, komplette Institutsgeschichte vorzulegen. Dazu gibt es zu viele Lücken in der Aufarbeitung einzelner Teile der Institutsgeschichte, insbesondere in der Geschichte des Max-Planck-Instituts für Chemie, aber auch noch in der Geschichte seines Vorgängers, des KWI für Chemie.<sup>2</sup> Und so wurde der Kompromiss gesucht, in einem Sammelband wissenschaftshistorische

<sup>1</sup> Zu weiteren Details dieser Gründungsgeschichte vgl. die Beiträge von Jeffrey A. Johnson und Horst Kant in diesem Band sowie Thomas Steinhauser, Jeremiah James, Dieter Hoffmann, Bretislav Friedrich: Hundert Jahre an der Schnittstelle von Chemie und Physik. Das Fritz-Haber-Institut der Max-Planck-Gesellschaft zwischen 1911 und 2011. Berlin 2011.

<sup>2</sup> Es ist beabsichtigt, ein Projekt zur Erarbeitung einer umfassenderen Geschichte des Instituts im Anschluss an das Jubiläum aufzunehmen.

Beiträge zu ausgewählten Aspekten der Institutsgeschichte mit stärker persönlich gefärbten Erinnerungen einzelner Protagonisten der neueren Zeit zusammenzubringen – eben einige Facetten der Institutsgeschichte zu beleuchten.

In den nachstehenden Abschnitten dieser Einleitung wollen wir versuchen, zwischen den einzelnen Aufsätzen und der im Anschluss daran zusammengestellten Chronik einen roten Faden zu legen, der auch Aspekte der Institutsgeschichte berührt, die in den vorliegenden Aufsätzen nur eine geringe Rolle spielen. Ein kleiner gesonderter Bildteil am Schluss des Bandes, der als Ergänzung zu den Abbildungen in den Beiträgen und mit diesen im Zusammenhang zu betrachten ist, sowie eine Übersicht über die Wissenschaftlichen Mitglieder soll den Gesamtüberblick zumindest ansatzweise ermöglichen. Überschneidungen zwischen den einzelnen Beiträgen lassen sich in einem solchen Sammelband nicht vermeiden, wenn jeder Beitrag für sich schlüssig bleiben soll. Zudem wurde versucht, bei aller wissenschaftshistorischen und fachlichen Genauigkeit den Band populär lesbar zu halten, weshalb der eine oder andere Fachausdruck mit knappen Worten erläutert wird.

Ursprünglich geplant als eine Reichsanstalt für chemische Forschung, war das KWI für Chemie als chemisches Großinstitut gedacht, das alle relevanten chemischen Forschungsrichtungen abdecken sollte. Die Gründungsgeschichte mit ihren ökonomischen Zwängen brachte es, wie bereits erwähnt, mit sich, dass zwei Institute entstanden – das KWI für Chemie und das KWI für physikalische Chemie und Elektrochemie – und dass die ursprünglich als alle Forschungsrichtungen zusammenhaltend gedachte Physikalische Chemie in einem dieser beiden Institute konzentriert wurde. Immerhin wurde im KWI für Chemie neben den als ‚klassisch‘ geltenden Teildisziplinen der anorganischen und der organischen Chemie auch die sich gerade erst herausbildende Radioaktivitätsforschung mit einbezogen. Als Direktor wurde der analytische und angewandte Chemiker Ernst Beckmann eingesetzt, der seine Erfahrungen aus dem Aufbau größerer Institute einbringen sollte. Dass man daneben mit Richard Willstätter einen vielversprechenden Organiker als 2. Direktor gewinnen wollte, führte bereits in der Gründungsphase der KWG zu einer strukturellen Neuerung: Die ‚Kategorie‘ des ‚Wissenschaftlichen Mitgliedes‘ wurde eingeführt und damit auch das Prinzip der ‚Freiheit der Forschung‘ explizit verankert, das bis heute in der MPG eine wichtige Rolle spielt.<sup>3</sup>

Mit dem Weggang Willstätters erfolgte bereits 1916 ein weiteres Abweichen vom ursprünglichen Konzept. Seine organische Abteilung wurde durch eine weitere anorga-

<sup>3</sup> Vgl. dazu die Einführung in das Kapitel Wissenschaftliche Mitglieder sowie den Beitrag von Jeffrey A. Johnson in diesem Band.

nische ersetzt, als deren Leiter Alfred Stock berufen wurde. Die organische Chemie kehrte erst 1921 mit Kurt Hess ans Institut zurück, von dessen Arbeiten zur Zellulosechemie sich die Industrie einige verwertbare Ergebnisse versprach. Trotz des starken Einflusses der chemischen Industrie auf die Institutsgründung (schließlich war sie auch für den laufenden Institutsbetrieb der wichtigste Geldgeber) blieb das KWI für Chemie – abgesehen von der Zeit des Ersten Weltkrieges – in der Wahl seiner Forschungsthemen weitgehend frei, ja, Carl Duisberg machte als Vertreter der chemischen Industrie 1920 dem Institutsdirektor Beckmann gegenüber ausdrücklich deutlich, dass ein Kaiser-Wilhelm-Institut nicht bei der Industrie um Aufträge nachsuchen sollte.<sup>4</sup> Das KWI für Chemie kann damit als Beispiel für zwei der grundlegenden Institutstypen der KWG gelten, den Typus des ‚klassischen‘, grundlagenorientierten Instituts ebenso wie für den Typus des industrienahen ‚Branchen‘-Instituts.

Die Institutsentwicklung ging jedoch in eine eher unerwartete inhaltliche Richtung. In den 1920er Jahren wurde die Radioaktivitätsforschung unter Otto Hahn und Lise Meitner zum Forschungsschwerpunkt, und alle anderen Bereiche spielten nur noch eine Randrolle. In den 1930er Jahren gab es dann nur noch die Abteilung Radioaktivität mit einer radiophysikalischen und einer radiochemischen (Unter-)abteilung;<sup>5</sup> die organische Chemie war in eine Gastabteilung verbannt und die anorganische Chemie fehlte ganz. Sowohl in der radioaktiven Abteilung wie auch in den anderen Abteilungen stand in den ersten Jahrzehnten die Methodenentwicklung bzw. -weiterentwicklung im Mittelpunkt der Arbeiten – es ging weniger darum, neue Stoffgruppen zu finden, als eher darum, neue Untersuchungsmethoden zu schaffen, um die Eigenschaften der betrachteten Stoffe genauer zu bestimmen. Internationale Gäste kamen ab Ende der 1920er Jahre – nachdem der internationale Boykott der deutschen Wissenschaft durch die Siegermächte des Ersten Weltkrieges und ihre Verbündeten aufgehoben worden war – in erster Linie ans Institut, um Methoden zu erlernen. Auch die unerwartete Entdeckung der Kernspaltung Ende 1938 beruhte letztlich auf diesem Hintergrund, denn nicht die Kernspaltung war Forschungsziel, sondern mit Hilfe der im Institut gut beherrschten und stets weiterentwickelten (radioaktiven) Analysemethoden Ergebnisse der Transuranforschung anderer Forschungsgruppen zu überprüfen und möglichst besser zu erklären als jene.

Mit der Entscheidung der späten 1930er und frühen 1940er Jahre, in physikalische Großgeräte zu investieren, legten Hahn und der neue stellvertretende Direktor Josef Mattauch die Entwicklungslinien des Instituts bis in die 1960er Jahre fest. Kernphysik

<sup>4</sup> Vgl. den Beitrag von Jeffrey A. Johnson in diesem Band.

<sup>5</sup> Vgl. den Beitrag von Horst Kant in diesem Band.

und Kernchemie bildeten die beiden ‚Flügel‘ der Forschung, ergänzt durch ein starkes Zentrum in der Instrumenten- und Methodenentwicklung, insbesondere der Massenspektroskopie. Auf diesen Gebieten erkennen wir Kontinuität über alle politischen Brüche der Zeit hinweg.<sup>6</sup> Was ermöglichte dieses Festhalten an einem Forschungsstil, der in seinen Grundzügen während des Zweiten Weltkrieges entworfen wurde? Zunächst einmal war es die Motivation der Wissenschaftler selbst, am einmal Erreichten festzuhalten. Schwer vorstellbar war es, in die Zeit des einfachen instrumentellen Aufbaus der 1920er und 1930er Jahre zurückzukehren. Der 1952 in Mainz gebaute und am Deutschen Museum in München aufgestellte ‚Otto-Hahn-Tisch‘ (vgl. 11-9) ist als ein ‚Memento Mori‘ dieses vergangenen Forschungsstils zu verstehen und sollte eher die Unterschiede zur modernen Großforschung (auch in moralischer Hinsicht) markieren, als dass er als Modell der künftigen Entwicklung dienen konnte.<sup>7</sup> Die Wissenschaftler des Instituts setzten währenddessen alles daran, die Massenspektrometer und Teilchenbeschleuniger wieder in Gang zu bringen bzw. überhaupt erst aufzubauen. Getragen war dieses Momentum von der Kernenergiepolitik der frühen Bundesrepublik, versuchte diese doch, den Rückstand gegenüber der Forschung der Siegermächte aufzuholen. Erstaunlicherweise legte auch die französische Besatzungsmacht dem keine Hindernisse in den Weg. Das Institut, in Tailfingen in der französischen Besatzungszone gelegen, sollte in ihrem Einflussbereich verbleiben, daraus erklärt sich die Verlegung nach Mainz, wo es die von den Franzosen wieder gegründete Universität verstärken sollte und im Oktober 1949 der neugegründeten Max-Planck-Gesellschaft beitrug.

Für die Struktur des Instituts hatte dies zur Folge, dass sich die neuen Abteilungen um die Geräteentwicklung herum formierten. Josef Mattauch, Experte für Massenspektroskopie und bereits während des Zweiten Weltkrieges designierter ‚Kronprinz‘, wurde neuer Direktor des Instituts und besaß damit eine Art ‚Richtlinienkompetenz‘. Fritz Straßmann, der 2. Direktor geworden war, verließ 1953 das MPI für Chemie und widmete sich ganz seinen Aufgaben an der Mainzer Universität. In der Folge wurde die Massenspektroskopie als methodische Achse von Kernchemie und Kernphysik stark ausgebaut und erhielt 1959 unter Heinrich Hintenberger auch formal den Status einer zweiten

<sup>6</sup> Vgl. Burghard Weiss: Harnack-Prinzip und Wissenschaftswandel. Die Einführung kernphysikalischer Großgeräte (Beschleuniger) an den Instituten der Kaiser-Wilhelm-Gesellschaft. In: Bernhard vom Brocke, Hubert Laitko (Hrsgg.): Das Harnack-Prinzip. Die Kaiser-Wilhelm-/Max-Planck-Gesellschaft und ihre Institute. Berlin 1996, S. 541–560.

<sup>7</sup> Vgl. Ruth Lewin Sime: An Inconvenient History: the Nuclear-Fission Display in the Deutsches Museum. In: *Physics in Perspective* 12 (2010) 2, S. 190–218.

selbständigen Abteilung neben derjenigen Mattauchs. Die Kernphysik wurde ebenfalls gestärkt, nahm bis 1960 zwei kleinere Beschleuniger in Betrieb und wurde unter Hermann Wäßler 1959 die dritte selbständige Abteilung am MPI für Chemie. 1959 war das Institut vollständig auf physikalische Forschungsinstrumente ausgerichtet. Die Kernphysik allerdings nahm in kognitiver und in organisatorischer Richtung eine vom Gesamtinstitut abgesetzte Bahn. Wäßlers Hauptarbeitsgebiete waren auf theoretische Fragestellungen der Kernphysik selbst ausgerichtet und ließen sich nicht mehr mit der Kernchemie in Verbindung bringen. 1967 nahm das MPI für Chemie gemeinsam mit der Universität Mainz einen großen Linearbeschleuniger (Linac) in Betrieb, der diese Forschungen mit vorantreiben sollte. Dieses ‚joint venture‘ sicherte der Abteilung für Kernphysik bis zur Emeritierung Wäßlers 1978 zwar die apparative Grundlage, ermöglichte aber keine eigenständige institutionelle Verstetigung experimenteller physikalischer Forschung am MPI für Chemie. Das Setzen auf Großgeräte erwies sich als Sackgasse; das MPI für Chemie war dafür zu klein und auf die Kooperation mit der Universität Mainz angewiesen. Selbst in dieser Konstellation konnte die Kernphysik in Mainz nicht mit der von anderen Max-Planck-Instituten in Heidelberg und München betriebenen Forschung konkurrieren und wurde 1978 geschlossen, eine verbliebene Arbeitsgruppe wurde über diesen Zeitpunkt hinaus von Heidelberg aus betreut.

Die zweite physikalische Technik, die Massenspektroskopie, wurde zum eigentlichen Rückgrat des Instituts bis in die späten 1960er Jahre.<sup>8</sup> Von 1947 bis 1968 nahmen mit Mattauch und Hintenberger zwei Massenspektrometriker die institutionell führende Position am Institut ein. Sie konnten aber keine epistemisch eigenständige Richtung finden, weder aus dem Bestreben, Instrumentenentwicklung als Selbstzweck zu betreiben, noch aus den Versuchen heraus, ihre Anwendungsgebiete zu dominieren. Obwohl international teilweise noch erfolgreich, wurde die methodenorientierte, auf die Massenspektroskopie ausgerichtete Forschung Ende der 1960er Jahre von Mitgliedern der Chemisch-Physikalisch-Technischen-Sektion der MPG als überholt erachtet.<sup>9</sup> Dies und die Tatsache, dass ab 1958 einer und ab 1965 zwei Direktorenposten unbesetzt waren, führten das Institut in eine schwere Krise, die bis 1968 andauerte. Innerhalb der MPG-Kom-

<sup>8</sup> Vgl. den Beitrag von Carsten Reinhardt in diesem Band.

<sup>9</sup> So von Wolfgang Gentner und Werner Heisenberg. Niederschrift über die Sitzung der Kommission ‚Zukunft des Max-Planck-Instituts für Chemie‘, 6. 4. 1967, S. 3 (Archiv der MPG (künftig MPG-Archiv), Abt. II MPG, Rep. 1A Generalverwaltung, Institutsbetreuung (IB), Chemie 0.5: Zukunft des MPI für Chemie, Mappe Sektionsakten). – Ein ähnlich gelagerter Fall war die Elektronenmikroskopie unter Ernst Ruska am Fritz-Haber-Institut in Berlin, vgl. Steinhauser et al.: Hundert Jahre (wie Anm. 1).



mission, die für die Zukunft des MPI für Chemie verantwortlich zeichnete, wurde diskutiert, das Institut zu schließen.<sup>10</sup> Die Frage der Weiterführung oder Schließung wurde von dem späteren MPG-Präsidenten Reimar Lüst 1967 sogar als Präzedenzfall der prinzipiellen Politik gesehen, wie die MPG mit Schwerpunkten umgehen sollte, die zwar einmal anerkannt gewesen waren, nun aber nicht mehr als erfolversprechend galten.<sup>11</sup> Die Konstellation, die das Institut ab 1968 aus seiner Krise herausführen sollte, vereinte in konkreter Weise die von Jürgen Renn und Horst Kant identifizierten Momente der Forschungsstrategie der MPG: Subsidiarität, Interdisziplinarität und ein umgedeutetes Harnack-Prinzip.<sup>12</sup> Subsidiarität bedeutet hier die Identifizierung von Forschungsfeldern, die an anderen Standorten, vor allem den Universitäten oder den staatlichen Großforschungseinrichtungen, so nicht betrieben werden oder betrieben werden können. Das MPI für Chemie hatte hier gleich in zweierlei Hinsicht Glück. Zum einen gelang es 1953, als Nachfolger Straßmanns Friedrich A. Paneth zu gewinnen. Paneth brachte als zurückgekehrter Emigrant nicht nur ein ersehntes Zeichen der Vergebung in die MPG, er etablierte auch eine neue Forschungsrichtung, die Kosmochemie. Auch nachdem Paneth 1958 gestorben war, wurde diese Forschungsnische im Institut weiter gepflegt und ausgebaut – war sie doch für einige Zeit de facto die einzig erfolversprechende Anwendung der Massenspektroskopie. Auch der zweite Glücksfall kam von außen, in Gestalt des Mainzer Universitätsprofessors Christian Junge. Junge war der international maßgebliche Vertreter einer zweiten neuen Forschungsrichtung, der Atmosphärenchemie, und besaß an der Universität nicht den nötigen Freiraum, um dieses Gebiet umfassend zu etablieren. Dies galt vor allem für das zweite Prinzip der institutionellen Forschungsförderung der MPG: die Interdisziplinarität.<sup>13</sup> Das dritte Prinzip, ein umgedeutetes Harnack-Prinzip, liegt in der langfristigen Forschungsplanung der MPG, die es Forschern ermöglicht, weitgehend unabhängig von den kurzen Zyklen der Drittmittelforschung zu arbeiten, dabei die einmal eingeschlagene Linie verfolgen zu können und sich nicht von kurzfristigen Erfolgsmeldungen abhängig machen zu müssen. Tatsächlich scheint Junges Berufung 1968 auf den Direktorenposten des MPI für Chemie diese drei Prinzipien miteinander zu verbinden. Wurde bei seiner Berufung noch ihm

<sup>10</sup> Vgl. den Beitrag von Meinrat Andreae in diesem Band.

<sup>11</sup> Lüst an Köster, 3. 4. 1967 (MPG-Archiv, Abt. II, Rep. 1A, IB Chemie 0.5: Zukunft des MPI für Chemie, Mappe Sektionsakten).

<sup>12</sup> Jürgen Renn, Horst Kant: Forschungserfolge. In: Peter Gruss, Reinhard Rürup, Susanne Kiewitz (Hrsgg.): Denkmale. Max-Planck-Gesellschaft und Kaiser-Wilhelm-Gesellschaft, Brüche und Kontinuitäten 1911–2011. Dresden 2011, S. 70–78, hier S. 72.

<sup>13</sup> Vgl. den Beitrag von Ruprecht Jaenicke in diesem Band.

alleine die Entscheidung über die neue Struktur anvertraut (im Sinne des ‚alten‘ Harnack-Prinzips, ein Institut um einen Forscher herum zu bauen), so propagierte er das Kollegialprinzip, wonach das Kollegium der Wissenschaftlichen Mitglieder gemeinschaftlich verantwortlich die Leitung des Instituts wahrnimmt und die Geschäftsführung an einen Direktor delegiert. Das MPI für Chemie war eines der ersten schon bestehenden Max-Planck-Institute (also keine Neugründung), das eine solche Verfassung einführte. 1973 wurde das Kollegialprinzip durch das Rotationsprinzip ergänzt, wonach die geschäftsführende Leitung alle drei Jahre zwischen den Abteilungsdirektoren wechselt. Zusätzlich wurde die Mitbestimmung der wissenschaftlichen Mitarbeiter installiert.<sup>14</sup> Diese institutionelle Pluralität in der Leitung ergänzte die Pluralität in der Ausrichtung der Forschung und der eingesetzten Methoden. War bis 1968 eine ‚Versäulung‘ festzustellen, die in der Dominanz der Massenspektroskopie und der Trennung der Forschungsfelder ihren Ausdruck fand, so etablierte Junge gemeinsam mit seinen Kollegen Heinrich Wänke (Abt. Kosmochemie) und Heinrich Hintenberger (Abt. Massenspektroskopie) eine Vielfalt von Forschungsgebieten, die auf eine bestimmte Richtung zuliefen. Ziel war es, Geo-, Atmosphären- und Kosmochemie als neue Forschungsfelder des MPI für Chemie zu etablieren. Allerdings konnte dies in vollem Umfang erst nach der Emeritierung von Junge, Hintenberger und Wäffler 1978 erreicht werden. Die 1970er Jahre können so als Übergangszeit gesehen werden, die das MPI für Chemie auf einen neuen Forschungspfad brachte, dem es in großen Zügen auch heute noch folgt. 1980, nach den Berufungen Paul Crutzens auf den Direktorenposten der Abteilung für Chemie der Atmosphäre, Albrecht W. Hofmanns als Direktor der neu eingerichteten Abteilung für Geochemie und der schon bestehenden Kosmochemie unter Heinrich Wänke, die durch eine zweite Abteilung unter Friedrich Begemann zur Isotopenkosmologie ergänzt wurde, war die neue Ausrichtung formalisiert.

Obwohl 1980 zumindest in formaler Hinsicht ein neues Forschungsparadigma installiert war, konnte ein intensives Zusammenarbeiten wegen der Spannweite der Themen doch nur eingeschränkt erreicht werden. Immerhin reichten die Arbeitsgebiete der 1980er und 1990er Jahre vom Inneren der Erde über die Atmosphäre bis zum Sonnensystem. Auch die Verankerung in der Chemie konnte nicht als Identifikationsmerkmal herangezogen werden, waren doch die wenigsten der leitenden Wissenschaftler von ihrer Ausbildung her Chemiker. Mitte der 1980er Jahre wurde ein weiteres Forschungsfeld, das damals noch keinen offiziellen Namen trug, identifiziert: die Wechselwirkungen der geologischen, biologischen und atmosphärischen Bestandteile der Erde. Damit konnten

<sup>14</sup> Vgl. den Beitrag von Carsten Reinhardt in diesem Band.

auch die Arbeitsgebiete der bestehenden Abteilungen (mit Einschränkung nur bei der Kosmochemie) verbunden werden. Mit der Abteilung für Biogeochemie unter Meinrat O. Andreae etablierte das MPI für Chemie 1987 eine integrierende Plattform für die Forschungen des Instituts, eine Plattform, deren Tragkraft über das MPI in Mainz hinausreichte. Schon 1975 war es zu einem ersten Ausgreifen über das MPI für Chemie hinaus gekommen. Nicht zuletzt auf Betreiben Junges wurde das MPI für Meteorologie in Hamburg gegründet. In den 1990er Jahren nutzten die Mainzer MPI-Direktoren den Impetus der Institutsgründungen der MPG in den neuen Ländern und initiierten die 1997 erfolgte Gründung des MPI für Biogeochemie in Jena. Diese Konstellation, ergänzt durch Arbeitsgruppen zum Thema in weiteren Max-Planck-Instituten, führte zum Aufbau einer Forschungspartnerschaft innerhalb der MPG, die der Erdsystemforschung gewidmet ist.

2005 wurde die Kosmochemie nach der Emeritierung Günter W. Lugmairs geschlossen und die Geochemie wurde mit der Emeritierung Hofmanns 2007 in die Abteilung für Biogeochemie eingeordnet. Es kam im folgenden Verlauf zu einer ‚Chemisierung‘ der Atmosphären- und Biogeochemie mittels einer neuen Ausrichtung auf Partikel- und Multiphasenchemie. Dabei sind diese Arbeiten immer noch auf das Ziel ausgerichtet, die Wechselwirkungen zwischen Geo-, Bio- und Atmosphäre besser zu verstehen. Ob die weitere Konzentration auf chemische Prozesse einem Trend in diesen Wissenschaften selbst folgt oder ob sie das Ende der Fokussierung auf Atmosphären-, Geo- und Kosmochemie einläuten und das MPI für Chemie wieder stärker zu einem Chemie-Institut machen wird, muss abgewartet werden.

Das KWI/MPI für Chemie hat in seiner Geschichte immer wieder die Rolle eines Mittlers gespielt, zwischen den verschiedensten naturwissenschaftlichen Disziplinen ebenso wie zwischen Politik, Wirtschaft und Wissenschaft. Über lange Zeiträume haben nicht Chemiker, sondern Physiker, Meteorologen, Ingenieure und Geologen seine Geschicke bestimmt. Welche Kräfte haben dabei die Identität des Instituts begründet? Zum einen das Bewusstsein, Mitglied eines Instituts zu sein, an dem eine weltverändernde Entdeckung, die Kernspaltung, stattgefunden hatte. Ob bewusst oder unbewusst, ob gewollt oder nicht gewollt, dieser Verantwortlichkeit konnte sich nach 1945 niemand entziehen, gerade auch Otto Hahn nicht.<sup>15</sup> Die leitenden Mitglieder des Instituts haben in den

<sup>15</sup> So wurde Otto Hahn in den 1950er Jahren Initiator bzw. Mitinitiator der Mainauer und Göttinger Erklärungen (vgl. dazu Horst Kant: Otto Hahn und die Erklärungen von Mainau (1955) und Göttingen (1957). In: Günter Flach et al. (Hrsgg.): Vom atomaren Gleichgewicht zu einer von Atomwaffen freien Welt (= Abhandlungen der Leibniz-Sozietät der Wissenschaften). Erscheint 2013).

1950er Jahren mit dem Namenszusatz ‚Otto-Hahn-Institut‘ ein Bekenntnis zu dieser Tradition abgelegt, selbst wenn die direkte Motivation dazu wohl eher einen Versuch der Abwehr, eine ‚Flucht‘ in die ‚reine‘ Forschung darstellte. Uns scheint allerdings, dass sich viele leitende Mitglieder des Instituts dieser Tradition stellen, natürlich in ihrer zeitgebundenen Ausprägung und auf individuell unterschiedliche Weise. Zum anderen spielt wohl das Bewusstsein eine Rolle, mittels der am Institut entwickelten wissenschaftlichen Methoden einen Beitrag zum Verständnis der Welt zu leisten. Diese Methoden sind dabei im weitesten Sinn des Wortes chemische; sie liefern Ergebnisse über die Verteilung, die Eigenschaften und die Reaktionen ganz bestimmter Substanzen. Diese Erkenntnisse stellen im Selbstverständnis der beteiligten Wissenschaftler eine nicht hintergehbare Basis für das weitere gesellschaftliche Handeln dar. Ob man diese Ansicht teilt oder nicht: Wer die Forscherinnen und Forscher des Instituts über Chondrite und Brekzien, über Isotope und Kernisomere, über DMS und FCKW hat sprechen hören, kann sich der Faszination dieses Denkens nicht entziehen.



## 2 Die Gründung und Entwicklung des Kaiser-Wilhelm-Instituts für Chemie 1905–1930

Jeffrey Allan Johnson

„Sie werden ganz unabhängig sein. Niemand wird sich um Sie kümmern und Ihnen dreinreden. Sie können ein paar Jahre im Grunewald spazieren gehen und sich ausruhen oder wenn Sie wollen, etwas Schönes, Neues ausdenken.“ Mit solch einer anziehenden Vision beschrieb Emil Fischer (1852–1919) im Sommer 1911 das Leben eines künftigen Wissenschaftlichen Mitglieds an dem damals entstehenden Kaiser-Wilhelm-Institut (KWI) für Chemie in Dahlem bei Berlin. Als Vorsitzender des Verwaltungsausschusses des KWI für Chemie war es Fischers Aufgabe, den Widerstand des jungen deutschen Chemikers Richard Willstätter (1872–1942), damals Professor an der Eidgenössischen Technischen Hochschule (ETH) in Zürich, zu überwinden und ihn für das neue Institut zu gewinnen. Er hatte Erfolg, aber wie stand es mit seiner Vision? „Nach Tisch las man es anders“, erinnerte sich Willstätter in seinen Memoiren, „ohne Fischers Schuld.“<sup>1</sup>

### 2.1 Fragestellungen

In der Tat war die Entwicklung des KWI für Chemie in vielerlei Hinsicht eine sehr schwierige, wobei die Erwartungen der Gründer und Wissenschaftlichen Mitglieder oft nicht erfüllt werden konnten. Trotzdem haben diese Wissenschaftler Ansehnliches geleistet, was sich schon an Willstätters Nobelpreis für Chemie 1915 erahnen lässt. In diesem Beitrag stelle ich drei Fragen zur Gründung und frühen Entwicklung des KWI für Chemie:

Erstens: Was war die damalige Begründung für ein Kaiser-Wilhelm-Institut für Chemie als Innovation in der wissenschaftlichen Landschaft des wilhelminischen Deutschland? Zweitens: Was waren die wichtigsten wissenschaftlichen Leistungen des Instituts bzw.

<sup>1</sup> Richard Willstätter: Aus meinem Leben. Weinheim 1949, S. 200.



seiner Mitglieder, hauptsächlich in den ersten zwanzig Jahren nach seiner Gründung, wobei ich diese Leistungen in ihrem historischen und institutionellen Kontext darstelle, und

Drittens: Wie hat dieses neue Modell eines Forschungsinstituts auf die institutionelle Entwicklung der Kaiser-Wilhelm-Gesellschaft zur Förderung der Wissenschaften (KWG) bzw. auf die gesamte deutsche Wissenschaftspolitik eingewirkt?

## 2.2 Begründung des Kaiser-Wilhelm-Instituts für Chemie: Innovation in der Wissenschaftslandschaft des wilhelminischen Deutschland<sup>2</sup>

### 2.2.1 Der Plan einer Chemischen Reichsanstalt

Zunächst beschreibe ich die Gründung des neuen Instituts, das bekanntlich mit dem Haberschen Kaiser-Wilhelm-Institut für physikalische Chemie und Elektrochemie das erste Forschungsinstitut war, das die neugegründete KWG errichtet hat. Warum gab es überhaupt ein KWI für Chemie, und was waren die Ziele der Gründer? Wie schon in anderen Arbeiten beschrieben wurde, reicht die Vorgeschichte des Instituts bis zum Jahr 1905 zurück, also einige Jahre vor der berühmten Harnack-Denkschrift von 1909, die als Gründungsdokument der KWG gilt. Damals schlugen drei deutsche Chemiker – Emil Fischer, Wilhelm Ostwald (1853–1932) und Walther Nernst (1864–1841) – die Gründung einer chemischen Reichsanstalt ähnlich der Physikalisch-Technischen Reichsanstalt (PTR) vor, bei deren Gründung Hermann von Helmholtz (1821–1894) und Werner von Siemens (1816–1892) maßgebend mitgewirkt hatten. So suchten die Akademiker ähnliche Partner aus der chemischen Industrie, deren führende Firmen damals noch von akademisch ausgebildeten Chemikern gelenkt wurden, wie Carl Duisberg (1861–1935) bei den Farbenfabriken vorm. Friedrich Bayer u. Co. und Heinrich von Brunck (1847–1911) bei der Badischen Anilin- und Sodafabrik (BASF). Die ersten Denkschriften zum Plan der Reichsanstalt stammten von Walther Nernst, der 1905 als

<sup>2</sup> Falls nicht anders angemerkt, basiert dieser Teil auf Jeffrey A. Johnson: Vom Plan einer Chemischen Reichsanstalt zum ersten Kaiser-Wilhelm-Institut: Emil Fischer. In: Rudolf Vierhaus, Bernhard vom Brocke (Hrsgg.): *Forschung im Spannungsfeld von Politik und Gesellschaft: Geschichte und Struktur der Kaiser-Wilhelm-/Max-Planck-Gesellschaft zur Förderung der Wissenschaften 1911–1986*. Aus Anlass ihres 75jährigen Bestehens. Stuttgart 1990, S. 486–515. – Jeffrey Johnson: *The Kaiser's Chemists: Science and Modernization in Imperial Germany*. Chapel Hill 1990.

Professor und Direktor des Universitätsinstituts für physikalische Chemie nach Berlin gekommen war. Nernst hatte richtig erkannt, dass die physikalische Chemie sich damals schnell entwickelte, obwohl Vertreter der klassischen organischen Chemie die Hauptprofessuren an den Universitäten dominierten. So hoffte er, durch die neue Anstalt den Wert seines Gebietes für die allgemeine Chemie stärker hervorzuheben. Es war sein Vorschlag, die chemische Reichsanstalt als „Zentralstelle für analytische Chemie im weitesten Sinne“ zu gestalten.<sup>3</sup> Auch Emil Fischer, obwohl Organiker, hatte nichts gegen die Gründung eines solchen Sonderinstituts, da er sich bei Arbeiten mit Unterstützung der PTR auch vom Wert der physikalischen Methoden und Instrumente für bestimmte Zwecke überzeugt hatte. Außerdem hoffte er, durch eine prestigeträchtige Reichsanstalt den Status der Chemie in Deutschland zu erhöhen, da es seiner Ansicht nach immer schwerer wurde, junge Menschen für die Chemie zu begeistern. Es lohne sich nicht mehr, sagte man, Chemiker zu werden.<sup>4</sup> Wilhelm Ostwald, der gerade von seiner Leipziger Professur zurückgetreten war, galt noch als großer Organisator der physikalischen Chemie und hatte Anfang 1906 mit Carl Duisberg in einer Versammlung von Akademikern und Industriellen in Berlin die Hauptreden zur Befürwortung des Plans gehalten. Als Organiker und technischer Direktor einer großen Teerfarbenfabrik war Duisberg allerdings nicht vom allgemeinen Wert der physikalischen Chemie überzeugt, erstrebte aber engere Beziehungen zu Emil Fischer und wollte mehr industriellen Einfluss auf den Plan einer solchen Reichsanstalt und damit auf die Reichsregierung ausüben.

Tabelle 1 zeigt das damalige Wachstum der physikalischen Chemie und der physiologischen bzw. Biochemie im Vergleich zur ‚klassischen‘ organischen und anorganischen Chemie (Reagenzglas-Chemie der Synthese und Analyse von relativ kleinen, kristallisierbaren Molekülen zur Erzeugung von Produkten wie Teerfarben). Proportional sowie absolut gesehen war die Dominanz der klassischen organischen Chemie im späten 19. Jahrhundert noch unbestritten, aber nach der Jahrhundertwende wurde ihr Anteil an den Veröffentlichungen in der ‚reinen Chemie‘ im Vergleich zu denjenigen der allgemeinen und physikalischen Chemie einerseits und der physiologischen bzw. der Biochemie andererseits immer kleiner. Zudem wuchs das Forschungsfeld der anorganischen Chemie seit 1905 nicht mehr. Das Problem war aber, dass die Universitäten mit ihren hierarchisch strukturierten Großinstituten und einer verhältnismäßig kleinen Zahl von (meist klassisch-

<sup>3</sup> Vorläufiger Entwurf einer Denkschrift zur Begründung einer Chemischen Reichsanstalt. 1905 (Bayer-Archiv, Leverkusen (künftig BAL): 46/6, Bd. 1: Verein Chemische Reichsanstalt e.V.).

<sup>4</sup> Emil Fischer an Carl Duisberg am 31. 7. 1905, Durchschlag. (Emil Fischer Papers, University of California, Berkeley).

organisch ausgebildeten) Ordinarien nur zögernd auf diese Veränderungen reagieren konnten. An traditionsreichen Hochschulen konnten sich die neueren interdisziplinären Fächer der Chemie meist nur zum Teil und lediglich an den größeren Universitäten in unabhängigen Instituten etablieren. Für die allgemeine und physikalische Chemie waren die chemischen Abteilungen an den technischen Hochschulen offener, dort aber waren die Einrichtungen für die Forschung noch nicht so gut entwickelt wie an den Universitäten. Deshalb war es gewiss angebracht, ein neues Forschungszentrum für die Chemie zu gründen, das die relativ vernachlässigten Gebiete fördern sollte.

Disziplin / Jahr	1897	(%)	1905	(%)	1913	(%)	1925	(%)
Allgemeine & physikalische	380	15 %	630	14 %	1240	23 %	2816	31 %
Anorganische	400	16 %	910	20 %	910	17 %	865	10 %
Organische	1460	57 %	2080	47 %	1880	35 %	1671	19 %
Physiologische/Biochemie	330	13 %	850	19 %	1320	25 %	3645	41 %
Summe	2570	100 %	4470	100 %	5350	100 %	8997	100 %

*Tabelle 1: Abstracts aus verschiedenen ‚reinen‘ Disziplinen der Chemie (Chemisches Zentralblatt, 1897–1925)*

Trotz aller Bemühungen kam die Gründung einer Reichsanstalt nicht zustande, da die Reichsregierung wachsende finanzielle Schwierigkeiten hatte und daher verlangte, dass die Industrie nicht nur ein ‚Patengeschenk‘ zur Gründung der Reichsanstalt gäbe, ähnlich wie Siemens 1887 das Grundstück für die PTR in Charlottenburg zur Verfügung gestellt hatte,<sup>5</sup> sondern dass sie die gesamten Baukosten sowie einen erheblichen Teil der jährlichen Haushaltskosten übernehmen sollte. Das führte 1908 zur Gründung des Vereins Chemische Reichsanstalt (VCR), der bis 1909 rund eine Million Mark aus der chemischen Industrie sammelte, allerdings nur mit zusätzlichen Subventionen aus Belgien (Ernest Solvay (1835–1922), Erfinder des Ammoniak-Soda-Verfahrens und Mitbegründer von Solvay & Cie.) und England (Ludwig Mond (1839–1909), Verbesserer des Solvay-Verfahrens bei Brunner, Mond & Co., 1926 in ICI fusioniert).<sup>6</sup> Dies reichte aber nicht, um das Projekt einer Reichsanstalt zu realisieren, da das Reich zwei Millionen Mark ver-

<sup>5</sup> David Cahan: *Meister der Messung – die Physikalisch-Technische Reichsanstalt im Deutschen Kaiserreich*. Weinheim/New York 1992 (elektron. Fassung, Bremerhaven 2011), S. 80–106.

<sup>6</sup> Louis d’Or, Anne-Marie Wirtz-Cordier: *Ernest Solvay*. Brüssel 1981. – Johannes R. Lischka: *Ludwig Mond and the British Alkali Industry*. New York 1985. – Kenneth Bertrams, Nicolas Coupain, Ernst Homburg: *Solvay. History of a Multinational Family Firm*. Cambridge/Engl. 2013 [im Druck]. – William J. Reader: *Imperial Chemical Industries. A History*. Vol. 1: *The Forerunners, 1870–1926*. London 1970.



langte. Das Projekt kriselte, da weitere größere Subventionen nicht aufzutreiben waren. Was sollte man tun?

### 2.2.2 Von der Reichsanstalt zum Kaiser-Wilhelm-Institut

Hier kam nun die preußische Regierung zu Hilfe, d.h. die Unterrichts- und Wissenschaftsabteilung des Kultusministeriums, deren Ministerialdirektor Friedrich Schmidt [-Ott] (1860–1956) die Ideen seines großen Vorgängers Friedrich Althoff (1839–1908) in einer Denkschrift zur Entwicklung von Dahlem in ein „deutsches Oxford“ zusammengefasst hatte. Man wollte eigentlich alle naturwissenschaftlichen Institute der Berliner Universität nach Dahlem verlagern, da das aber nicht durchführbar erschien, ersann man den Plan, dort eine Reihe von Forschungsinstituten zu gründen. Schmidt-Ott, der schon an den Besprechungen über den Reichsanstalts-Plan beteiligt gewesen war, und sein jüngerer Mitarbeiter Hugo Andres Krüß (1879–1945) arbeiteten zu diesem Zweck mit dem Kirchenhistoriker und Historiker der Preußischen Akademie der Wissenschaften sowie Direktor der Königlich Bibliothek Adolf (von) Harnack (1851–1930) eine Denkschrift für den Kaiser aus mit dem Ziel, dass dieser 1910 zum Jubiläum der Berliner Universität eine kulturelle Großtat annonciieren sollte.<sup>7</sup> Dafür hatte Emil Fischer an Harnack auch eine Denkschrift über die Chemische Reichsanstalt gerichtet, wobei er die dort angeführten Argumente auf die Frage von chemischen Forschungsinstituten anwandte mit der Schlussfolgerung, falls keine Reichsanstalt zu gründen wäre, sollte das dafür gesammelte Geld nicht verloren gehen, sondern für ein chemisches Institut mit ähnlichen Zwecken benutzt werden. Harnack hatte seine Argumente allerdings etwas übertrieben, indem er von einer „Notlage der Naturwissenschaft in Deutschland“ schrieb, bei der „die deutsche Wissenschaft *auf wichtigen Linien der Naturforschung* hinter der anderer Länder zurückgeblieben und in ihrer Konkurrenzfähigkeit aufs stärkste bedroht“ sei, weil deutsche Forscher „mit den ungleichen Waffen in den wissenschaftlichen Wettstreit gehen“

<sup>7</sup> Bernhard vom Brocke: Die Kaiser-Wilhelm-Gesellschaft im Kaiserreich. In: Vierhaus, vom Brocke: Forschung (wie Anm. 2), S. 17–162, hier S. 26–33 und 120–143, mit weiteren Literaturhinweisen. – Harnack hoffte auf diesem Wege auch neue Forschungseinrichtungen für die Akademie zu bekommen, was aber aus verschiedenen Gründen nicht gelang, vgl. Hubert Laitko: Die Preußische Akademie der Wissenschaften und die neuen Arbeitsteilungen. In: Jürgen Kocka, Rainer Hohlfeld, Peter Th. Walther (Hrsgg.): Die Königlich Preußische Akademie der Wissenschaften zu Berlin im Kaiserreich. Berlin 1999, S. 149–173, hier S. 164–170.

müssten. Daraus sei eine „national-politische Gefahr“ entstanden, die nur mit der Errichtung neuer Forschungsinstitute aufzuheben wäre, natürlich unter der kaiserlichen Schirmherrschaft.<sup>8</sup> Zwar gab es, wie Fischer später an Harnack schrieb, keinen wirklichen „Notstand der Chemie“<sup>9</sup>; aber gerade diese Schreibweise war notwendig, um den Kaiser von der absoluten Dringlichkeit dieser Innovation zu überzeugen. Damit hatte die Denkschrift ihr Ziel erreicht, und der Kaiser befürwortete die Gründung einer wissenschaftlichen Organisation unter seinem Protektorat – der Kaiser-Wilhelm-Gesellschaft –, die nach dem Vorbild des Rockefeller-Instituts für medizinische Forschung (1901) und der amerikanischen Carnegie Institution (1902) große Summen (12 bzw. 40 Millionen M) aus der Industrie zur Gründung von meist naturwissenschaftlichen Forschungsinstituten sammeln sollte.<sup>10</sup> Da in Deutschland kaum vermögende Spender zu finden waren, die allein ein Forschungsinstitut hätten stiften können, hatte Harnack vorgeschlagen, dieses Ziel durch eine „Kooperation des Staates und privater kapitalkräftiger und für die Wissenschaft interessierter Bürger“ zu erreichen.<sup>11</sup> Dabei war der VCR mit seiner Sammlung von Mitgliederspenden und regelmäßigen Beiträgen aus einem ganzen Industriezweig das Vorbild, das dann für die gesamte deutsche Industrie im großen Stil für die KWG übernommen wurde. Das erste neue Forschungsinstitut sollte die Chemische Reichsanstalt in ihrer neuen Gestalt als Kaiser-Wilhelm-Institut für Chemie sein. Nach dem damaligen Plan sollte die Reichsanstalt vier Abteilungen erhalten (mit Laboratorien für analytische, physikalische, organische und anorganische Chemie sowie Räumen zur Ausführung von technischen Versuchen im größeren Maßstab), deren gesamte Bau- und Einrichtungskosten auf 1 bis 1,6 Millionen Mark, die Betriebskosten auf jährlich mindestens 150.000 M geschätzt wurden.<sup>12</sup>

Allerdings nahmen die staatlichen Behörden Harnacks Vorstellung von „Kooperation“ nicht an, wonach der preußische Staat bzw. das Reich „jeder Million“ von den privaten

<sup>8</sup> Denkschrift Harnacks an den Kaiser vom 21. 11. 1909. Reproduktion der Druckfassung. In: 50 Jahre Kaiser-Wilhelm-Gesellschaft und Max-Planck-Gesellschaft zur Förderung der Wissenschaften, 1911–1961: Beiträge und Dokumente. Göttingen 1961, S. 80–94, hier S. 81–82.

<sup>9</sup> Vgl. Fischer an Harnack am 14. 11. 1910, Durchschlag (Emil Fischer Papers (wie Anm. 4)).

<sup>10</sup> Vom Brocke: Die Kaiser-Wilhelm-Gesellschaft (wie Anm. 7), S. 126–128. – Vgl. Allan Sandage (Hrsg.): Centennial History of the Carnegie Institution of Washington. 5 Bde. Cambridge/Engl./New York 2004–2005. – Elisabeth Hanson: The Rockefeller University Achievements: A Century of Science for the Benefit of Humankind 1901–2001. New York 2000.

<sup>11</sup> Denkschrift vom 21. 11. 1909 (wie Anm. 8), S. 91.

<sup>12</sup> Ebda., S. 90. – Mitteilung an die Mitglieder des Vereins „Chemische Reichsanstalt, e.V.“, Nov. 1908. (Firmenarchiv der ehemaligen Hoechst AG, Frankfurt a.M.-Höchst (künftig FAH), 71, Verein Chemische Reichsanstalt).

Spenden für die KWG „die gleiche Summe hinzufügt.“<sup>13</sup> Dadurch wäre das KWI für Chemie letztlich doch eine Reichsanstalt geworden, aber solche Summen waren weder vom preußischen Staat noch vom Reich zu bekommen. Stattdessen sollte der Staat nur unter gewissen Umständen die Ausgaben der neuen Gesellschaft zur Unterstützung der Forschungsinstitute ergänzen, hauptsächlich um Einfluss auf deren Wissenschaftspolitik zu gewinnen, während die privaten Spender durch ihre Anerkennung als Mitglieder einer Gesellschaft des Kaisers an dessen Glanz teilhaben durften.<sup>14</sup> Im Falle des KWI für Chemie stiftete Preußen nur das Dahlemer Grundstück sowie eine Professur an der Universität für den Direktor, das Reich praktisch nichts. Also musste man die Idee einer Reichsanstalt fallen lassen, und der VCR hat sich 1913 zum „Verein zur Förderung chemischer Forschung“ (VFCF) umbenannt. Noch als VCR hat er den Gesellschaftsvertrag mit der KWG zur Gründung des KWI für Chemie unterzeichnet, wobei der Verein den größten Teil der Baukosten (900.000 M gegen 200.000 M von der KWG) aufbrachte, den Bau des Instituts leitete und die jährlichen Haushaltskosten (120.000 M) mit der KWG teilte. Nach der Vereinbarung wurde der Verwaltungsrat des KWI aus 18 Männern<sup>15</sup> gebildet, davon neun durch die KWG gewählt und neun durch den Verein. Diese Vereinbarung sollte als Vorbild für eine ganze Reihe von anderen durch spezifische Industriezweige gegründete Kaiser-Wilhelm-Institute dienen, wie z.B. für das im Juli 1914 (kurz vor dem Ersten Weltkrieg) eröffnete KWI für Kohlenforschung in Mülheim, bei dem Emil Fischer ebenfalls eine wichtige Rolle spielte.<sup>16</sup> Beim KWI für Chemie wurde Fischer im August 1911 Vorsitzender des Verwaltungsausschusses, in dem er die maßgebende Stimme bei Berufungen usw. hatte. Zunächst wurde Ernst Otto Beckmann (1853–1923) als Direktor berufen, damals Ordinarius für angewandte Chemie in Leipzig, der schon an der Planung der chemischen Reichsanstalt beteiligt gewesen war.<sup>17</sup>

<sup>13</sup> Harnack an den Kaiser am 20. 11. 1911, abgedruckt in: 50 Jahre KWG (wie Anm. 8) S. 141–145, hier S. 142 f.

<sup>14</sup> Vgl. Aufzeichnung über eine Besprechung am 6. 5. 1910. In: 50 Jahre KWG (wie Anm. 8), S. 106–109, hier S. 107. – Vgl. Lothar Burchardt: Wissenschaftspolitik im Wilhelminischen Deutschland – Vorgeschichte, Gründung und Aufbau der Kaiser-Wilhelm-Gesellschaft zur Förderung der Wissenschaften. Göttingen 1975, S. 38–41, 68–83 und 155–158.

<sup>15</sup> Eine Beteiligung von Frauen an solchen Gremien war damals kaum zu erwarten; der VCR/VFCF hatte keine weiblichen Mitglieder, die KWG im Januar 1911 nur drei unter ihren 79 Gründungsmitgliedern. Vgl. Protokoll und Gründerliste. In: 50 Jahre KWG (wie Anm. 8), S. 117–120.

<sup>16</sup> Johnson: Kaiser's Chemists (wie Anm. 2), S. 155 f. – Vgl. Manfred Rasch: Vorgeschichte und Gründung des Kaiser-Wilhelm-Instituts für Kohlenforschung in Mülheim a.d. Ruhr. Hagen 1987.

<sup>17</sup> Protokoll, konstituierende Versammlung [...] des Verwaltungsausschusses vom 2. 8. 1911 (FAH, 71, VCR). – Zu Beckmann: Georg Lockemann: Ernst Beckmann (1853–1923): Sein Leben und Wirken. Berlin 1927.



*Abb. 2-1: Ostfassade des geplanten KWI für Chemie, nach der ursprünglichen Konzeption von Ernst von Ihne. Rechts hinten die Technische Abteilung (nie gebaut).*



*Abb. 2-2: Blick von Osten auf die neuen chemischen Kaiser-Wilhelm-Institute, 1912. Links und rechts die Villen der Direktoren.*

Mit dem Fallen des Reichsanstalt-Plans kam nun eine unerwartete Teilung des Instituts, sodass man 1912 neben dem neuen KWI für Chemie auch ein Schwesterinstitut für physikalische Chemie und Elektrochemie eröffnete. Über dieses – das heutige Fritz-Haber-

Institut der Max-Planck-Gesellschaft – gibt es bereits mehrere Veröffentlichungen.<sup>18</sup> Man muss hier aber unterstreichen, dass die beiden neuen Institute administrativ trotz eines gemeinsamen wissenschaftlichen Beirats völlig getrennt waren. Das Habersche KWI war nicht einmal offizieller Teil der KWG, sondern durch die Leopold-Koppel-Stiftung sowie den preußischen Fiskus verwaltet und finanziert. Das bedeutete nunmehr gegenüber der anfänglichen Idee die Aussonderung einer ganzen Forschungsrichtung aus dem KWI für Chemie, und zwar gerade derjenigen, die durch die ursprünglichen Befürworter Nernst und Ostwald vertreten worden war. Weiterhin fehlte das Geld für die vorgesehene technische Abteilung „für Versuche in größeren Dimensionen“, obwohl Beckmann noch analytische Arbeiten in kleinerem Maßstab in seiner eigenen Abteilung leiten konnte. Nach diesen Verkleinerungen hatte das Institut nur etwa die Hälfte des Arbeitsraums der geplanten Reichsanstalt.<sup>19</sup> Man kann die Umgestaltung und (wie Nernst es nannte) die ‚Verpreußung‘ der Reichsanstalt<sup>20</sup> an den Abbildungen 1 und 2 ersehen, die die äußere Architektur der beiden ersten chemischen Institute nach den Plänen des kaiserlichen Hofarchitekten Ernst von Ihne (1848–1917) zeigen. Eine besonders ‚preußische‘ Eigenschaft des Plans lässt sich an dem ‚Pickelhauben‘-Dach des Turms ersehen, das angeblich auf eine Anregung des Kaisers zurückzuführen war.<sup>21</sup> In Zusammenarbeit mit Beckmann wurden dagegen die Innenräume durch den Baurat Max Guth (1859–1925) gestaltet, der auch für den Reichsanstalts-Plan sowie früher für den Neubau von Fischers Universitätsinstitut (1900 eingeweiht) in Berlin zuständig gewesen war. Unter Fischers Druck versuchte man, einfach und flexibel nach dem Prinzip „möglichster Sparsamkeit“ zu bauen, dabei aber durchaus mit den modernsten Einrichtungen und Räumen für spezielle Zwecke (vgl. Abb. 2-3). Insgesamt hatte das Hauptgebäude Plätze für mindestens 33 Chemiker und Assistenten in 15 Laboratorien verschiedener Größe, verteilt auf drei Etagen, also erheblich weniger als beim Reichsanstalts-Plan.<sup>22</sup>

<sup>18</sup> Vgl. Thomas Steinhauser, Jeremiah James, Dieter Hoffmann, Bretislav Friedrich: Hundert Jahre an der Schnittstelle von Chemie und Physik. Das Fritz-Haber-Institut der Max-Planck-Gesellschaft zwischen 1911 und 2011. Berlin 2011 (auch in englischer Fassung). – Margit Szöllösi-Janze: Fritz Haber 1868–1934. Eine Biographie. München 1998.

<sup>19</sup> Ernst Beckmann: Bemerkungen zu den generellen Bauplänen des KWI für Chemie, ca. Febr. 1911 (FAH, 71, VCR).

<sup>20</sup> Nernst an Fischer am 8. 1. 1910 (Emil Fischer Papers (wie Anm. 4)).

<sup>21</sup> Beim Vortrag am Max-Planck-Institut für Chemie in Mainz am 26. 1. 2012 wurde mir von einem Kollegen erzählt, er habe die Pickelhauben-Geschichte von Fritz Habers ehemaliger Sekretärin gehört. Allerdings gibt es dafür keinen Beweis, die Erzählung ist aber keineswegs unplausibel.

<sup>22</sup> Beckmann: Bemerkungen (wie Anm. 19), S. 3.

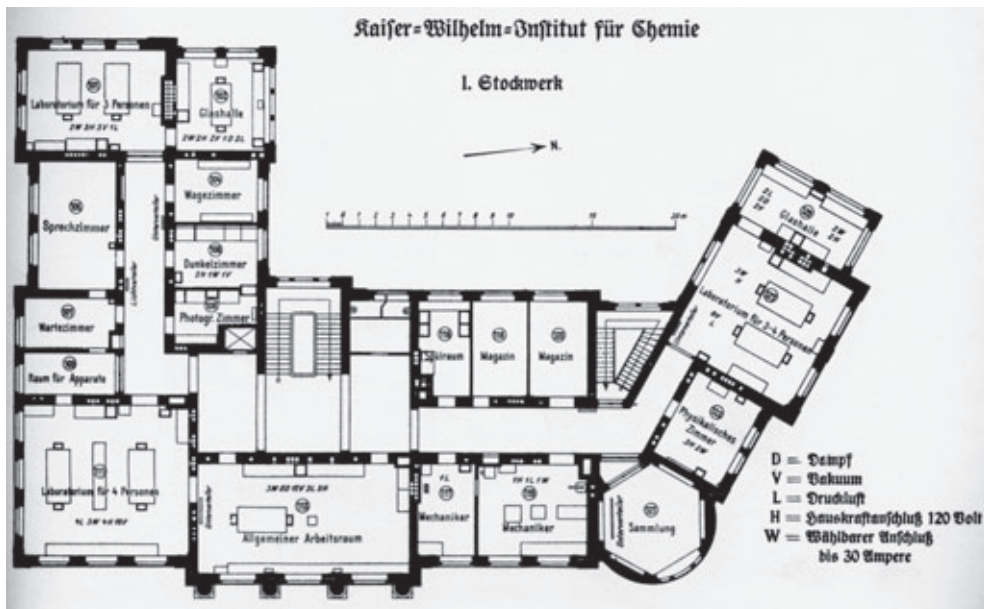


Abb. 2-3: Grundriss des 1. Obergeschosses des KWI für Chemie (Abteilung Willstätter); im 2. Obergeschoss waren die Abteilung Beckmann und die Bibliothek untergebracht, im Erdgeschoss die Büroräume, ein Frühstückszimmer (im Turm), im Südflügel noch nicht eingerichtete Laboratoriumsräume und im Nordflügel die Abteilung Hahn-Meitner.

Ebenso musste das wissenschaftliche Budget (Personal- sowie Sachetat) verkleinert werden, wobei Fischer Beckmann überzeugen konnte, den Haushalt seiner eigenen Abteilung zu kürzen, um Geld für die Anstellung jüngerer Forscher freizumachen. Gemeint war damit Otto Hahn (1879–1968), damals Privatdozent in Fischers Institut. Fischer hat das Projekt mit ihm spätestens im Januar 1911 diskutiert, nur war es erst nach der Unterredung mit Beckmann im Oktober möglich, Hahn offiziell zu berufen. Allerdings bekam er von Beckmann nur einen Sachetat von 1.000 M sowie das Gehalt für einen Assistenten (1.000 M); sein eigenes Gehalt als Wissenschaftliches Mitglied (5.000 M für fünf Jahre) kam aus besonderen Spenden von Mitgliedern des VCR/VFCF.<sup>23</sup> Hahn hatte schon seit

<sup>23</sup> Erste konstituierende Versammlung des Verwaltungsrates des KWI für Chemie am 28. 10. 1911; II. Sitzung des Verwaltungsrates am 2. 3. 1912 (BAL, 46/10.1, Vol. 1, Nr. 142: KWG. KWI für Chemie, Verwaltungsrat: Sitzungen, Bd. 1, 1911–1917). – Otto Hahn: *Erlebnisse und Erkenntnisse*. Düsseldorf/Wien 1975, S. 35. – Ders.: *Vom Radiothor zur Uranspaltung. Eine wissenschaftliche Selbstbiographie*. Braunschweig 1962. – Vgl. auch weitere Kapitel in diesem Band.



einigen Jahren mit der österreichischen Physikerin Lise Meitner (1878–1968) erfolgreich zusammengearbeitet. Sie kam zunächst als Gastforscherin ohne Gehalt mit Hahn ins Institut.<sup>24</sup>

Solche Etatkürzungen gab es allerdings nicht bei der Berufung des ersten ständigen Wissenschaftlichen Mitglieds des Instituts, des Organikers Richard Willstätter. Wie Fischer ein Schüler von Adolf von Baeyer (1835–1917) in München, war er Professor an der ETH in Zürich und hatte damals – seiner Meinung nach, weil er seine jüdische Konfession nicht aufgeben wollte – noch keinen Ruf an eine Universität in Deutschland erhalten. Aber die Vertreter der Farbenindustrie im VCR, wie Duisberg, fanden Willstätter aufgrund seiner tiefgreifenden Forschungen über organische Farbstoffe und biologisch aktive Substanzen (Alkaloide, Chlorophyll) für das KWI sehr geeignet. Nach Fischers erster Erkundigung bei Willstätter im November 1910 schien dieser geneigt, nach Berlin zu kommen. Er hatte den ersten vorläufigen Ruf im Juli 1911 aber sofort abgelehnt, weil man ihm zunächst nur eine Stelle als „II. Direktor“ und Abteilungsvorsteher im neuen Institut sowie als außerordentlicher Professor an der Berliner Universität angeboten hatte, wobei seine wissenschaftliche Selbständigkeit aus seiner Sicht nicht ausreichend gesichert gewesen wäre. Erst im September 1911 konnte Fischer (wie am Anfang des Kapitels zitiert) bei einem persönlichen Besuch in Zürich Willstätter überzeugen, ein verbessertes Angebot anzunehmen, u.a. verbunden mit einer ordentlichen Honorarprofessur in Berlin als Nachfolger von Jacobus H. van't Hoff (1852–1911). Bei diesen Bemühungen hatte Fritz Haber (1868–1934) gern mitgewirkt, da er in Willstätter einen neuen Freund und Kollegen in Dahlem begrüßte.<sup>25</sup> Besonders wichtig für Willstätter war, dass er als ein unabhängiges „Mitglied“ des Instituts berufen wurde und nicht als ‚Subdirektor‘ oder ‚II. Direktor‘ unter Beckmann.<sup>26</sup> Daher ist es Willstätter zu verdanken, dass der offizielle Titel des ‚Wissenschaftlichen Mitgliedes‘ geschaffen wurde, das mit der

<sup>24</sup> Zu Meitner und ihrer Zusammenarbeit mit Hahn: Ruth Sime: *Lise Meitner. A Life in Physics*. Berkeley 1996.

<sup>25</sup> Horst Remane, Wolfgang Schweitzer (Hrsgg.): *Richard Willstätter im Briefwechsel mit Emil Fischer in den Jahren 1901 bis 1918*. Berlin 2000, S. 53–82. – Petra Werner, Angelika Irmscher (Hrsgg.): *Fritz Haber: Briefe an Richard Willstätter 1910–1934*. Berlin 1995, S. 39–50. Bei Remane und Schweitzer fehlen die beiden ersten Ablehnungs-Briefe von Willstätter an Fischer (18. 7. und 23. 7. 1911) (vgl. BAL, 46/10.1, Vol. 3: KWG. KWI für Chemie, Briefe 1911–1915).

<sup>26</sup> Willstätter: *Aus meinem Leben* (wie Anm. 1), S. 202. – Fischer an Duisberg am 16. 9. 1911. *Emil Fischer Papers* (wie Anm. 4). – Bedingungen einschließlich Titel in: *Erste konstituierende Versammlung des Verwaltungsrates des KWI für Chemie* am 28. 10. 1911, S. 5 (BAL, 46/10.1, Vol. 1, Nr. 142, Bd. 1).

ausdrücklichen Garantie der Forschungsfreiheit ausgestattet ist, worauf jeder Anstellungsvertrag für Institutsmitglieder hinweisen sollte: „Die wissenschaftlichen Mitglieder unterliegen in wissenschaftlicher Hinsicht bei Wahl und Ausführung ihrer wissenschaftlichen Arbeiten keinerlei Beschränkung.“<sup>27</sup>

Viele der leitenden Mitglieder des VCR waren inzwischen auch Mitglieder der KWG geworden. Emil Fischer war von Anfang an unter den sieben Mitgliedern des Verwaltungsausschusses der KWG. Neben dem Präsidenten Harnack war er der einzige Akademiker. In Bezug auf deren naturwissenschaftliche Politik wurde Fischer die führende Persönlichkeit der KWG, da sich Harnack als Geisteswissenschaftler unter den Großindustriellen und Bankiers sowie unter den Naturwissenschaftlern nicht immer wohl und vertraut fühlte, während Fischer ganz in seinem Element zu sein schien. Einmal (1913) hat Harnack Schmidt-Ott gegenüber sogar geäußert, dass Fischer die Präsidentschaft übernehmen könnte, da Fischer viel stärker als Gegengewicht gegenüber den Industriellen dienen könne, um den Institutsmitgliedern das Prinzip der freien akademischen Forschung zu garantieren.<sup>28</sup> Fischer hatte von Anfang an auf diesem Prinzip bestanden, das heißt, dass nicht nur die Direktoren sondern auch die Wissenschaftlichen Mitglieder bei der Auswahl ihrer Forschungsaufgaben „ganz frei“ sein müssten, und zum Glück haben die Chemieindustriellen dies akzeptiert. Das Prinzip der Forschungsfreiheit beim KWI für Chemie im Gegensatz zu den industriellen Erfindungslaboratorien hat zum Beispiel Carl Duisberg als Vorsitzender des Verwaltungsrats des KWI in Korrespondenz mit anderen Kollegen wiederholt hervorgehoben.<sup>29</sup>

<sup>27</sup> Vertrag über die Errichtung des Kaiser-Wilhelm-Instituts für Chemie vom 23. 12. 1911, Absatz 15 (BAL, 46/6 (VCR), Bd. 7).

<sup>28</sup> Harnack an Schmidt-Ott am 28. 1. 1913 (Geheimes Staatsarchiv Preussischer Kulturbesitz (künftig GStA-PK): VI. HA, Nachlass Schmidt-Ott, Nr. 38). – Trendelenburg an Harnack am 3. 9. 1919 (Deutsche Staatsbibliothek zu Berlin, Nachlass Adolf von Harnack, Kasten 44, Mappe E. Trendelenburg, S. 21–23).

<sup>29</sup> So Duisberg an Max Delbrück am 18. 3. 1914 (BAL, 46/10.1, Vol. 1, Nr. 142, Bd. 1).



## 2.3 Wissenschaftliche Leistungen des Instituts in den ersten Jahren (1912–1930)

### 2.3.1 Die Ära Beckmann (1912–1921)

Es war Fischer, der im Januar 1911 den großen Vortrag „Neuere Erfolge und Probleme der Chemie“ bei der konstituierenden Versammlung der KWG in Anwesenheit des Kaisers hielt. Hier bemerkte er, dass, obwohl Deutschland bisher 60% der Nobelpreise gewonnen hatte, diese zum größten Teil auf Arbeiten aus dem 19. Jahrhundert beruhten. In neuerer Zeit hatte sich aber an den Universitäten ein so zeitraubender „Massenunterricht“ entwickelt, dass viele Professoren und besonders die Chemiker zu wenig Zeit und Kraft für die Forschung übrig hätten.<sup>30</sup> Die Forschungsinstitute der KWG sollten also den begabtesten Forschern die Gelegenheit geben, Forschung auf einem so hohen Niveau zu betreiben, dass Deutschland noch weitere Nobelpreise gewinnen könnte. Fischer und seine Kollegen haben dazu die ersten Institutsmitglieder gut gewählt, denn zwei davon, Richard Willstätter und Otto Hahn, haben später tatsächlich den Chemie-Nobelpreis gewonnen. Die Arbeiten von beiden Wissenschaftlern hat Fischer in seiner Rede hervorgehoben: Willstätters Forschungen zur Struktur des Chlorophylls als Blattfarbstoff sowie Hahns Entdeckung von Mesothorium als Nebenprodukt der Thoriumfabrikation in der Gaslichtindustrie. Das Mesothorium sollte als Ersatz für das seltene und teure Radium in der Technik und Medizin dienen. Auf Grund solcher Beispiele kam Fischer zu dem Schluss, dass die Chemie und mit ihr die gesamte Naturwissenschaft „das wahre Land der unbegrenzten Möglichkeiten“ sei.<sup>31</sup> In der Tat sollte die Entdeckung der Kernspaltung 1938 Fischers Vision bestätigen.

Willstätter passte sehr gut in Fischers neue Vorstellungen für die Gesamtentwicklung der KWG, die schon im Schluss seines Vortrags von 1911 deutlich, aber einige Jahre danach noch klarer und stärker ausgedrückt wurden. In einer sehr interessanten Rede „Die Kaiser-Wilhelm-Institute und der Zusammenhang von organischer Chemie und Biologie“ hat Fischer 1915 die Entstehung einer neuen Disziplin durch die bahnbrechende Arbeit von vielen Wissenschaftlern hervorgehoben. Am Ende schilderte er eine Zukunft, die noch heute mit der Entwicklung der Molekularbiologie aktuell ist: „So sehe ich denn,

<sup>30</sup> Fischer: Neuere Erfolge und Probleme der Chemie. In: Emil Fischer: Gesammelte Werke. Untersuchungen auf verschiedenen Gebieten. Vorträge und Abhandlungen allgemeinen Inhalts. Hrsg. von Max Bergmann. Berlin 1924, S. 757–771, hier S. 758.

<sup>31</sup> Fischer: Neuere Erfolge (wie Anm. 30), S. 771.

halb im Traum, eine chemisch-synthetische Biologie entstehen, die der Lebewelt ebenso gründlich ins Handwerk pfuscht, wie es die Chemie, Physik und Technik in der leblosen Natur schon lange tun.“<sup>32</sup>

Die Erwähnung dieser Vision zeigt aber auch, wie weit das KWI für Chemie und die KWG im allgemeinen von dem ursprünglichen Gedanken Nernsts abgekommen waren, eine „Zentralstelle für analytische Chemie im weitesten Sinne“ zu gründen. Obwohl der erste Direktor des KWI für Chemie, Ernst Otto Beckmann, eine Anstalt dieser Art hervorragend hätte leiten können, hatte er doch in Leipzig ein großes Institut für angewandte Chemie unter sich, wo er auch neue Instrumente wie das Beckmann-Thermometer entwickelt und außerdem viele Arbeiten über analytische Fragen, Molekulargewichts-Bestimmungen usw., veröffentlicht hatte, war er für die Leitung eines kleineren Forschungsinstituts weniger geeignet. Nobelpreisträger wurde er nie. Aber da er schon eingehend bei der Planung der beabsichtigten Reichsanstalt mitgearbeitet hatte und bereit war, den Bau des neuen Instituts zu leiten, übernahm ihn der Verwaltungsausschuss des Instituts auch als Direktor, und er nahm den Ruf trotz seiner eigenen „schwerste(n) Bedenken“, ob er dessen wissenschaftliche Erwartungen erfüllen könnte, an.<sup>33</sup> Am KWI setzte er mit Hilfe von Assistenten zunächst seine Molekulargewichts-Bestimmungen bei Verbesserung der Siedemethode fort und bearbeitete Fragen des physikalisch-chemischen Gleichgewichts und Reaktionsverlaufs, die während des Ersten Weltkrieges allmählich abgeschlossen wurden. Außerdem erforschte er Verfahren für Geräte zur chemischen Anzeige von Schlagwettergefahr im Bergbau, gemäß einer Aufforderung des Kaisers bei der Einweihung der beiden chemischen Institute am 23. Oktober 1912. Haber sowie andere Wissenschaftler beschäftigten sich gleichzeitig mit diesem Problem. Der erste Erfolg kam schon 1913 mit Habers „Schlagwetterpfeife“, die durch Änderung der Töne die Vergrößerung des Anteils von Methan in der Luft anzeigen konnte. Leider kamen aus technischen Gründen weder Beckmanns noch Habers Anzeiger zu kommerzieller Anwendung im Bergbau.<sup>34</sup> Während des Krieges hat Beckmann aber versucht, seinen Schlagwetterapparat als Anzeiger für ausströmende brennbare Gase in Luftschiffen weiterzuentwickeln. Außerdem führten er und seine noch gebliebenen oder aus dem Kriegseinsatz zurückgekehrten Assistenten eine Reihe verschiedener Kriegsarbeiten für den Kriegsausschuss für Ersatzfutterstoffe und andere Kriegsausschüsse aus, u.a. – erfolglos –

<sup>32</sup> Fischer: Die Kaiser Wilhelm Institute und der Zusammenhang von organischer Chemie und Biologie. In: Emil Fischer: Gesammelte Werke (wie Anm. 30), S. 796–809, hier S. 808.

<sup>33</sup> Lockemann: Ernst Beckmann (wie Anm. 17), S. 34 f. und 43 f., hier S. 44.

<sup>34</sup> Vgl. Szöllösi-Janze: Fritz Haber (wie Anm. 18), S. 238. – Steinhauser et al.: Hundert Jahre (wie Anm. 18), S. 21–23.



Abb. 2-4: Ernst Beckmann (mit Bart) und Mitarbeiter im Labor, 1913.

„Strohaufschlussarbeiten“ zur Erzeugung von „Kraftstroh“ als Ersatzfutter sowie Untersuchungen z. B. über den Seetang als Futtermittel.<sup>35</sup>

Leider gab es von Anfang an immer wieder Streit über die Haushaltsfinanzierung, wobei ein erheblicher Teil der Kosten daraus entstand, dass ein Forschungsinstitut ohne viele Studenten stattdessen bezahlte Forschungsassistenten einsetzen musste.<sup>36</sup> Die finanzielle Lage verschlechterte sich 1914 weiter, als Lise Meitner, bisher nur unbezahlter Gast in Hahns Abteilung, einen Ruf nach Prag erhielt. Um die gute Zusammenarbeit zwischen Hahn und Meitner aufrecht zu erhalten, hatte Fischer für sie im Herbst 1913 ein Gehalt von 1.500 M aus einer besonderen Spende des VFCF arrangiert. Um sie zu halten, wurde Meitner ab 1914 das doppelte Gehalt, und zwar 3.000 M, aus Institutsmitteln, gewährt. Sie wurde daraufhin als „Mitglied des Instituts“ angestellt, zwar mit der gleichen For-

<sup>35</sup> Lockemann: Ernst Beckmann (wie Anm. 17), S. 45–48. – Vgl. Jahresberichte (Archiv der MPG (künftig MPG-Archiv), I. Abt. KWG, Rep. 1A Generalverwaltung, Nr. 1135–1137).

<sup>36</sup> Das Gesamtgehalt für die ersten zehn Assistenten im Etat 1911/12 betrug 20.900 M, gegenüber nur 9.000 M für zehn Assistenten und sieben Hilfsassistenten an Fischers Institut in Berlin 1910 (Emil Fischer Papers (wie Anm. 4)).



Abb. 2-5: Richard Willstätter (mit Bart) und Mitarbeiter im Labor, 1913.

schungsfreiheit, aber ohne den Titel „Wissenschaftliches Mitglied“ wie Hahn und Willstätter. Ab Januar 1917 bekam sie 4.000 M und wurde vertraglich als „Leiterin der physikalisch-radioaktiven Abteilung“ bezeichnet, obwohl ihre Abteilung in dieser Zeit nie etatmäßig unabhängig war. Stattdessen gab es vertraglich nur eine „Abteilung Hahn/Meitner“ mit einem gemeinsamen Etat für Materialien und Assistenten.<sup>37</sup> Die wissenschaftlichen Partner haben sich aber von Anbeginn über die Räume ihrer Abteilung gefreut, da diese im Gegensatz zu ihrer bisherigen „Holzwerkstatt“ in Fischers Universitätsinstitut noch unverseucht durch Radioaktivität waren, so dass präzisere Messungen möglich waren. Es wurden nun auch Techniken entwickelt, um eine künftige Verseuchung zu vermeiden.

<sup>37</sup> Johnson: Kaiser's Chemists (wie Anm. 2), S. 173–176. – Eckart Henning, Marion Kazemi: Chronik der Kaiser-Wilhelm-Gesellschaft zur Förderung der Wissenschaften. Berlin 1988, S. 20 (= Veröffentlichungen aus dem Archiv zur Geschichte der Max-Planck-Gesellschaft, 1). – Vertrag mit Meitner vom 11. 11. 1920 (BAL, 46/10.1, Vol. 4: Verträge mit Institutsmitgliedern). – Sime: Lise Meitner (wie Anm. 24), S. 52



Abb. 2-6: Otto Hahn und Lise Meitner im physikalischen Labor der radioaktiven Abteilung, 1913.

Willstätters Forschungen über Pflanzenfarbstoffe in den ersten Jahren in Dahlem waren wirklich genial und haben seinen wissenschaftlichen Ruf weiter erhöht. Er nutzte die Gelegenheit, in den vorstädtischen Verhältnissen von Dahlem die chemischen Verfahren am lebenden Blatt sowie die Anthocyane oder Blüten-Farbstoffe zu erforschen, was bis dahin in der organischen Chemie kaum gemacht wurde. Dazu hatte er viele Blüten- und Beerenpflanzen (Rosen, Malven, Kornblumen und Heidelbeeren) auf einem von ihm gepachteten Gelände von etwa einem Hektar in der Nähe des Instituts angepflanzt. Nach Emil Fischer trugen Willstätters Untersuchungen „den Stempel der Großzügigkeit, der Originalität und der sorgfältigen Durchführung“, und zählten „unzweifelhaft mit zu dem besten, was die organische Chemie in der Neuzeit hervorgebracht hat.“<sup>38</sup> Allerdings führten die Anthocyan-Arbeiten wegen der hohen Kosten der Lösungsmittel über die

<sup>38</sup> Fischer: Wahlvorschlag für Richard Willstätter zum OM. o.D. (1914). In: Anneliese Greiner (Bearb.): Chemiker über Chemiker: Wahlvorschläge zur Aufnahme von Chemikern in die Berliner Akademie 1822–1925. Berlin 1986, S. 181, Manuskript (Emil Fischer Papers (wie Anm. 4)).

Ressourcen des Instituts „zu weit hinaus“,<sup>39</sup> auch wenn Willstätter selbst viele Kosten übernahm und zusätzliche Mittel vom Verwaltungsrat des KWI erhielt.<sup>40</sup> Mit dem Ausbruch des Ersten Weltkrieges 1914, der nach Willstätters Erinnerung „wie eine Naturkatastrophe“ auf das wissenschaftliche Leben in Dahlem wirkte, kamen diese kostspieligen Arbeiten zum Erliegen und wurden nachher nicht wieder aufgenommen.<sup>41</sup> Fast alle Assistenten und Gäste, die Willstätter aus Zürich mitgebracht hatte, wurden entweder zum Militär eingezogen oder mussten als feindliche Ausländer das Institut verlassen.

Auch Hahn wurde eingezogen. Anfang 1915 folgte er mit anderen jungen Chemikern der Aufforderung Habers, der Versuche mit Chlorwolken als Gaswaffe unternommen hatte, bei den Gaspionieren einzutreten. Nachdem Lise Meitner 1915–1916 bei der österreich-ungarischen Armee als Röntgenschwester diente, wurde ihre Abteilung vorübergehend geschlossen. Willstätter blieb einige Zeit in Dahlem, wo er die Kriegsarbeit seines Freundes Haber unterstützte, indem er im Herbst 1915 an der Verbesserung der Füllung für den Atemschutz der neuen deutschen Gasmaske arbeitete, wofür er zwei seiner eingezogenen Assistenten als Mitarbeiter behalten konnte. Um gegen Chlor und das noch tödlichere Phosgen effektiver zu schützen, entwickelte er einen Drei-Schichten-Einsatz mit Aktivkohle und Hexamethylentetramin. Die Arbeit war nicht ungefährlich: Bei der Prüfung von verschiedenen Substanzen erlitt er mehrmals eine Phosgenvergiftung. Seine Lösung hat sich aber im Kriege bewährt und mußte erst 1917 nachgebessert werden.<sup>42</sup> Doch bereits Ende 1915 nahm er einen Ruf als Nachfolger von Baeyers an und ging 1916 nach München. Trotz wiederholter Versuche in späteren Jahren gelang es nicht, ihn wieder nach Dahlem zurückzuholen.

Ein zweiter Organiker war vorübergehend am KWI für Chemie tätig. Der emeritierte Professor der organischen Chemie an der Technischen Hochschule Berlin-Charlottenburg Carl Liebermann (1842–1914), Miterfinder des synthetischen Alizarins, arbeitete für einige Monate vom April bis zu seinem Tod im Dezember 1914 als Gast im Institut, wobei er selbst die Einrichtungskosten für seine zwei Zimmer sowie die Gehälter von zwei Assistenten trug. In Fortsetzung früherer Untersuchungen hatten Liebermann und

<sup>39</sup> KWI für Chemie, Bericht Okt. 1913–Okt. 1914 (MPG-Archiv, I. Abt., Rep. 1A, Nr. 1135 (Fiche-Bildnr. 1169–1176, hier 1173).

<sup>40</sup> VI. Sitzung des Verwaltungsrates am 14. 3. 1914 (BAL, 46/10.1, Vol. 1, Nr. 142, Bd. 1).

<sup>41</sup> Willstätter: Aus meinem Leben (wie Anm. 1), S. 218–221 und 228. Die Erforschung der Anthocyane wurde aber in der Zwischenkriegszeit durch die englischen Chemiker Sir Robert Robinson (1886–1975) und seine Frau Gertrude Maud Walsh (1886–1954) „fortgesetzt und vollendet“ (S. 221), wofür er (aber nicht sie) mit dem Nobelpreis 1947 geehrt wurde.

<sup>42</sup> Willstätter: Aus meinem Leben (wie Anm. 1), S. 237–239.



seine Assistenten einige bio-organische Substanzen erforscht, darunter Azafrin (aus den Wurzeln einer südamerikanischen Pflanze) und Polyzimtsäureester. Nach Liebermanns Tod hat Willstätter den Assistenten beim Abschluss der Forschungsarbeiten geholfen.<sup>43</sup> Im Laufe des Krieges hatte Fritz Haber bekanntlich fast den ganzen Dahlem-Komplex – einschließlich vieler Räume des KWI für Chemie – zu einem großen Gaskriegsinstitut umgebaut.<sup>44</sup> Schon im März 1916 war die Photochemische Versuchsstelle der Luftbildabteilung der Fliegertruppen in einige noch leere Räume des Erdgeschosses eingezogen und übernahm die dortigen photographischen Einrichtungen (Dunkelkammer, optische Geräte). Noch vor Willstätters Übersiedlung nach München berief man den Anorganiker Alfred Stock (1876–1946), einen Schüler von Emil Fischer und damals Professor an der Technischen Hochschule in Breslau (heute Wrocław), an das Institut, obwohl er aus Platzgründen zunächst nur von April bis November 1916 in Dahlem bleiben konnte.<sup>45</sup> Danach war Stock Gast in Fischers Universitätsinstitut, wo er sich ab Anfang 1917 „erfolgreich mit der Konstruktion von neuen Rauchentwicklern“ unter Anwendung von Zinkstaub sowie mit anderen kriegsbedingten Aufgaben (Entwicklung eines Flammenwerfers, analytische Untersuchung von mit Alkali verarbeitetem „Kraftstroh“ als Ersatzfutter) beschäftigte, die unter Fischers Leitung vom Fachausschuss I der 1916 gegründeten Kaiser Wilhelm-Stiftung für Kriegstechnische Wissenschaften gesteuert wurden.<sup>46</sup> Bereits im November 1916 war das erste Stockwerk des KWI für Chemie (Stocks Abteilung) einschließlich Räumen aus den anderen Abteilungen für die Dauer des Krieges an Habers „Militär-Institut“ übergeben worden, wobei das Abkommen strikte Richtlinien zur Benutzung der Ventilationsanlage und zur Behandlung von flüchtigen, giftigen Substanzen enthielt.<sup>47</sup> Diese Räume dienten bis Ende 1918 als Sitz von Habers Abteilung D

<sup>43</sup> KWI für Chemie, Bericht Okt. 1914–Okt. 1915 (MPG-Archiv, I. Abt., Rep. 1A, Nr. 1135, Fiche-Bildnr. 1237–1245).

<sup>44</sup> Zur Kriegsarbeit des KWI für Chemie vgl. auch Lothar Burchardt: Die Kaiser-Wilhelm-Gesellschaft im Ersten Weltkrieg. In: Vierhaus, vom Brocke: Forschung (wie Anm. 2), S. 163–196, hier S. 165.

<sup>45</sup> Egon Wiberg: Alfred Stock 1876–1946. In: Chemische Berichte, 83 (1950) 6, S. XIX–LXXXVI. – KWI für Chemie, Bericht Okt. 1915–Dez. 1916 (MPG-Archiv, I. Abt., Rep. 1A, Nr. 1135, Fiche-Bildnr. 1391–1398).

<sup>46</sup> Emil Fischer an Major [Arthur] von Weinberg (Kriegs-Ersatz- und Arbeits-Departement, Berlin) am 11. 12. 1917 (Emil Fischer Papers (wie Anm. 4)). – Protokolle der I. und II. Sitzungen des Fachausschusses I, 16. 6. 1917 und 1. 11. 1917 (GStA-PK, I. HA, Rep 76 Kultusministerium, Vc, Sekt. 1, Tit. VIII, Nr. 17: Die Kaiser-Wilhelm-Stiftung für [kriegs-]technische Wissenschaft, Bd. 1 (1916–1924), Bl. 194, 200 f. und 255–262).

<sup>47</sup> Abkommen zwischen dem KWI für Chemie und dem KWI (Militär-Institut) vom 30. 11. 1916 (GStA-PK, I. HA, Rep 76, Vc, Sekt. 2, Tit. 23 Litt. A, Nr. 109, Bd. 3, Bl. 224–229).

für die Synthese von Kriegskemikalien. Ab Februar 1917 übernahm Heinrich Wieland (1877–1957, Nobelpreis für Chemie 1927) diese Abteilung, damals außerordentlicher Professor der organischen Chemie an der Universität München und schon für seine vielseitigen Arbeiten über organische Radikale und über Knallsäure bekannt; er wurde vom Senat der KWG auf Vorschlag von Fischer und Haber zeitweise ans KWI für Chemie berufen.<sup>48</sup> Dort erforschte er hauptsächlich die Arsen- und Schwefel-Verbindungen als Füllungen für Blaukreuz- („Maskenbrecher“) und Gelbkreuz-(Senfgas-)Geschosse. Gleichzeitig wurde er Ordinarius an der Technischen Hochschule München und war dann von 1921 bis 1925 in Freiburg/Br. tätig und schließlich wieder in München als Willstätters Nachfolger an der Universität. Dort konzentrierte er sich immer mehr auf bio-organische Probleme (Chemie der Gallensäure, Alkaloide usw., darunter Giftstoffe).<sup>49</sup>

Statt kriegstechnischer Forschung hat die Zusammenarbeit von Otto Hahn und Lise Meitner eine bedeutende wissenschaftliche Leistung hervorgebracht. Obwohl Hahn bei den Gastruppen blieb, wurde er ins Hauptquartier versetzt und war öfter in Dahlem beim Militär-Institut. Besonders 1917 hatte er gelegentlich Zeit, in seiner Abteilung mit Meitner (seit Herbst 1916 wieder im Institut) an einem Projekt über die Muttersubstanz des Actiniums wissenschaftlich zusammenzuarbeiten. Im Frühjahr 1918 konnten sie von der Entdeckung des Protactiniums berichten, wobei Meitner nicht nur die physikalischen Messungen, sondern auch einen großen Teil der chemischen Arbeiten zur Abscheidung der Substanz aus dem Uranpechblende-Präparat, das sie bis Ende 1917 von Friedrich Giesel (1852–1927) im Laboratorium der Radium-Firma Buchler & Co in Braunschweig bekam, durchführen musste. Diese Leistung, die nach dem Kriege zu „einer ganzen Anzahl von Untersuchungen“ führte, sollte in den 1920er Jahren sehr zum Ruf der „Abteilung Hahn/Meitner“ sowie des KWI für Chemie generell beitragen.<sup>50</sup>

Wegen der zunehmenden Teuerung nach dem verlorenen Krieg standen alle deutschen Institute unter finanziellem Druck, besonders solche, die wie die KWG und das KWI für Chemie von den Zinsen eines Vermögens sowie von festgesetzten Mitgliederbeiträgen abhängig waren. Schon 1920 führte die neue Lage zu Änderungen von großer Tragweite.

<sup>48</sup> Protokoll-Auszug, Verwaltungsausschuss KWG 13. 2. 1917 (MPG-Archiv, I. Abt., Rep. 1A, Nr. 1135, Fiche-Bildnr. 1348).

<sup>49</sup> Bernhard Witkop: Erinnerungen an Heinrich Wieland (1877–1957). In: Liebigs Annalen der Chemie (1992) I, S. I–XXXII.

<sup>50</sup> Sime: Lise Meitner (wie Anm. 24), S. 62–71. – Hahn: Erlebnisse (wie Anm. 23), S. 36 f. – Ders.: Radiothor (wie Anm. 23), S. 75–80, hier S. 78. – Berichte des KWI für Chemie Dez. 1916–Okt 1917, Okt. 1917–Okt. 1918 (MPG-Archiv, I. Abt., Rep. 1A, Nr. 1136, Fiche-Bildnr. 1495–96, 1601).



Im Frühjahr 1920 wurden die künftigen Gesamtkosten (mit Gehältern) für das KWI für Chemie im Vergleich zum Friedensetat von 120.000 M auf eine Million M veranschlagt. Etwas erschrocken hatte Carl Duisberg im Namen der chemischen Industrie dem Direktor Beckmann und den Mitgliedern „klar gemacht, dass es so nicht weitergeht“, wie er daraufhin dem KWG-Präsidenten Adolf von Harnack mitteilte.<sup>51</sup> Da sich die KWG höchstens einen Beitrag von 83.500 M jährlich für das KWI für Chemie leisten konnte, konstituierte die chemische Industrie den Verein zur Förderung chemischer Forschung neu – zunächst mit einer Stiftung von 15 Millionen M aus der Farbenindustrie (die mit Kriegskemikalien und Sprengstoffen gute Gewinne erzielt hatte) – als Emil-Fischer-Gesellschaft zur Förderung chemischer Forschung (EFG) zu Ehren des 1919 verstorbenen Fischer, dessen Nachfolger als Vorsitzender des Verwaltungsausschusses des KWI für Chemie Duisberg geworden war.<sup>52</sup> Gleichzeitig gründete man zwei weitere Gesellschaften, die Adolf-Baeyer-Gesellschaft und die Justus-Liebig-Gesellschaft, wodurch die Industrie die Lehre an den Universitäten fördern konnte.<sup>53</sup> Die Emil-Fischer-Gesellschaft, bis in die 1930er Jahre unter dem Vorsitz von Arthur von Weinberg (1860–1943, Direktor von Leopold Cassella & Co. GmbH, ab 1925 im Aufsichtsrat und Verwaltungsrat der IG Farbenindustrie AG), der in Hahns Erinnerung der Wissenschaft immer treu blieb und „bei jeder Gelegenheit sein besonderes Wohlwollen“ zeigte,<sup>54</sup> war bis Ende des Zweiten Weltkrieges Hauptstütze des Instituts. Von Weinberg hat das Ende aber nicht erlebt, denn trotz der Erhebung in den Adelsstand durch den Kaiser starb er in Theresienstadt.<sup>55</sup>

Kurz nach der Gründung der EFG entschied sich Beckmann, der am Ende des Krieges wissenschaftlich wie körperlich erschöpft war, in den Ruhestand zu gehen. Zu dieser Entscheidung trug wohl auch Duisbergs Kritik an Beckmanns Anfrage bei verschiedenen

<sup>51</sup> Duisberg an Harnack am 26. 2. 1920 (Ebda., Nr. 1138, Fiche-Bildnr. 1647–1652, hier 1647). – E. Beckmann, Haushaltsplan 1920/21 vom 22. 4. 1920 (Ebda., Nr. 1138, Fiche-Bildnr. 1669). – Vgl. Duisberg an A. von Weinberg am 25. 2. 1920 (BAL, 46/10.1, Vol. 1, Nr. 142 (Verwaltungsrat: Sitzungen), Bd. 2, 1917–1921).

<sup>52</sup> Senatsprotokolle – Auszüge 11. 5. 1920 und 15. 11. 1920 (MPG-Archiv, I. Abt., Rep. 1A, Nr. 1138, Fiche-Bildnr. 1685, 1934).

<sup>53</sup> Jeffrey Allan Johnson: *The Academic-Industrial Symbiosis in German Chemical Research, 1905–1939*. In: John E. Lesch (Hrsg.): *The German Chemical Industry in the Twentieth Century*. Dordrecht 2000, S. 15–56, hier S. 31–37, 43–45 und 51. – Kurzer Hinweis zur Geschichte der drei Förderungsgesellschaften (BAL, 46/13.8: Emil-Fischer-Gesellschaft. Geschichte).

<sup>54</sup> Hahn: *Erlebnisse* (wie Anm. 23), S. 45.

<sup>55</sup> Ernst Mack: *Die Frankfurter Familie von Weinberg*. Im Zeichen der Kornblumenblüten. Frankfurt a. M. 2000.

Firmen um Angebote für praktische Forschungsaufgaben bei. Nach Duisbergs Auffassung sollte man „die Aufgaben der Kaiser-Wilhelm-Institute“ darin sehen, „in freier wissenschaftlicher Forschung neue Ausblicke zu eröffnen. Ob und wie die Industrie diese neuen Perspektiven für ihre Zwecke verwerten kann, sollte die Richtung der wissenschaftlichen Forschung nicht beeinflussen.“<sup>56</sup> An Beckmanns Stelle wollte Duisberg Willstätter berufen, der aber bereits einen Ruf nach Berlin auf die Professur von Emil Fischer abgelehnt hatte und auch nicht für das KWI zu gewinnen war.<sup>57</sup> Schließlich wurde Alfred Stock zum Direktor ernannt. Ab 1. Oktober 1921 bezog Beckmann die zwei ehemaligen Laboratoriumsräume von Liebermann, um seine Abteilung für einen jüngeren Organiker als Wissenschaftliches Mitglied für fünf Jahre freizumachen. Gewählt wurde der außerordentliche Professor an der Technischen Hochschule Karlsruhe Kurt Hess (1888–1961), Sohn eines Direktors bei Duisbergs Firma, ehemaliger Assistent bei Emil Fischer und Erforscher der Chemie der Zellulose.<sup>58</sup> Hess war auswärtiger wissenschaftlicher Mitarbeiter bei der Köln-Rottweil AG, einst die führende deutsche Pulver- und Sprengstoff-Firma, seit 1919 aber Herstellerin von Kunstfasern und kommerziellen Produkten aus Zellulose. Um seine Forschungsfreiheit nicht zu beeinträchtigen, musste Hess diese Beziehung aufgeben, durfte aber eine Reihe von Apparaten mitbringen, die er von Köln-Rottweil für seine Forschung bekommen hatte.<sup>59</sup> Gewiss begabt und ideenreich, verursachte Hess Bedenken wegen einer gewissen „Nachlässigkeit“ in seinen Publikationen. Hätte er diese bis Ablauf des Vertrags nicht verbessert, wäre Duisbergs Firma bereit gewesen, ihn in der Industrie anzustellen.<sup>60</sup>

Im Anschluss an die vorangegangenen Verhandlungen benutzte Duisberg eine gemeinsame Sitzung des Verwaltungsrats des KWI mit dem Wissenschaftlichen Beirat der beiden

<sup>56</sup> Duisberg an Beckmann am 27. 2. 1920 (BAL, 46/10.1, Vol. 5, Nr. 141: KWI für Chemie, Verwaltungsausschuss: Allgemeines).

<sup>57</sup> Telegramm Willstätters an Duisberg am 18. 1. 1920 (BAL, Carl-Duisberg Autographen-Sammlung, Mappe Willstätter). – Willstätter: Aus meinem Leben (wie Anm. 1), S. 315. – Zu den komplizierten Verhandlungen bei der Besetzung der Fischer-Professur siehe Szöllösi-Janze: Fritz Haber (wie Anm. 18), S. 438–441.

<sup>58</sup> Ute Deichmann: Flüchten, Mitmachen, Vergessen – Chemiker und Biochemiker in der NS-Zeit. Weinheim/New York 2001, S. 293–296.

<sup>59</sup> Duisberg an Mitglieder des Verwaltungsausschusses des KWI für Chemie am 7. 2. 1921 (GStA-PK, I, HA, Rep 76, Vc, Sekt. 2, Tit. 23 Litt. A, Nr. 109, Bd. 2, Bl. 417 f.).

<sup>60</sup> Duisberg an Otto Wallach und Richard Willstätter am 14. 1. 1921 (BAL, Carl-Duisberg Autographen-Sammlung, Mappe Willstätter). – Abschrift des Vertrags zwischen Hess und dem KWI für Chemie, 1921 (GStA-PK, I, HA, Rep 76, Vc, Sekt. 2, Tit. 23 Litt. A, Nr. 109, Bd. 2, Bl. 419 f.).

chemischen Kaiser-Wilhelm-Institute, um einige wichtige Fragen der institutionellen Wissenschaftspolitik zu klären. Die Möglichkeit, dass das KWI für Chemie neben der „freien Forschung“ auch praktische und zwar geldbringende Aufgaben aus der Industrie annehmen sollte, wie von Beckmann vorgeschlagen, wurde durch die Mehrheit der Anwesenden entschieden zurückgewiesen. Als Vorsitzender des Verwaltungsrats hat Duisberg das Prinzip erneut bestätigt, dass das KWI für Chemie nur „rein wissenschaftlich“ arbeiten sollte, allerdings hauptsächlich auf die „stoffliche Chemie“ konzentriert, während die physikalische und Elektrochemie weiterhin dem benachbarten KWI für physikalische Chemie und Elektrochemie unter Haber überlassen wurden. Endlich wurde gestattet, neben den bezahlten Assistenten am Institut (die alle den Doktorgrad hatten) auch Doktoranden in begrenzten Zahlen – und zwar nur „für geeignete Arbeiten“ – zu beschäftigen. „Grundsätzlich“ sollte ein KWI nur erfahrene Wissenschaftler haben, um kompliziertere Forschungen durchzuführen, auch wenn es mehr kosten würde. Andererseits durfte man den Institutsmitgliedern „die Möglichkeit, eine wissenschaftliche Schule zu bilden, nicht nehmen.“<sup>61</sup> Um eine solche Schulenburg zu erleichtern, sollte Stock (damals außerordentlicher Professor) auf Beckmanns Ordinariat an der Berliner Universität folgen, während Hess und Hahn eine außerordentliche Professur bzw. ordentliche Honorarprofessur bekamen. Meitner wurde zwar schon 1919 der Professorentitel verliehen, sie konnte sich aber erst 1922, nachdem Frauen in Preußen 1920 endlich das Habilitationsrecht bekommen hatten, als die zweite Privatdozentin für Physik in Deutschland habilitieren.<sup>62</sup> – Tabelle 2 zeigt die Entwicklung des Institutspersonals, wobei der größere Anteil der Frauen sowie der Doktoranden in den 1920er Jahren auffällig ist. Durch beide Tendenzen hat das KWI für Chemie wohl Geld gespart.

<sup>61</sup> Niederschrift der 16. Sitzung des Verwaltungsrates des Kaiser-Wilhelm-Instituts für Chemie gemeinsam mit dem Wissenschaftlichen Beirat der Kaiser-Wilhelm-Institute für Chemie vom 26. 9. 1920, S. 3 (BAL, 46/10.1, Vol. 1, Nr. 142, Bd. 2).

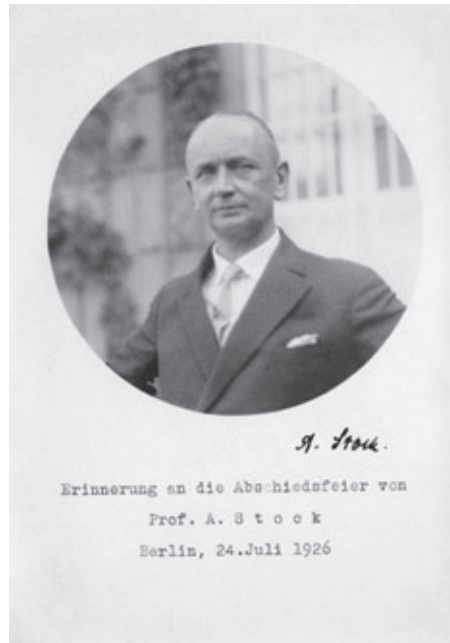
<sup>62</sup> Von Harnack an den Unterrichtsminister am 12. 2. 1921 (GStA-PK, I. HA, Rep 76, Vc, Sekt. 2, Tit. 23 Litt. A, Nr. 109, Bd. 2, Nr. 415–416). – Petition (Durchschlag vermutlich von Emil Fischer) an das Unterrichtsministerium, Berlin am 3. 3. 1919 (BAL, 46/10.1, Vol. 4: Verträge Meitner). – Sime: Lise Meitner (wie Anm. 24), S. 109.

Abteilung/Jahr	1913–Aug.14	1916 (Okt.)	1922 (Okt.)	1924	1928 (Febr.)
Direktor	Beckmann	Beckmann	Stock	Stock	Hahn
Verwaltungsassistent				1	1
Assistenten (mit Dr.)	5 (1 w)	4	2+2(B.)	1	s. unten
Mitarbeiter/postdocs		1	?	?	s. unten
Doktoranden	2	?	2+3(B.)	?	s. unten
Gäste	Liebermann		Beckmann	1	s. unten
Laboranten			2+1(B.) (w)	1 w	s. unten
Organ./Anorg. Abt.	Willstätter	Stock	Hess	Hess	Hess
Assistenten (mit Dr.)	9	4	3	2	5
Mitarbeiter/postdocs	5		?	?	4 (1 w)
Doktoranden	5	?		?	8
Gäste				?	
Laboranten			2 (w)	1 w	2 (1 w?)
Abt. Hahn/Meitner	H+M	Geschlossen	H+M	H+M	H+M
Assistenten (mit Dr.)	1		2	2	4 (1 w)
Mitarbeiter/postdocs			?	?	2
Doktoranden			6	?	6 (2 w)
Gäste			1	?	1 (w)
Laboranten			1	1	3 (2 w?)
Gesamtinstitut:					
Direktor, Mitglieder	5 (1 w)	2	5 (1 w)	4 (1w)	3 (1 w)
Assistenten (mit Dr.)	15	8	9	6	10 (1 w)
Doktoranden	7	?	11 (1 w)	?	14 (2 w)
Mitarbeiter, Gäste	5	1	?	1+?	7 (2 w)
Laboranten			6 (4 w)	3(2w)	5 (3 w?)
Wiss. Personal insges.	32 (2 w)	11	29 (6 w)	14+?	39 (8 w)
Nichtwiss. Hilfskräfte	13	11	14	7	12?

Tablle: 2. Personal des KWI für Chemie 1913–1928 (Jahresberichte)<sup>63</sup>

<sup>63</sup> Mitarbeiter mit Doktorgrad und (vermutliche) Doktoranden wurden 1913–1914 als „Hospitanten“ bezeichnet. Zahlen in Klammern mit „w“ bezeichnen die Frauen in der Gesamtzahl der Wissenschaftler. In den Gesamtzahlen 1914 bzw. 1922 sind Liebermann und Beckmann als Mitglieder und nicht als Gäste gezählt.

*Abb. 2-7: Alfred Stock beim Abschied vom  
KWI für Chemie im Juli 1926.*



### 2.3.2 Die Ära Stock (1921–1926)

In den ersten Jahren von Stocks Zeit als Direktor des KWI erreichte die Nachkriegsinflation ihren Höhepunkt, sodass bis zur Stabilisierung Ende 1923 die Vermögen der EFG sowie der KWG fast völlig verloren waren.<sup>64</sup> Danach zahlte die KWG, die inzwischen weitgehend von staatlichen Subventionen abhängig geworden war, nur nominelle Beiträge an das KWI für Chemie (1926 etwa 16.000 M aus ihren Gesamteinnahmen von 200.900 M).<sup>65</sup> Damit musste die EFG die Finanzierung des Instituts fast allein übernehmen, unterstützt von jährlichen Spenden aus der chemischen Industrie, besonders der mächtigen Teerfarbenfirmen, die 1925 zur IG Farbenindustrie AG fusionierten. Aller-

<sup>64</sup> Peter-Christian Witt: Die KWG in der Inflation. Von der Kapitaldeckung zum jährlichen Deckungsverfahren. In: Vierhaus, vom Brocke: Forschung (wie Anm. 2) S. 586–603.

<sup>65</sup> KWI für Chemie, Jahresbericht 9. 12. 1926 (GStA-PK, I. HA, Rep 76, Vc, Sekt. 2, Tit. 23 Litt. A, Nr. 109, Bd. 3, Bl. 167–186, hier Bl. 179).

dings gab es auch bei diesen Firmen Grenzen der Spendenwilligkeit. Stock musste das KWI mit äußerster Sparsamkeit leiten, was zum Teil seine eigene wissenschaftliche Tätigkeit und sogar seine Gesundheit beeinträchtigte.

Trotz aller Schwierigkeiten hat Stock am KWI meisterhafte Forschungen durchgeführt, die sehr viel zur Kenntnis der Chemie der Bor- und Silizium-Verbindungen mit Wasserstoff (Borane und Silane) beigetragen haben, wobei der anorganischen Chemie neue Perspektiven eröffnet wurden. Dabei hatte er das Institut in gewissem Sinne wieder zur ursprünglichen Vision einer Zentralstelle für analytische Chemie zurückgeführt. Als Abteilungsleiter hatte Stock schon 1919 ein System für die Bezeichnung der Oxidationsstufen von Elementen mit Ziffern (Stock-Zahlen) entwickelt, die sogenannte Stock-Nomenklatur (engl.: Stock System), die mit einigen Änderungen auch heute noch benutzt wird.<sup>66</sup> Bei seinen anorganischen Untersuchungen hatte er „zahlreiche apparative Verbesserungen“ eingeführt, die in dem „Stockschen Hochvakuum-Verfahren“ gipfelten, „das eine genaueste und verlustlose Reinigung und Untersuchung kleinster Mengen flüchtiger Stoffe [...] im Hochvakuum bei Ausschluss von Luft, Feuchtigkeit und Hahnfett in einem völlig geschlossenen [...] gläsernen, quecksilbergedichteten Apparatesystem“ ermöglichte. Zum Gesamtsystem gehörten viele Teil-Apparate, die nachher in zahlreichen Laboratorien angewendet wurden.<sup>67</sup> Aber das Verfahren wirkte höchst schädigend auf die Gesundheit von Stock und seinen Mitarbeitern, umso mehr, als er zunächst die Gefährlichkeit kleinerer Mengen von Quecksilberdämpfen gar nicht erkannte, während aus finanziellen Gründen die Entlüftungsanlage im Institut „seit langer Zeit außer Betrieb gesetzt wurde.“<sup>68</sup>

Stock konnte seine Krankheit erst 1924 mit Hilfe eines Toxikologen als Quecksilber-Vergiftung identifizieren. Als Analytiker beschäftigte er sich daraufhin mit einer eingehenden Studie des Quecksilbers und der Quecksilberdämpfe. Da er dabei die mögliche Giftigkeit von quecksilberhaltigen Amalgamfüllungen feststellte, löste seine Arbeit jahrelange Debatten um dieses Zahnfüllmaterial aus. Stock selbst musste aber seine quecksilbervergifteten Abteilungsräume verlassen und nahm 1926 einen Ruf an die Technische Hochschule Karlsruhe an (Abbildung 7). So wurde seine Zeit als Direktor verkürzt. Die Folge war, dass er ausnahmsweise als Auswärtiges Wissenschaftliches Mitglied des KWI noch

<sup>66</sup> Beispiel: Nach Stocks ursprünglichem System hieß  $\text{FeCl}_2$  „Eisen(2)-Chlorid“; seit 1924 benutzt man römische Zahlen ohne Bindestrich, die auch in der Formel vorkommen, also  $\text{FeIICl}_2$ , Eisen(II)-Chlorid. – Vgl. Wolfgang Liebscher, Ekkehard Fluck: Die systematische Nomenklatur der anorganischen Chemie. Berlin/Heidelberg 1999, S. 23 und 97.

<sup>67</sup> Wiberg: Alfred Stock (wie Anm. 45), S. XXXIX–XLI.

<sup>68</sup> KWI für Chemie: Bericht über die Jahresversammlung vom 11. 12. 1924 (BAL, 46/10.1, Vol. 5).

für mehrere Jahre 10.000 M pro Jahr aus dem Institutsfonds erhielt, um seine Forschungen in Karlsruhe fortzusetzen.<sup>69</sup> Nach seinem Abschied wurde eine Reihe von „räumlichen Veränderungen“ vorgenommen, sodass sich das gesäuberte Institut bis Ende 1928 „arbeitstechnisch in einem besseren Zustande als bei seiner Eröffnung“ befand.<sup>70</sup> Auch in den anderen Abteilungen gab es eine rege wissenschaftliche Tätigkeit. Nach dem Protactinium-Projekt arbeiteten Hahn und Meitner nicht viel zusammen. Meitner machte sich als Leiterin der physikalischen Sektion der Abteilung Hahn/Meitner selbstständig und beschäftigte sich hauptsächlich mit der rasch wachsenden Kernphysik, Hahn dagegen mit der Anwendung der Radiochemie auf die anorganische Chemie. Zum wachsenden internationalen Ruf des Instituts in dieser Zeit haben die Arbeiten von Meitner vielleicht noch mehr beigetragen als diejenigen von Hahn, wie Hahn selbst später bemerkt hat.<sup>71</sup> Nichtsdestotrotz wurde Hahn 1924 zum 2. Direktor des Instituts ernannt, nachdem er einen Ruf an die Technische Hochschule Hannover abgelehnt hatte, während Meitner noch fünf Jahre „Institutsmittglied“ statt „Wissenschaftliches Mitglied“ bleiben musste.<sup>72</sup> In der organischen Abteilung beschäftigte sich Hess weiterhin hauptsächlich mit der Zellulosechemie, wobei er physikalisch-chemische Methoden (z.B. Kupferlösungsanalysen) zur Klärung von Reaktionsvorgängen und zur Erforschung der chemischen Konstitution der Zelluloseverbindungen anwandte.<sup>73</sup>

### 2.3.3 Anfang der Ära Hahn (ab Ende 1926)

Die Leistungen des Instituts unter Hahn und seine erneuerte Zusammenarbeit mit Meitner in den 1930er Jahren werden in anderen Beiträgen dieses Bandes besprochen. Aber es ist hier doch angebracht zu bemerken, dass die wirtschaftliche und wissenschaftliche Lage des Instituts am Anfang seiner Zeit als Direktor keineswegs günstig erschien. Die

<sup>69</sup> EFG, Niederschrift der 6. Hauptversammlung 25. 1. 1927 (BAL, 46/14, Nr. 124: EFG – Mitgliederversammlungen).

<sup>70</sup> KWI für Chemie, Bericht 7. 12. 1928 (GStA-PK, I. HA, Rep 76, Vc, Sekt. 2, Tit. 23 Litt. A, Nr. 109, Bd. 3, Bl. 257–285, hier Bl. 259, ein Plan der neuen Raumordnung beim KWI liegt aber nicht bei).

<sup>71</sup> Hahn: Erlebnisse (wie Anm. 23), S. 43. – Vgl. Sime: Lise Meitner (wie Anm. 24), S. 95.

<sup>72</sup> Henning, Kazemi: Chronik (wie Anm. 37), S. 20 und 43. – Vertrag mit Hahn, Abschrift, o.D., etwa 1924 (GStA-PK, I. HA, Rep 76, Vc, Sekt. 2, Tit. 23 Litt. A, Nr. 109, Bd. 3, Bl. 123 f.).

<sup>73</sup> Vgl. Jahresbericht 9. 12. 1926 (GStA-PK, I. HA, Rep 76, Vc, Sekt. 2, Tit. 23 Litt. A, Nr. 109, Bd. 3, Bl. 169–171). – Hess an Duisberg am 7. 3. 1925 (BAL, 46/10.1, Vol. 9: KWG/KWI für Chemie, Schriftwechsel 1911–1931).

jährlichen Haushaltskosten des Instituts waren von etwa 150.000 M im Jahr 1925 auf mehr als 210.000 M in den Jahren 1928–1929 gewachsen, während die Zuschüsse von EFG und KWG nicht Schritt halten konnten. Das resultierende Defizit von etwa 20.000 M wurde durch Anleihen oder Spenden von der IG Farbenindustrie AG gedeckt.<sup>74</sup> Aber gegen Ende der 1920er Jahre mit Beginn der Weltwirtschaftskrise geriet auch die IG in eine Krise, die ihre Spendenfreudigkeit stark verringerte. Zur gleichen Zeit hatte man in der Verwaltung der KWG und unter Kollegen auf benachbarten Gebieten den Eindruck gewonnen, dass auf dem alten radiochemischen Forschungsgebiet von Hahn und Meitner nicht mehr viel Neues zu erwarten war.<sup>75</sup> Erst nach der Entdeckung des Neutrons 1932 sollten sich neue Möglichkeiten eröffnen, die bekanntlich zur Entdeckung der Kernspaltung führten. 1926 lag das aber noch in der Zukunft. Mit dem Abgang von Stock versuchte Carl Duisberg noch einmal – wie schon 1920 – Richard Willstätter nach Dahlem zurückzuberufen, aber Willstätter, der 1924 mit einem starken Protest gegen antisemitische Einflüsse auf Berufungsverhandlungen seiner Fakultät von seiner Münchener Professur zurückgetreten war, hatte erneut abgelehnt, um „in Unabhängigkeit und Zurückgezogenheit“ zu leben.<sup>76</sup> Allerdings nahm er 1927 die Berufung zum Auswärtigen Wissenschaftlichen Mitglied an.<sup>77</sup> Ob Hahn von diesen Verhandlungen Kenntnis hatte, ist nicht klar, aber er musste nach Stocks Rufannahme an die Technische Hochschule Karlsruhe (Ende September 1926) noch anderthalb Jahre als kommissarischer Direktor des Instituts warten, bis er Anfang April 1928 formell (allerdings rückwirkend) zum Direktor des KWI für Chemie ernannt wurde. Erst ein Jahr danach erhielt Meitner endlich den vertraglichen Titel „Wissenschaftliches Mitglied.“<sup>78</sup> Duisberg und seine Kollegen waren endlich entschlossen, „die beiden einzigen Wissenschaftler [...], die in Deutschland auf dem Gebiete der Radiologie arbeiten“, vorrangig zu unterstützen.<sup>79</sup>

<sup>74</sup> Vgl. KWI für Chemie, Rechnungsabschlüsse 1925, 1928 und 1929 (GStA-PK, I. HA, Rep 76, Vc, Sekt. 2, Tit. 23 Litt. A, Nr. 109, Bd. 3, Bl. 172, 276 und 280).

<sup>75</sup> Haber an Willstätter am 21. 10. 1926. In: Werner, Irmischer: Haber-Willstätter Briefe (wie Anm. 25), S. 110. – Hahn: Erlebnisse (wie Anm. 23), S. 43.

<sup>76</sup> Willstätter an Duisberg am 30. 9. 1926 (BAL, 46/10.1, Vol. 1: KWI für Chemie: Wahl des Direktors, 1926–1928). – Willstätter: Aus meinem Leben (wie Anm. 1), S. 338–347.

<sup>77</sup> Er wurde durch die Generalverwaltung im März 1937 aus der Mitgliederliste gestrichen (MPG-Archiv, I. Abt., Rep. 1A, Nr. 183, Bl. 137 f.). Vgl. Henning, Kazemi: Chronik (wie Anm. 37), S. 55 und 90. Erst im März 1939 ging er in die Schweiz, wo er 1942 starb, vgl. Willstätter: Aus meinem Leben (wie Anm. 1), S. 424–436.

<sup>78</sup> Henning, Kazemi: Chronik (wie Anm. 37), S. 20, 51 und 57.

<sup>79</sup> Duisberg an von Weinberg am 5. 11. 1928 (BAL, 46/10.1, Vol. 1: KWI für Chemie: Wahl des Direktors).



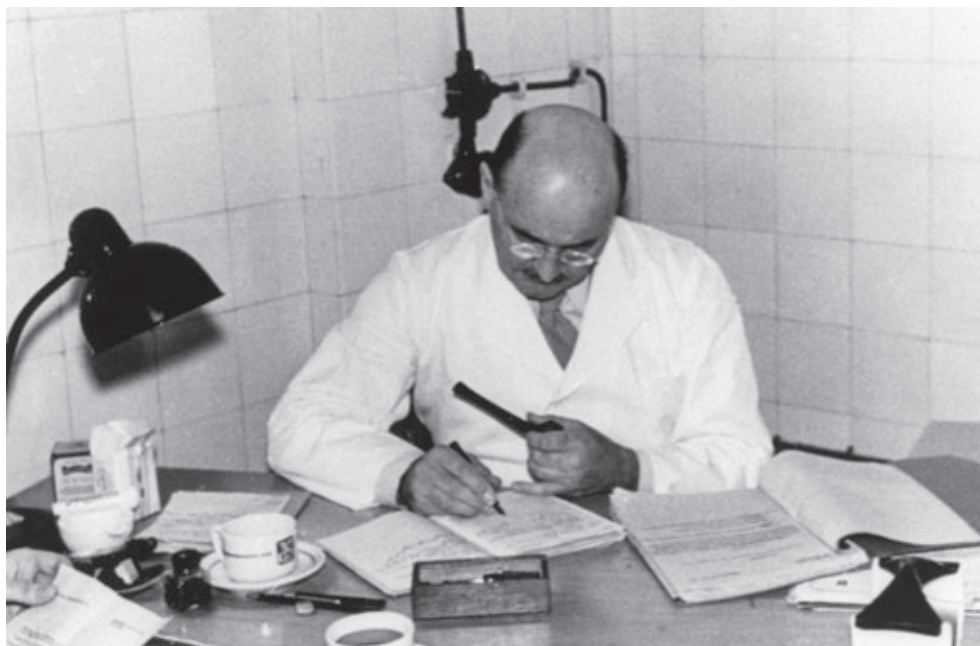


Abb. 2-8: Kurt Hess in seinem Arbeitszimmer, 1932.

Im Gegensatz zu Hahn und Meitner wurde Kurt Hess zum „Sorgenkind“ der industriellen Unterstützer des KWI für Chemie. Unter den Direktoren der IG Farbenindustrie gab es geteilte Meinungen zum wissenschaftlichen Wert seiner Forschungen, und durch unkluges, nicht ganz ehrliches Benehmen bei Berufungsverhandlungen hat Hess seiner eigenen Sache auch nicht gedient. In der EFG schlug von Weinberg 1928 vor, auf die Bearbeitung neuer Themen in der organischen Abteilung durch die Berufung von neuen Forschern für eine beschränkte Zeit hinzuwirken. Dafür wurde die Kündigung des Vertrags von Hess zur Bedingung für die Deckung des KWI-Defizits in den Jahren 1929–1930 durch die IG gemacht. Als weitere Bedingung sollte Hess bis zum Ablauf des Vertrags Ende 1930 seine Forschungen am KWI in einer solchen Weise abschließen, dass er in eine andere Stelle wechseln konnte.<sup>80</sup> Schließlich kam man aber zu einem etwas eigen-

<sup>80</sup> EFG, Niederschrift der 8. Hauptversammlung am 7. 12. 1928 (BAL, 46/14, Nr. 124). – Duisberg an Friedrich Glum am 1. 8. 1929. – Duisberg an Hess 1. 8. 1929 und 20. 8. 1930 (beide BAL, 46/10.1, Vol. 6: KWI für Chemie: Schriftwechsel Professor Hess). – Vgl. Deichmann: Flüchten (wie Anm. 58), S. 293 f.

artigen Kompromiss. Zwar schied Hess als Wissenschaftliches Mitglied aus, behielt aber noch seine Abteilung am KWI (umbenannt in „Forschungsabteilung Hess im Kaiser-Wilhelm-Institut für Chemie“) und blieb als „Auswärtiges Wissenschaftliches Mitglied“ (ab Ende März 1931) Gast des Instituts, doch ohne dessen Subvention (Abbildung 8). Stattdessen wurde er durch die IG Farbenindustrie als auswärtiger Mitarbeiter finanziert.<sup>81</sup> Allerdings war Hess zu dieser Zeit sehr produktiv und hat mit Hilfe einer neuen Anlage (1927–1928 mit Mitteln der Notgemeinschaft der Deutschen Wissenschaft eingerichtet) angefangen, die Röntgenanalyse zur Erforschung der Struktur der Zellulose anzuwenden, wozu er zunächst kristallisierte Präparate herstellen musste. Diese interdisziplinäre Technik, die damals viele Wissenschaftler interessierte, sollte mit zur Verwirklichung von Emil Fischers molekularbiologischer Vision von 1915 beitragen. Letztendlich konnte Hess aber seine niedermolekulare Auffassung der Struktur von Zellulose (d.h. Polymere als Aggregate) gegen die makromolekulare Theorie von Hermann Staudinger (1881–1965) nicht durchsetzen.<sup>82</sup> Der gewünschte Wandel in der organischen Abteilung trat nicht ein. Dennoch blieb Hess, wohl in der Hoffnung, das Institut von Hahn zu übernehmen. Nach 1933 gab es durch ihn auch politische Schwierigkeiten für Hahn und Meitner, insbesondere verursacht durch seine Denunziation von Meitner als „Jüdin“ nach dem Anschluss Österreichs im März 1938. Hess' Forschungen wurden von der Industrie weiterhin gefördert, weil man von ihnen trotz ihrer theoretischen Schwäche doch wertvolle praktische Ergebnisse erhoffte, z.B. durch Verbesserungen in der Herstellung von Kunstseide.<sup>83</sup> Das war zwar genau das Gegenteil von Duisbergs früherer Auffassung der Zwecke eines KWI, entsprach aber durchaus der damals herrschenden Meinung.

<sup>81</sup> Henning, Kazemi: Chronik (wie Anm. 37), S. 65. – Deichmann: Flüchten (wie Anm. 58), S. 296, Anm. 165.

<sup>82</sup> KWI für Chemie, Tätigkeitsberichte 1927, 1928, 1929 (GStA-PK, I. HA, Rep 76, Vc, Sekt. 2, Tit. 23 Litt. A, Nr. 109, Bd. 3, Bl. 238–243, 257–260 und 283–285). – Zum damaligen Streit siehe Claus Priesner: H. Staudinger, H. Mark, K.H. Meyer: Thesen zur Größe und Struktur der Makromoleküle. Weinheim 1980. – Yasu Furukawa: Inventing Polymer Science: Staudinger, Carothers, and the Emergence of Macromolecular Chemistry Philadelphia 1998, insbesondere S. 76–87.

<sup>83</sup> Deichmann: Flüchten (wie Anm. 58), S. 294 f. (festzuhalten ist: Hess trat erst 1940 in die NSDAP ein). – Hahn: Erlebnisse (wie Anm. 23), S. 54.

## 2.4 Das Kaiser-Wilhelm-Institut als neues Modell eines Forschungsinstituts: Wirkungen auf die deutsche Wissenschaftspolitik und die Kaiser-Wilhelm-Gesellschaft

In vielerlei Hinsicht hatten das KWI für Chemie sowie der Modus seiner Unterstützung einen großen Einfluss auf die Entwicklung der KWG. Zuerst diente der Verein Chemische Reichsanstalt als Modell für die KWG, d.h. der Verein hat bewiesen, dass man größere industrielle Spenden für die reine Wissenschaft und nicht nur für technische Zwecke sammeln konnte. Als Leiter des Vereins kam Emil Fischer in eine leitende Stelle der KWG, die es ihm erlaubte, deren Wissenschaftspolitik maßgebend zu beeinflussen. Dadurch spielte die Chemie eine große Rolle bei fast allen der frühen Kaiser-Wilhelm-Institute, und nicht umsonst kamen viele seiner ehemaligen Schüler und Assistenten dort in leitende Stellen.<sup>84</sup>

Das KWI für Chemie war auch ein wichtiges Beispiel der akademisch-industriellen Symbiose in der Wissenschaft in Deutschland. Gerade in der Teerfarbenindustrie von Duisberg und seinen Kollegen hatte sich diese Symbiose als sehr erfolgreich erwiesen, dank der Dynamik sowie der besonderen Eigenschaften der organisch-chemischen Industrie und Wissenschaft im damaligen Deutschland. Wichtig war auch, dass bei der Einrichtung des KWI für Chemie die Industrie das Prinzip der freien Forschung angenommen hatte, in der richtigen Erwartung, dass aus der freien Betätigung von begabten Forschern im Laufe der Zeit große Entdeckungen entstehen würden. Das hieß also, dass trotz Harnacks ursprünglicher Ängste die industrielle Unterstützung keine Gefahr für die „reine Wissenschaft“ bedeuten musste. Eine weitere Innovation durch das KWI für Chemie war die vertraglich garantierte Unabhängigkeit seiner Wissenschaftlichen Mitglieder, ein Prinzip, das damals als „unpreußisch“ galt, weil es sich nicht leicht in die herrschende institutionelle Hierarchie einordnen ließ, das aber Willstätter bei seiner Berufung durchgesetzt hatte.<sup>85</sup> Dieses Prinzip wurde im Laufe der Entwicklung auch auf alle anderen Kaiser-Wilhelm-Institute übertragen, weil der Direktor in jedem Institut nicht der einzige freie Forscher sein sollte.

Als ein industriell unterstütztes Forschungszentrum diente das KWI für Chemie dann als Vorbild für die Gründung einer ganzen Reihe von Kaiser-Wilhelm-Instituten in ande-

<sup>84</sup> Vgl. Joseph S. Fruton: *Contrasts in Scientific Style: Research Groups in the Chemical and Biochemical Sciences*. Philadelphia 1990.

<sup>85</sup> Willstätter: *Aus meinem Leben* (wie Anm. 1), S. 202.

ren Industriezweigen, beginnend 1914 mit dem KWI für Kohlenforschung in Mülheim im Ruhrgebiet, dessen Direktor Franz Fischer (1877–1947) zuvor Abteilungsleiter an Emil Fischers Institut gewesen war. Während des Weltkrieges und gleich danach entstanden viele ähnliche Kaiser-Wilhelm-Institute, darunter für Eisenforschung, für Faserstoffchemie, für Lederforschung usw. Bei diesen neuen Kaiser-Wilhelm-Instituten war das Prinzip der freien Forschung aber etwas stärker eingeschränkt als beim KWI für Chemie. Wie Emil Fischer bei der Gründungsversammlung des KWI für Kohlenforschung ausdrücklich betonte, sollte dessen Direktor bei der Wahl seiner Forschungsaufgaben nur innerhalb der Zwecke des Instituts frei sein. Dadurch garantierte er den industriellen Stiftern, die nicht der wissenschaftsfreundlichen Tradition der chemischen Industrie angehörten, dass ihre Spenden zweckgebunden eingesetzt würden. Franz Fischer erhielt übrigens von Emil Fischer genaue Anweisungen, wie er am neuen Institut vorgehen sollte; das war wohl auch bei den anderen industriellen Institutsgründungen der Fall.<sup>86</sup> In dieser Hinsicht blieb das KWI für Chemie in seiner weitergehenden Forschungsfreiheit trotz industrieller Unterstützung gewissermaßen eine Ausnahme, die sich bis hin zur Entdeckung der Kernspaltung gut bewährt hat. Und trotz verschiedener schwieriger Umstände in den ersten Jahrzehnten seiner Existenz, darunter Krieg und finanzielle Krise, konnten seine Wissenschaftlichen Mitglieder – besonders Willstätter, Stock, Hahn und Meitner – wichtige Forschungen auf verschiedenen Gebieten der modernen Chemie leisten, die nicht zuletzt zur Entwicklung neuer analytischer Techniken beitrugen und damit eine starke Grundlage für den Ruhm des Instituts und der KWG insgesamt geschaffen haben.

<sup>86</sup> Johnson: *Kaiser's Chemists* (wie Anm. 2), S. 153–157. – Vgl. u.a. Rasch: *Vorgeschichte* (wie Anm. 16). – Ders.: *Geschichte des Kaiser-Wilhelms-Instituts für Kohlenforschung 1913–1943*. Weinheim/Basel 1989. – Ulrich Marsch: *Zwischen Wissenschaft und Wirtschaft. Industrieforschung in Deutschland und Großbritannien 1880–1936*. Paderborn 2000. – Helmut Maier: *Forschung als Waffe. Rüstungsforschung in der Kaiser-Wilhelm-Gesellschaft und das Kaiser-Wilhelm-Institut für Metallforschung 1900–1945/48*. Göttingen 2007 (= *Geschichte der Kaiser-Wilhelm-Gesellschaft im Nationalsozialismus*, 16).

### 3 Die radioaktive Forschung am Kaiser-Wilhelm-Institut für Chemie von den Anfängen bis zum deutschen Uranprojekt\*

Horst Kant

#### 3.1 Die Anfänge

Als das Kaiser-Wilhelm-Institut (KWI) für Chemie im Herbst des Jahres 1912 in (Berlin-) Dahlem seine Arbeit aufnahm, hatte es neben den beiden ‚traditionellen‘ großen Abteilungen für Anorganische und Physikalische Chemie sowie Organische Chemie auch eine kleine Abteilung für Radioaktivität mit dem Radiochemiker Otto Hahn (1879–1968) als Leiter, einem bezahlten Assistenten und einer unbezahlten Gastwissenschaftlerin, der Radiophysikerin Lise Meitner (1878–1968).<sup>1</sup> Die Verankerung des noch jungen Forschungsgebietes Radioaktivität – erst 1896 hatte Antoine Henri Becquerel (1852–1908) in Paris diese Strahlung entdeckt – an einem Kaiser-Wilhelm-Institut war vor allem dem Einsatz Emil Fischers (1852–1919) zu verdanken. Fischer, der als Begründer der klassischen organischen Chemie gilt und der seit 1892 dem I. Chemischen Institut der Berliner Universität vorstand, war als Senator der neugegründeten Kaiser-Wilhelm-Gesellschaft (KWG) 1911 zum 2. Schriftführer und 1913 zum 2. Vizepräsidenten der Gesellschaft gewählt worden; zudem war er Verwaltungsratsvorsitzender des KWI für Chemie. Er hatte bereits 1906 weitsichtig dem von seinen Aufenthalten bei William

\* Grundlage für einzelne Teile des nachfolgenden Beitrages bilden mehrere Publikationen des Autors (dort auch weitere Literaturhinweise), insbesondere: Vom KWI für Physik zum KWI für Radioaktivität. Die Abteilung(en) Hahn/Meitner am Kaiser Wilhelm-Institut für Chemie. In: Dahlemer Archivgespräche 8 (2002), S. 57–92. – Forschungen über Radioaktivität am Kaiser-Wilhelm-Institut für Chemie – Die Abteilung(en) Hahn/Meitner und ihre internationalen Kontakte. In: Horst Kant, Annette Vogt (Hrsgg.): Aus Wissenschaftsgeschichte und -theorie. Hubert Laitko zum 70. Geburtstag überreicht von Freunden, Kollegen und Schülern. Berlin 2005, S. 289–320. – Von den falschen Transuranen zur Kernspaltung – die Atomphysiker Enrico Fermi und Lise Meitner. In: Franziska Meier, Italien-Zentrum der Universität Innsbruck (Hrsgg.): Italien und Europa. Der italienische Beitrag zur europäischen Kultur. Innsbruck 2007, S. 171–186. – Lise Meitner and the (supposed) transuranic elements. In: Annalen der Physik 524 (2012) 6–7, S. A99–A102.

<sup>1</sup> Vgl. auch den Beitrag von Jeffrey A. Johnson in diesem Band.

Ramsay (1852–1916) in London und Ernest Rutherford (1871–1937) in Montreal zurückkommenden Otto Hahn einen Arbeitsplatz in seinem organisch-chemischen Universitätsinstitut eingeräumt und ihm gestattet, sich die ehemalige Holzwerkstatt des Instituts in ein entsprechendes Labor umzuwandeln, sowie ein Jahr später auch zugestimmt, dass die von Wien nach Berlin gekommene Physikerin Lise Meitner in diesem Labor arbeitete.<sup>2</sup>

Bis 1912 gab es bereits fünf Nobelpreisträger auf diesem neuen Forschungsgebiet: Nobelpreis für Physik 1903 an Antoine Henri Becquerel für seine Entdeckung der spontanen Radioaktivität sowie Pierre (1859–1906) und Marie (1867–1934) Curie für ihre Forschungen über die radioaktiven Phänomene; Nobelpreis für Chemie 1908 an Ernest Rutherford für seine Arbeiten über den Zerfall der radioaktiven Elemente und die Chemie dieser Substanzen und 1911 an Marie Curie für die Entdeckung der Elemente Radium und Polonium und ihre chemische Analyse. International entstanden in dieser Zeit ebenfalls mehrere Forschungsinstitute, die sich gezielt der Radioaktivität widmeten, so u.a. das 1910 gegründete Wiener Institut für Radiumforschung unter der Leitung von Franz Exner (1849–1926) und Stefan Meyer (1892–1949) sowie das 1912 in Paris für Marie Curie geplante und im Juli 1914 fertiggestellte Institut, das bereits mit vier Abteilungen für physikalische, chemische, biologische und medizinische Forschung ausgestattet war (die eigentliche Arbeit konnte jedoch erst nach dem Kriege aufgenommen werden). Auch in Warschau war 1913 ein Radium-Institut eingeweiht worden, dessen Ehrendirektorin Marie Curie war. In Berlin richtete die Physikalisch-Technische Reichsanstalt (PTR) ein Radiumlaboratorium ein, das unter die Leitung des Rutherford-Schülers Hans Geiger (1882–1945) gestellt wurde und in dem bald auch der Planck-Schüler Walther Bothe (1891–1957) arbeitete.<sup>3</sup>

<sup>2</sup> Da Frauen zu diesem Zeitpunkt an preußischen Universitäten noch nicht zugelassen waren, ist dies als besondere Geste Fischers zu werten (der ja ansonsten ein durchaus ‚korrekter preußischer Beamter‘ war). – Fischer hat Meitner auch weiterhin stets unterstützt, so z.B. 1913/14, als er vorschlug, sie zum (wissenschaftlichen) Mitglied des Instituts zu berufen, um sie in Berlin zu halten.

<sup>3</sup> Bereits vor 1912 wurden in Berlin Forschungen zur Radioaktivität betrieben. Neben der Hahn/Meitnerschen ‚Holzwerkstatt‘ in Fischers 1. Chemischen Institut der Berliner Universität waren dies u.a. der Chemiker Willy Marckwald (1864–1942) am 2. Chemischen Institut (seit 1905 Physikalisch-Chemisches Institut unter der Leitung von Walther Nernst) – der u.a. 1902 Polonium auf etwas anderem Wege gewinnen konnte als zuvor Marie Curie und 1905 in Zusammenarbeit mit Heinrich Greinacher (1880–1974) und Karl Herrmann (1882–1947) vom benachbarten Physikalischen Institut der Universität die Halbwertszeit des Poloniums bestimmte – sowie am Physikalischen Institut der Universität Edgar Meyer (1879–1960) und Erich Regener (1881–1955), die u.a. über Messmethoden für radioaktive Strahlung arbeiteten.

Die Zusammenarbeit von Hahn und Meitner hatte, wie erwähnt, im Spätherbst 1907 begonnen. Hahn hatte sich im Juni 1907 an der Berliner Universität habilitiert und hielt im Wintersemester 1907/08 seine erste Vorlesung über Radioaktivität – allerdings am Physikalischen Institut,<sup>4</sup> denn die Berliner Chemiker wussten mit diesem neuen Forschungsgebiet noch nicht viel anzufangen.<sup>5</sup> Zudem wusste er aus seinen Erfahrungen bei Rutherford, dass auf diesem Forschungsgebiet an der Grenze zwischen Physik und Chemie die Zusammenarbeit zwischen beiden Disziplinen sehr wichtig ist. Und so traf er Lise Meitner denn auch im Physikalischen Kolloquium. Sie war aus Wien gekommen, um sich bei Max Planck (1858–1947) in theoretischer Physik fortzubilden, zugleich suchte sie nach experimentellen Arbeitsmöglichkeiten, denn sie hatte bei Exner und Meyer bereits einige Untersuchungen an radioaktiven Strahlen durchgeführt.<sup>6</sup> Als gemeinsame Arbeitsaufgabe wählten Hahn und Meitner zunächst vergleichende Messungen über die Absorption der  $\beta$ -Strahlen der Radioelemente.<sup>7</sup> 1908 fanden sie das Actinium C" (AcC" – später als Thallium-Isoto  $^{207}_{81}\text{Tl}$  eingeordnet); die ersten gemeinsamen Ergebnisse trug Meitner 1909 auf der Versammlung Deutscher Naturforscher und Ärzte (GDNÄ) in Salzburg vor. 1909 entdeckten sie den radioaktiven Rückstoß bei der  $\alpha$ -Umwandlung und mittels dieser relativ einfachen Methode, radioaktive Stoffe voneinander zu trennen, konnten sie dann auch Thorium C" (ThC" =  $^{208}_{81}\text{Tl}$ ) und Thorium D (ThD =  $^{208}_{82}\text{Pb}$ ) identifizieren. Mit Otto von Baeyer (1877–1946), Assistent am Physikalischen Institut, entwickelte Hahn 1910 das  $\beta$ -Strahlen-Spektrometer, während Meitner 1911 mit James Franck (1882–1964), ebenfalls Assistent am Physikalischen Institut, die Beweglichkeit der Rückstoßatome untersuchte. Hahn, Meitner und von Baeyer untersuchten gemeinsam die magnetische Ablenkung der  $\beta$ -Strahlen verschiedener Zerfallsprodukte (ein geeigneter Magnet, an dem die Messungen vorgenommen werden konnten, befand sich im Physikalischen Institut).<sup>8</sup> Hahn und Meitner waren also binnen kurzer Zeit in der Berliner wissenschaftlichen Community bestens vernetzt – besser in

<sup>4</sup> Vgl. Vorlesungsverzeichnis der Universität Berlin für das WS 1907/08.

<sup>5</sup> Vgl. Otto Hahn: Mein Leben. München 1968, S. 84.

<sup>6</sup> Vgl. Lore Sexl, Anne Hardy: Lise Meitner. Reinbek bei Hamburg 2002, insbesondere S. 32–45.

<sup>7</sup> Otto Hahn, Lise Meitner: Über die Absorption der  $\beta$ -Strahlen einiger Radioelemente. In: Physikalische Zeitschrift 9 (1908) 10, S. 321–333. – Das ist die erste gemeinsame Publikation von Hahn und Meitner.

<sup>8</sup> Otto von Baeyer, Otto Hahn: Magnetische Linienspektren von  $\beta$ -Strahlen. In: Physikalische Zeitschrift 11 (1910) 11, S. 488–493. – James Franck, Lise Meitner: Über radioaktive Ionen. In: Verhandlungen der Deutschen Physikalischen Gesellschaft 13 (1911) 17, S. 671–675. – Otto von Baeyer, Otto Hahn, Lise Meitner: Über die  $\beta$ -Strahlen des aktiven Niederschlags des Thoriums. In: Physikalische Zeitschrift 12 (1911) 8, S. 273–279.



der physikalischen als in der chemischen –, und war zu Beginn der Zusammenarbeit Hahn sicher noch der erfahrenere Forscher, so wurde Meitner doch bald eine ebenbürtige Partnerin. Aber weil Frauen in der Wissenschaft damals noch nicht ‚ins Bild passten‘, blieb sie in der Außenwahrnehmung vieler lange Zeit lediglich ‚die Mitarbeiterin‘ Hahns. Auch international wurden ihre Ergebnisse bald zur Kenntnis genommen.

In seinem anlässlich der Gründung der Kaiser-Wilhelm-Gesellschaft am 11. Januar 1911 vor dem Kaiser gehaltenen Experimentalvortrag betonte Emil Fischer die wachsende Bedeutung der Radioaktivität. Deutschland hatte anfangs an der Erforschung der Radioaktivität nur relativ geringen Anteil, u.a. weil „Deutschland kein Rohmaterial für die Gewinnung des Radiums besitzt, und [...] die meisten deutschen Forscher auch nicht die Mittel haben, das teure Element zu kaufen.“ Umso erfreulicher sei deshalb „[...] eine Erfindung, die in jüngster Zeit von dem Privatdozenten Otto Hahn im chemischen Institut der hiesigen Universität gemacht wurde“.<sup>9</sup> Hahn hatte im Sommer 1907 in Fischers Institut das radioaktive Mesothorium entdeckt, dessen Herstellung wesentlich billiger war als die des Radiums.<sup>10</sup> Beim Eröffnungsrundgang im KWI für Chemie am 23. Oktober 1912 durfte Hahn dann dem Kaiser in einem verdunkelten Raum sogar ein leuchtendes Mesothorium-Präparat vorführen. Auch Lise Meitner wurde gestattet, dabei bescheiden im Hintergrund zu stehen.<sup>11</sup> Im Vorfeld des Umzuges hatten Hahn und Meitner aus einer Spende eines KWG-Mitgliedes, des Geheimen Kommerzienrats Leo Gans (1843–1935), zur Unterstützung ihrer Forschung noch je zur Hälfte 3.500 Mark erhalten.<sup>12</sup> Man kann es aus heutiger Sicht als eine Art „Zwischenfinanzierung“ betrachten.<sup>13</sup>

<sup>9</sup> Emil Fischer: Neuere Erfolge und Probleme der Chemie. In: Internationale Wochenschrift für Wissenschaft, Kunst und Technik 5 (1911) 5, S. 131–148, hier S. 134.

<sup>10</sup> Die Firma Dr. Knöfler & Co. in Berlin brachte 1912 in Zusammenarbeit mit Hahn die Mesothorium-Präparate in den Handel. Später übernahm die Auer-Gesellschaft die Herstellung. Heute wissen wir, dass es sich bei Mesothorium I um das radioaktive Isotop <sup>228</sup>Radium und bei Mesothorium II um das radioaktive Isotop <sup>228</sup>Actinium handelt.

<sup>11</sup> Hahn: Mein Leben (wie Anm. 5), S. 100.

<sup>12</sup> Archiv der MPG (künftig MPG-Archiv), Protokoll über die Sitzung des KWG-Senats vom 18. 11. 1911, TOP 4. – Aus der über den Aufnahmebeitrag hinaus gezahlten Spende sollten Forschungen außerhalb der KWG finanziert werden, und Fischer wusste dies so zu interpretieren, dass in diesem Jahr, da Hahn und Meitner noch an der Universität waren, Ihnen dieser Betrag zukam.

<sup>13</sup> Christoph Kreuzmüller: Zum Umgang der Kaiser-Wilhelm-Gesellschaft mit Geld und Gut. Immobilientransfers und Jüdische Stiftungen. Berlin 2005 (= Forschungsprogramm „Geschichte der Kaiser-Wilhelm-Gesellschaft im Nationalsozialismus, Ergebnisse 27), S. 32–34.





*Abb. 3-1 Lise Meitner und Otto Hahn im November 1913 im chemisch-radioaktiven Laboratorium des KWI für Chemie (das physikalisch-radioaktive Laboratorium als Pendant dafür siehe Abb. 2-6 im Beitrag von J.A. Johnson in diesem Band).*

Die Abteilung von Otto Hahn und Lise Meitner war in vier Räumen im Erdgeschoss des Instituts im rechten (nördlichen) Flügel untergebracht. Assistent der Abteilung war zunächst Martin Rothenbach (1890–1914), Hahns erster Doktorand noch am Universitätsinstitut, und ab Oktober 1914 (bis März 1915) der Adolph von Baeyer-Schüler Curt Reisenegger (1888–?).<sup>14</sup> Die Arbeiten dieser ersten Jahre waren vor allem eine Fortsetzung der noch am Universitätsinstitut begonnenen Arbeiten über die magnetischen Spektren der  $\beta$ -Strahlen verschiedener radioaktiver Substanzen. In Folge des Ersten Weltkrieges wurde die Abteilung ab August 1915 geschlossen. Hahn war bereits seit August 1914 zum Kriegsdienst eingerückt und Anfang 1915 der Gaskampftruppe bei Fritz Haber (1868–1934) zugeordnet worden. Lise Meitner ging als Röntgenschwester in ein

<sup>14</sup> Damals wurden noch keine unpromovierten Assistenten in der KWG angestellt.

österreichisches Kriegshospital.<sup>15</sup> Im September 1916 kam Meitner von ihrem Kriegseinsatz zurück nach Dahlem und widmete sich weiter den Untersuchungen zur Muttersubstanz des Actiniums (Element 89). Sporadisch konnte auch Hahn an den Arbeiten teilnehmen; das führte Ende 1917 zur gemeinsamen Entdeckung des Protactiniums (Element 91).<sup>16</sup>

### 3.2 Die Abteilung(en) Hahn/Meitner in den 1920er Jahren

1917 erhielt Meitner ihre eigene – radiophysikalische – Abteilung an diesem Institut,<sup>17</sup> während Hahn nun die radiochemische leitete. Manifestiert wurde diese Eigenständigkeit zweier Abteilungen nach außen allerdings erst 1924; allgemein aber sprach man auch weiterhin von der (Radioaktiven) Abteilung Hahn/Meitner (und etatmäßig bildeten

<sup>15</sup> Zu Habers Rolle im Gaskrieg vgl. u.a. Thomas Steinhauser, Jeremiah James, Dieter Hoffmann, Bretislav Friedrich: Hundert Jahre an der Schnittstelle von Chemie und Physik. Das Fritz-Haber-Institut der Max-Planck-Gesellschaft zwischen 1911 und 2011. Berlin 2011, S. 26–36. – Hahn war zwar der Meinung, dass Gaskrieg gegen die Haager Konvention verstieße, ließ sich aber von Habers fragwürdigem Argument überzeugen, dass der Krieg auf diese Weise schneller beendet werden könne, vgl. Hahn: Mein Leben (wie Anm. 5), S. 117. – Da die österreichischen Hilfsorganisationen erst aufgebaut wurden, kehrte Meitner im Herbst 1914 nach Berlin zurück und meldete sich im August 1915 wieder an die Front. In der Zwischenzeit hatte sie die zuvor mit Hahn zum Actinium begonnenen Arbeiten fortgesetzt und arbeitete auch radiochemisch, vgl. Sendl, Hardy: Lise Meitner (wie Anm. 6), S. 52–57.

<sup>16</sup> Das radioaktive Element Actinium (Ordnungszahl 89) wurde 1899/1902 entdeckt (die Geschichte der Entdeckung ist bisher nicht eindeutig aufgeklärt). Es wurde bald vermutet, dass es aus dem bisher unbekanntem Element 91, das im Periodensystem vor dem Uran steht, durch einen  $\alpha$ -Zerfall entstehen müsste. Dieses Element wurde nun gesucht. – Otto Hahn, Lise Meitner: Die Muttersubstanz des Actiniums, ein neues radioaktives Element von langer Lebensdauer. In: *Physikalische Zeitschrift* 19 (1918), S. 208–218. – Ruth Lewin Sime: The Discovery of Protactinium. In: *Journal of Chemical Education* 63 (1968) 8, S. 653–657. – Vgl. auch den Beitrag von Jeffrey A. Johnson in diesem Band. – Horst Kant: Vom KWI (wie Anm. \*), S. 68 f.

<sup>17</sup> Laut Lebenslauf in der Habilitationsakte (1922) war sie bereits seit 1914 Abteilungsleiterin (Archiv der Humboldt-Universität zu Berlin, Phil. Fak. Nr. 1238, Bl. 175). In einem Antrag vom 21. 1. 1922 heißt es, sie sei bereits seit 1. 10. 1912 wissenschaftliches Mitglied des KWI für Chemie (MPG-Archiv, Abt. I, Rep. 11 KWI für Chemie, Nr. 290, Bl. 7). Diese Angaben dürften allerdings nicht den Tatsachen entsprechen. – 1919 war ihr auf Antrag von Fischer, Planck und Nernst vom preußischen Kultusminister der Professorentitel verliehen worden. 1926 wurde sie zum ao. Professor an der Berliner Universität berufen.

beide Abteilungen auch weiterhin eine Einheit),<sup>18</sup> sodass die Eigenständigkeit von Meitner oft außerhalb des Instituts kaum wahrgenommen wurde. Finanziert wurde die Abteilung Hahn/Meitner hauptsächlich von der Emil-Fischer-Gesellschaft.<sup>19</sup>

Rückblickend stellte Meitner für den Zeitraum von 1917 bis zu ihrer Emigration 1938 fest: „In diesen Jahren war das Kaiser-Wilhelm-Institut für Chemie, von einer kleinen Abteilung für organische Chemie abgesehen, eine Forschungsstätte für chemische und physikalische Probleme der Radioaktivität und Kernphysik geworden.“<sup>20</sup> Und das setzte sich für die Zeit nach dem Zweiten Weltkrieg fort, sodass in der Satzung des MPI für Chemie von 1952 § 1 klar formulierte: „Das Institut ist der Forschung auf dem Gebiet der reinen und angewandten Radiochemie und Kernphysik gewidmet.“<sup>21</sup>

Die Abteilung Hahn/Meitner hatte im Laufe der 1920er Jahre zusätzliche Räume im Erdgeschoss und auch im 1. Stockwerk bekommen, außerdem das sogenannte Radiumhaus im Hof zur Aufbewahrung stark strahlender Präparate (finanziert durch eine Spende der IG Farben<sup>22</sup>). Die Zahl der bei Hahn und Meitner wissenschaftlich Arbeitenden lag

<sup>18</sup> Vgl. MPG-Archiv, Abt. II MPG, Rep. 1A Generalverwaltung, PA Hahn und PA Meitner. – Die jährlichen Tätigkeitsberichte der KWG geben bezüglich der Struktur der Abteilung(en) Hahn-Meitner bzw. Hahn und Meitner nur sehr bedingt Auskunft. Beckmann spricht bis 1921 vom Laboratorium Hahn und Meitner; bis 1928 heißt es dort weiterhin Abteilung Hahn-Meitner, ab 1929 (also seit Hahns Direktorenschaft) Abteilungen Hahn-Meitner, 1932 spricht man von den Abteilungen Hahn und Meitner mit einer expliziten Unterteilung in Chemisch-radioaktive und Physikalisch-radioaktive Abteilung, im Bericht von 1934 werden die Chemisch-radioaktive und die Physikalisch-radioaktive Abteilung getrennt (ohne Unterteilung in eine Gesamtabteilung) genannt, ab 1937 spricht man wieder von den Abteilungen Hahn und Meitner (ohne Unterteilung) (vgl. bis 1919 MPG-Archiv, Abt. I KWG, Rep. 1A Generalverwaltung, Nr.1135–1137, ab den 1920er Jahren die jeweiligen Jahrgänge der ‚Naturwissenschaften‘).

<sup>19</sup> Vgl. Wolfgang Biedermann: Zur Finanzierung der Institute der Kaiser-Wilhelm-Gesellschaft zur Förderung der Wissenschaften Mitte der 20er bis zur Mitte der 40er Jahre des 20. Jahrhunderts. In: Heinrich Parthey, Günter Spur (Hrsgg.): Wissenschaft und Innovation. Berlin 2002, S. 143–172 (= Wissenschaftsforschung Jahrbuch 2001).

<sup>20</sup> Lise Meitner: Aus meinem Leben. In: Österreichischer Rundfunk – Almanach 1955. Wien 1954, S. 60–62, hier S. 61.

<sup>21</sup> Satzung des Max-Planck-Institutes für Chemie, Mainz vom 14. 7. 1952 (MPG-Archiv, Abt. II, Rep. 25 MPI für Chemie, Nr. 2). – Rund 20 Jahre später äußerte sich die neuerliche Strukturwandlung der 1960er Jahre dann in § 1 der Satzung folgendermaßen: „Das Institut ist der Grundlagenforschung auf den Gebieten der Geo- und Kosmochemie, der Isotopenchemie und Massenspektroskopie sowie der Kernphysik gewidmet.“ (Satzung des Max-Planck-Instituts für Chemie (Otto-Hahn-Institut), Mainz 1973. MPG-Archiv, Abt. II, Rep. 25, Nr. 2).

<sup>22</sup> Vermittelt vor allem durch das IG-Farben Vorstandsmitglied Arthur von Weinberg (1860–1943), der zugleich Präsident der Emil-Fischer-Gesellschaft und Schatzmeister im Verwaltungsrat des KWI für Chemie war.



*Abb. 3-2: Lise Meitner und Otto Hahn im Juli 1924 im Kreise ihrer Mitarbeiter anlässlich der Nichtannahme der Berufung Hahns nach Hannover (v.l.n.r., stehend: W. Pohlmeier, R. Zauner, V. Horn, L. Meitner, O. Hahn, K. Freitag, K. Philipp; sitzend F. Bobek, J. Heidenhain, N. Riehl, B. Kerschke, F. Tödt, K.E. Pütter).*

zu dieser Zeit um 15 bis 20 Personen (einschließlich der unbezahlten wissenschaftlichen Gäste und Doktoranden).<sup>23</sup>

Die Forschungen jener Jahre liefen nun mehr oder weniger auf getrennten Pfaden. Hahn beschäftigte sich zunächst mit den Nukliden am Anfang der Uranreihe (Uran-Radium-Zerfallsreihe). Ausgangspunkt war dabei die genaue Einordnung des von Hahn/Meitner 1917 entdeckten Protactiniums. Wichtigstes Ergebnis war 1921 Hahns Nachweis der Kernisomerie (bei sonst gleicher Ordnungs- und Massenzahl unterscheiden sich radioaktive Kerne in ihren radioaktiven Eigenschaften). Nahezu alle natürlichen Radioelemente waren jetzt bekannt. In den zwanziger Jahren widmete sich Hahn deshalb vor allem der angewandten Radiochemie. Insbesondere entwickelte er seine ‚Emanier-

<sup>23</sup> Detaillierter hierzu vgl. Angaben in Kant: Vom KWI (wie Anm. \*).

methode‘ weiter (Verfahren zum Studium von Struktur- und Oberflächenänderungen fester Körper mittels radioaktiver Isotope des Edelgases Radon, damals Emanation genannt). Aus einer Vorlesungsreihe im Rahmen einer Gastprofessur im Frühjahrssemester 1933 an der Cornell University in Ithaca entstand unter dem Titel „Applied Radiochemistry“ Hahns einzige monographische Darstellung über sein Arbeitsgebiet.<sup>24</sup> Ende der 1930er Jahre entwickelte er die Rubidium-Strontium-Methode zur geologischen Altersbestimmung.<sup>25</sup> Mit dem Problem der geologischen Altersbestimmung nach verschiedenen Methoden hatte sich Hahn bereits seit Anfang der 1920er Jahre beschäftigt und interessanterweise schon 1925 dieses Thema auch für seinen ersten großen Vortrag vor der Preußischen Akademie der Wissenschaften zu Berlin gewählt, nachdem er am 6. November 1924 deren ordentliches Mitglied geworden war.<sup>26</sup> Der Willstätter-Schüler Otto Erbacher (1900–1950), den Hahn 1925 als Assistenten einstellte, wurde ein Spezialist in der Reinstdarstellung radioaktiver Präparate, in der Arbeit mit kleinsten, ‚gewichtlosen‘ Mengen und für Untersuchungen über die elektrochemische Abscheidung radioaktiver Atomarten an Metalloberflächen.

Meitner widmete sich vor allem der weiteren Erforschung der  $\beta$ -Strahlen. Deren Natur war damals keineswegs eindeutig bekannt, und sie leistete wichtige Beiträge zu ihrer Aufklärung.<sup>27</sup> Sie fand die – zunächst bestrittene – Eigenschaft der  $\beta$ -Elektronen, ein kontinuierliches Energiespektrum zu besitzen. Sie erbrachte den Nachweis, dass  $\gamma$ -Strahlen erst nach erfolgtem Atomzerfall emittiert werden und konnte die Reihenfolge von  $\beta$ -Zerfall und  $\gamma$ -Emission bestimmen. Um 1924 entwickelte sie ein klares Verständnis für die Vorstellung von Anregungszuständen und Grundzuständen der Kerne. Ihr 1923 eingestellter Assistent Kurt Philipp (1893–1964) arbeitete dagegen über  $\alpha$ -Strahlen. Anfang der 1920er

<sup>24</sup> Otto Hahn: Applied Radiochemistry. Ithaca/London 1936 (= The George Fisher Baker Non-Resident Lectureship in Chemistry at Cornell University, 14). – Es gibt eine russische, aber keine deutsche Übersetzung.

<sup>25</sup> Dieses Messverfahren beruht auf dem  $\beta$ -Zerfall des Isotops  $^{87}\text{Rb}$ , das mit einer Halbwertszeit von etwa 48 Milliarden Jahren in das Isotop  $^{87}\text{Sr}$  übergeht. Die Lebensdauer beträgt bei  $^{86}\text{Rb}$  dagegen nur etwa 18 Stunden, und es entsteht daraus durch  $\beta$ -Zerfall  $^{86}\text{Sr}$ .  $^{86}\text{Sr}$  und  $^{87}\text{Sr}$  sind stabil. Das Isotopenverhältnis  $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$  gibt daher Auskunft über das Alter der Gesteine. – Vgl. Otto Hahn: Vom Radiothor zur Uranspaltung. Braunschweig 1962, S. 70–74.

<sup>26</sup> Otto Hahn: Was lehrt uns die Radioaktivität über die Geschichte der Erde? Berlin 1926.

<sup>27</sup> Vgl. dazu u.a. Carsten Jensen: Controversy and Consensus – Nuclear Beta Decay 1911–1934. Ed. by Finn Aaserud, Helge Kragh, Erik Rüdinger, Roger H. Stuewer. Basel/Boston/Berlin 2000 (= Science Networks/Historical Studies, 24). – Von der Berliner Akademie erhielt sie für diese Arbeiten 1924 die Silberne Leibniz-Medaille und von der Wiener Akademie 1925 den Ignaz-Lieben-Preis; 1926 wurde sie Korrespondierendes Mitglied der Göttinger Akademie der Wissenschaften.

Jahre hatte sie im Institut auch eine Wilsonsche Nebelkammer installiert;<sup>28</sup> um 1925/26 folgte eine etwas leistungsfähigere.<sup>29</sup> Dabei hatte sie nicht den Ehrgeiz, neue Apparaturen zu entwickeln, sondern wollte die Messmethoden verbessern und den entsprechenden Problemstellungen anpassen. Nikolaus Riehl (1901–1990), 1926/27 Doktorand bei Meitner, führte den Geigerschen Spitzenzähler als weiteren Detektor im Institut ein.<sup>30</sup> Unbestritten zählte die Gruppe Hahn/Meitner am KWI für Chemie zu den führenden Forschergruppen auf dem Gebiet der Radioaktivität – neben den entsprechenden Instituten in Manchester, Paris und Wien. Hahn war aus der Gruppe um Ernest Rutherford (der inzwischen in Manchester und ab 1919 in Cambridge wirkte) gekommen und pflegte diese Verbindung weiterhin, Meitner hatte enge Kontakte insbesondere zu der Wiener Gruppe um Stefan Meyer. Vom Wiener Radiuminstitut hatten Hahn und Meitner seinerzeit u.a. großzügig Substanzen erhalten, in denen sie nach dem Protactinium suchen konnten.<sup>31</sup>

Es scheint wenige Gelegenheiten gegeben zu haben, bei denen beide gemeinsam im Ausland auftraten. Vor dem Ersten Weltkrieg nahm vor allem Hahn an einigen Veranstaltungen teil; zu dieser Zeit war er wohl noch der bekanntere von beiden (und Wissenschaftlerinnen waren auf internationalen Tagungen sowieso kaum präsent). In den 1920er Jahren war es vor allem Lise Meitner, die die Arbeitsgruppe im Ausland vertrat, was nicht zuletzt der Tatsache geschuldet sein dürfte, dass Deutschland in den ersten Nachkriegsjahren durch die Siegermächte des Ersten Weltkrieges international isoliert wurde,<sup>32</sup>

<sup>28</sup> Lise Meitner, Kurt Freitag: Photographischer Nachweis von  $\alpha$ -Strahlen langer Reichweite nach der Wilsonschen Nebelmethode. In: *Die Naturwissenschaften* 12 (1924) 31, S. 634 f. – Eine weitere Nebelkammer betrieb in Berlin Wálther Bothe (1891–1957) in der PTR.

<sup>29</sup> Ulrich Schmidt-Rohr: *Die Deutschen Kernphysikalischen Laboratorien von 1911 bis zur Gründung des Atomministeriums*. Heidelberg 2003, S. 22.

<sup>30</sup> Nikolaus Riehl: Die Brauchbarkeit des Geigerschen Spitzenzählers für  $\beta$ -Strahlen verschiedener Geschwindigkeiten und die Zahl der  $\beta$ -Strahlen von RaE und RaD. In: *Zeitschrift für Physik* 46 (1928) S. 478–505. – Riehl ging nach Abschluss der Dissertation zur Auer-Gesellschaft in Berlin, später als Direktor der neugegründeten wissenschaftlichen Hauptstelle, und wurde in den kommenden Jahren eine wichtige Verbindungsstelle zwischen Institut und Auer-Gesellschaft, gerade auch im Hinblick auf die Uranbereitstellung im Zweiten Weltkrieg.

<sup>31</sup> Stefan Meyer: Die Vorgeschichte der Gründung und das erste Jahrzehnt des Instituts für Radiumforschung. In: *Sitzungsberichte der Akademie der Wissenschaften zu Wien, Math.-Nat. Klasse Abt. IIa*, 159 (1950) 1–2, S. 1–26, hier S. 19.

<sup>32</sup> Vgl. u.a. Brigitte Schroeder-Gudehus: Internationale Wissenschaftsbeziehungen und auswärtige Kulturpolitik 1919–1933. Vom Boykott und Gegenboykott zu ihrer Wiederaufnahme. In: Rudolf Vierhaus, Bernhard vom Brocke (Hrsgg.): *Forschung im Spannungsfeld von Politik und Gesellschaft. Geschichte und Struktur der Kaiser-Wilhelm-/Max-Planck-Gesellschaft*. Stuttgart 1990, S. 858–885.





*Abb. 3-3: Feier anlässlich Otto Hahns 50. Geburtstag 1929 im Institut (v.l.n.r., sitzend: N. Feichtinger, K. Philipp, M. Krüger, O. Hahn, E. Hahn, E. Schrödinger, L. Meitner; stehend: E. Walling, G.von Droste, E. Steudel; von rechts stehend: R. Zauner, O. Erbacher, E. Müller, ?, ?, ?, N. Riehl, ?, ?, ?, G. Graue).*

wobei sie als Österreicherin es vielleicht etwas einfacher hatte (doch fiel Österreich ebenfalls unter dieses Verdikt und im wesentlichen fuhr auch Meitner nur in solche Länder, die die Teilnahme deutscher Wissenschaftler nicht ablehnten). In den 1930er Jahren wurde dann Otto Hahn wieder aktiver, während für Lise Meitner die Möglichkeiten aus politischen Gründen zunehmend eingeschränkt wurden (zwar nicht ganz, da sie weiterhin österreichische Staatsbürgerin war, aber eben doch, da sie im NS-Staat nach den nationalsozialistischen „Rassengesetzen“ trotz Taufe als Jüdin galt).

Als ein Versuch, die Probleme der radioaktiven Forschung in Deutschland im internationalen Maßstab zu diskutieren, ist die XXXVII. Hauptversammlung der Deutschen Bunsengesellschaft für Angewandte Physikalische Chemie im Mai 1932 in Münster zu werten, die unter dem Hauptthema „Radioaktivität“ wesentlich von Hahn organisiert



*Abb. 3-4: Teilnehmer der Bunsentagung im Mai 1932 in Münster (v.l.: O. Hahn, G. von Hevesy, E. Rutherford, H. Geiger, J. Chadwick, L. Meitner, K. Przibram, St. Meyer, F. Paneth).*

wurde.<sup>33</sup> Vorträge hielten neben Hahn und Meitner u.a. Ernest Rutherford, Georg von Hevesy (1885–1966), Friedrich A. Paneth (1887–1958), James Chadwick (1891–1974), Vladimir I. Vernadskij (1863–1945), Vitali G. Chlopin (1890–1950), Hans Geiger, Stefan Meyer – nicht dabei waren das Ehepaar Joliot-Curie sowie Marie Curie aus Paris und Nordamerikaner.<sup>34</sup>

<sup>33</sup> XXXVII. Hauptversammlung der Deutschen Bunsen-Gesellschaft für angewandte physikalische Chemie. In: Zeitschrift für Elektrochemie und angewandte Physikalische Chemie 38 (1932) 8a, S. 473–648.

<sup>34</sup> Ausführlicher siehe dazu Kant: Forschungen über Radioaktivität (wie Anm. \*), S. 289–320, insbesondere ab S. 300. – Paneth wurde in den 1950er Jahren Abteilungsleiter am Institut. Zu dem Einfluss Vernadskijs auf die spätere Ausrichtung des Instituts vgl. den Beitrag von Meinrat O. Andreae in diesem Band.



### 3.3 Von den falschen Transuranen bis zur Entdeckung der Kernspaltung

Die Radioaktivitätsforschung war in ihren ersten Dezennien vor allem eine experimentelle Wissenschaft, und die theoretische Erklärung der gefundenen Effekte – sowohl vermittels klassischer physikalischer Vorstellungen wie auch unter Zuhilfenahme der frühen Quantentheorie – war immer nur partiell möglich und stieß an Grenzen. Erst die in den 1920er Jahren entwickelte Quantenmechanik – entstanden nicht zuletzt aus der Notwendigkeit, diese offensichtlichen Defizite der bisherigen theoretischen Erklärungsversuche bei Radioaktivität, Spektroskopie und anderen experimentell beobachteten Erscheinungen zu überwinden – ermöglichte ein tieferes Verständnis des Atomaufbaues und der damit verbundenen radioaktiven Vorgänge. Entscheidend für die Entwicklung der Vorstellungen über den Atombau und damit auch hinsichtlich der Radioaktivität war das Jahr 1932 – manchmal als ‚annus mirabilis‘ der Kernphysik bezeichnet,<sup>35</sup> in dem eine Reihe wichtiger neuer experimenteller Ergebnisse gefunden wurden, die in Wechselbeziehung mit dieser neuen Quantenmechanik zu neuen Erkenntnissen über den Atombau führten.

Die entscheidenden kernphysikalischen Ereignisse von 1932 sind:

- Die Entdeckung des Neutrons als weiteres Elementarteilchen neben den bisher bekannten Teilchen Proton und Elektron durch James Chadwick in Cambridge gleich am Anfang des Jahres (dafür Physik-Nobelpreis 1935) – für diese Entdeckung hatten sowohl Rutherford wie auch Irène (1897–1956) und Frédéric (1900–1958) Joliot-Curie in Paris wichtige Vorarbeit geleistet.
- Der Nachweis des Deuteriums durch Harold Urey (1893–1981) und Mitarbeiter in New York (dafür Chemie-Nobelpreis 1934).
- Die Entdeckung des Positrons als weiteres Elementarteilchen durch Carl David Anderson (1905–1991) am California Institute of Technology im August jenes Jahres (dafür Physik-Nobelpreis 1936).
- Im Bereich der Geräteentwicklung ist vor allem das Zyklotron von Ernest O. Lawrence (1901–1958) und Mitarbeitern an der University of California zu nennen (dafür Physik-Nobelpreis 1939). Außerdem gelang 1932 John D. Cockcroft (1897–1967) und Ernest T.S. Walton (1903–1995) mit einer etwas anderen Beschleunigerkonstruktion in Rutherfords Laboratorium in Cambridge/Großbritannien die erste Kernumwand-

<sup>35</sup> Vgl. z.B. Roger H. Stuewer (Hrsg.): Nuclear Physics in Retrospect. Proceedings of a Symposium on the 1930s. Minnesota 1979, darin insbesondere den Beitrag von Hans Bethe: The Happy Thirties. S. 9–26.

lung durch künstlich beschleunigte Teilchen: Lithiumkerne wurden durch Beschuss mit beschleunigten Protonen in zwei Heliumkerne umgewandelt (dafür Physik-Nobelpreis 1951).

Insbesondere die Entdeckung des Neutrons hatte zu einer neuen Vorstellung vom Atomkern geführt: Werner Heisenberg (1901–1976) in Leipzig und Dmitrij Ivanenko (1904–1994) in Moskau hatten unabhängig voneinander ein Proton-Neutron-Konzept des Atomkerns entwickelt und ebenfalls noch 1932 publiziert.<sup>36</sup> Damit hatte sich die eigentliche Kernphysik aus der bisherigen Radioaktivitätsforschung herausentwickelt.

1933 hatte Lise Meitner an der 7. Solvay-Konferenz in Brüssel teilgenommen, wo über die neuesten Erkenntnisse über den Atomkern debattiert wurde, und die dort gewonnenen Anregungen waren mit ausschlaggebend dafür, dass sie trotz Nazi-Herrschaft in Deutschland blieb, um gemeinsame Arbeiten mit Hahn neu aufzunehmen. Sie, wie auch Hahn und viele andere, waren des naiven Glaubens, dass die Nationalsozialisten sich gegenüber einem Mitglied der Kaiser-Wilhelm-Gesellschaft zurückhalten würden. Sie sahen anfangs nicht – oder wollten nicht sehen –, wie rücksichtslos die Nationalsozialisten ihre politischen Ziele durchsetzen würden.<sup>37</sup> Noch lange betrachteten sie die KWG als eine Art Enklave, die mit Politik nichts zu tun habe.<sup>38</sup> Doch bald durfte Meitner außerhalb des Instituts keine Vorträge mehr halten. Nur Hahn konnte die gemeinsamen Ergebnisse noch vortragen (allerdings konnten sie noch gemeinsam publizieren), jedoch verzichtete er einige Male auch darauf, wie die Absage eines Vortrages vor der Erlanger Chemischen Gesellschaft vom Oktober 1936 belegt: „Man hörte dann im wesentlichen

<sup>36</sup> Allerdings bekam Heisenberg 1933 den Physik-Nobelpreis für 1932 für seine Beiträge zur Grundlegung der Quantenmechanik zugesprochen.

<sup>37</sup> So schrieb Meitner am 21. 3. 1933 an den noch in den USA weilenden Hahn: „Wenn die besonnenen Führer [...] sich durchsetzen, so kann man eine schließlich zum Guten sich auswirkende Entwicklung erhoffen. Daß die Übergangszeiten allerlei Mißgriffe bedingen, ist ja fast unvermeidlich. Es hängt jetzt alles von einem vernünftigen Maßhalten ab.“ (MPG-Archiv, Abt. III, Rep. 14 Nachlass Otto Hahn, Nr. 6895). – Drei Tage später setzten die Nationalsozialisten mit dem Ermächtigungsgesetz die verfassungsmäßigen Grundlagen des Staates außer Kraft.

<sup>38</sup> So folgte Hahn nach seiner Rückkehr aus den USA auch der Bitte des damaligen KWG-Präsidenten Max Planck, nach dem Rücktritt Habers aus Protest gegen das Berufsbeamtengesetz kommissarisch und zeitweilig das KWI für physikalische Chemie und Elektrochemie zu leiten (Ebda., Nr. 81 und 82). – Hahn: Mein Leben (wie Anm. 5), S. 145. – Die Haber-Gedächtnisfeier am 29. 1. 1935, an der Hahn, Meitner und Straßmann als einzige aus dem KWI für Chemie teilnahmen, galt ihnen als ein Akt des politischen Widerstandes – aus heutiger Sicht ist das eher als ein Versuch zu werten, die Autonomie der KWG gegenüber dem nationalsozialistischen Staat zu wahren denn als wirklicher politischer Widerstand, was die Aktion aber nicht abwerten soll, vgl. Steinhauser et al: Hundert Jahre (wie Anm. 15), S. 101–106.



*Abb. 3-5: Lise Meitner am Arbeitstisch, um 1931.*

nur meinen Namen für eine Untersuchung, an der Lise Meitner mindestens ebenso beteiligt ist, wie ich. Dies liegt natürlich an Verhältnissen, gegen die wir nichts machen können. Aber es kommt mir doch nicht ganz recht vor, wenn ich sozusagen auf etwas reise, was nicht mein alleiniges Eigentum ist. Ich glaube, sicher, Sie werden meinen Standpunkt verstehen [...]“<sup>39</sup>

Den eigentlichen Anstoß für die neuerliche engere Zusammenarbeit gaben Arbeiten, die aus Rom von der jungen Forschergruppe um Enrico Fermi bekannt wurden. Fermi hatte schnell erfasst, dass sich das von Chadwick entdeckte Neutron wegen seiner neutralen Ladung wesentlich besser zur Herbeiführung von Atomumwandlungen eignen müsste als das positiv geladene  $\alpha$ -Teilchen, das bislang für solche Zwecke benutzt wurde. Die Entdeckung der künstlichen Radioaktivität Anfang 1934 durch Irène und Frédéric Joliot-Curie, d.h. die Umwandlung (nichtradioaktiver) stabiler Isotope durch Beschuss mit

<sup>39</sup> Hahn an R. Pummerer am 13. 10. 1936 (MPG-Archiv, Abt. III, Rep.14, Nr. 3382, Bl. 2).

Elementarteilchen in radioaktive Isotope, beförderte das Forschungsvorhaben.<sup>40</sup> In den folgenden Jahren zeigte Fermis Gruppe, dass sich fast alle Elemente durch Beschießen mit Neutronen in radioaktive Elemente umwandeln lassen. Dabei lag folgende Modellvorstellung zu Grunde: wenn ein energiearmes – also ‚langsame‘ – Neutron auf einen Atomkern trifft, kann es eingebaut werden; in dem neu entstandenen Kern wandelt es sich dann in ein Proton um, wobei ein  $\beta$ -Teilchen emittiert wird, und die Ordnungszahl des Elementes steigt um eine Einheit.

Der beobachtete Umwandlungsmechanismus führte auch zu der Annahme, dass beim Beschießen des Urans, des schwersten natürlich vorkommenden Elementes – und damit des im Periodischen System der natürlichen Elemente mit der Ordnungszahl 92 an letzter Stelle stehenden –, so genannte Transurane entstehen müssten, also Elemente, die im Periodensystem auf das Uran folgen sollten. Die entscheidenden Publikationen von Fermi und Mitarbeitern erschienen Mitte 1934 in englischen Zeitschriften.<sup>41</sup>

Hahn und Meitner nahmen diese Arbeiten aus Fermis Arbeitsgruppe erst gründlicher zur Kenntnis, als sie Ende September 1934 vom großen Mendeleev-Kongress in Moskau und Leningrad zurückkamen.<sup>42</sup> Inzwischen gab es bereits erste Reaktionen auf Fermis Publikationen, so u.a. eine von Aristid von Grosse (1905–1985), einem ehemaligen Mitarbeiter der Abteilung Hahn/Meitner, der jetzt in den USA arbeitete. Er stellte fest, dass es durchaus nicht ausgeschlossen sei, dass statt des Elementes 93 – wie von Fermi behauptet – das Element 91 entstanden sein könnte. Element 91 – Protactinium – war nun aber eine Domäne von Hahn und Meitner, denn sie waren dessen Entdecker. Hinzugezogen wurde für die notwendigen chemischen Analysen Fritz Straßmann (1902–1980), Hahns Assistent seit 1929.<sup>43</sup> Die ersten Versuche wurden im wesentlichen von Meitner konzipiert und von Straßmann ausgeführt. Von Grosses Behauptung war bald widerlegt, aber

<sup>40</sup> Im Detail siehe dazu u.a. Alberto De Gregorio: Neutron physics in the early 1930s. In: *Historical Studies in the Physical and Biological Sciences* 35 (2005) 2, S. 293–340.

<sup>41</sup> Enrico Fermi: Possible Production of Elements of Atomic Number higher than 92. In: *Nature* 133 (1934, June 16) 3372, S. 898–899. – Ders., Edoardo Amaldi, Oscar D'Agostino, Franco Rasetti, Emilio Segre: Artificial Radioactivity Produced by Neutron Bombardment. In: *Proceedings of the Royal Society of London* 146-A (1934, Sept. 1) 857, S. 483–500.

<sup>42</sup> Der Mendeleev-Kongress war eine der wenigen Gelegenheiten gewesen, wo beide gemeinsam an einer Tagung im Ausland teilnahmen.

<sup>43</sup> Straßmann machte aus seiner Anti-Nazi-Haltung keinen Hehl und verzichtete beispielsweise auf die Habilitation, da er dafür zumindest der NS-Dozentenorganisation hätte beitreten müssen. Die Zurückgezogenheit im Hahnschen Privatlabor kam ihm dabei sehr entgegen. – Vgl. dazu Hahn: *Vom Radiothor* (wie Anm. 25), S. 127. – Fritz Krafft: *Im Schatten der Sensation. Leben und Wirken von Fritz Straßmann*. Weinheim/Basel 1981, S. 40–47.



*Abb. 3-6: Fritz Straßmann, nach 1936.*



*Abb. 3-7: Lise Meitner und Otto Hahn, nach 1936.*

die Frage blieb, was bei der Neutronenbestrahlung wirklich entstand. Zwischen 1934 und 1938 erschienen aus der Arbeitsgruppe Hahn/Meitner/Straßmann 15 Publikationen über Fragen der künstlichen Umwandlung des Urans durch Neutronen, wobei auf der Grundlage der Fermischen Hypothese Transurane als Umwandlungsprodukte erwartet wurden. Bei den Kernumwandlungen entstanden auch radioaktive Produkte, die sich nur mit Barium separieren ließen und in denen deshalb Radiumisotope vermutet wurden (denn Barium ist ein Homolog des Radiums, d.h. es steht im Periodensystem in der 2. Hauptgruppe unterhalb des Radiums); dieser Teil des Forschungsprogramms warf allerdings mehr Fragen auf als Antworten gefunden werden konnten.<sup>44</sup>

<sup>44</sup> Diese Zuordnungsschwierigkeiten hatten ihre Ursache nicht zuletzt darin, dass damals die sogenannte Aktinidenreihe im Periodensystem der Elemente noch nicht bekannt war und deshalb die Einordnung der letzten drei natürlichen Elemente etwas anders vorgenommen wurde.

1937 schienen Hahn, Meitner und Straßmann eine Lösung gefunden zu haben und stellten drei mögliche Umwandlungsreihen des Urans in zwei Arbeiten – einer chemisch und einer physikalisch orientierten – vor.<sup>45</sup> Die bei der Bestrahlung mit Neutronen entstehenden Reaktionsprodukte musste man zunächst chemisch abtrennen, um dann auf physikalischem Wege ihre Radioaktivität zu bestimmen. Da es sich um kleinste – nahezu ‚unwägbare‘ Mengen – handelte, waren besonders diffizile chemische Analysemethoden notwendig, die gerade Hahn mit seinen Mitarbeitern hervorragend beherrschte.

Dass tatsächlich Barium entstanden sein könnte, wie einige Analyseergebnisse nahelegten, lag damals jedoch außerhalb jeder sinnvoll annehmbaren Vermutung. Zwar hatte die Chemikerin Ida Noddack (1896–1980) bereits 1934 Zweifel an Fermis Transuran-Ergebnissen angemeldet und eben die Vermutung geäußert, dass es sich eventuell auch um Spaltprodukte des Urans handeln könne, doch hatte sie damals keine Möglichkeit, dies experimentell zu überprüfen. Wie abwegig diese Publikation seinerzeit von den Physikern betrachtet worden war, zeigt eine Erinnerung von Emilio Segré, damals Mitglied von Fermis Arbeitsgruppe: „We did not seriously entertain the possibility of nuclear fission, although it had been mentioned by Ida Noddack, who sent us a reprint of her work. The reason for our blindness, shared by Hahn and Meitner, the Joliot-Curies, and everybody else working on the subject, is not clear to me even today.“<sup>46</sup>

Bald nach der Veröffentlichung der Hahn-Meitnerschen Zerfallsreihen kam eine erstaunliche Nachricht aus Paris. Irène Joliot-Curie und ihre Mitarbeiter hatten mit einer etwas anderen Analysemethode, als sie in Berlin üblich war, ein Reaktionsprodukt gefunden, das die Berliner wohl bisher übersehen hatten; doch in der Deutung dieses Produktes ergingen sich die Pariser in ‚wilden Spekulationen‘, die Lise Meitner theoretisch unhaltbar fand und bald jegliches Interesse an dem in der Dahlemer Arbeitsgruppe ‚Curiosum‘ getauften Reaktionsprodukt verlor.<sup>47</sup> Mitte 1938 musste Lise Meitner dann infolge der

<sup>45</sup> Otto Hahn, Lise Meitner, Fritz Straßmann: Über die Transurane und ihr chemisches Verhalten. In: Berichte der deutschen chemischen Gesellschaft 70 (1937), S. 1374–1391. – Lise Meitner, Otto Hahn, Fritz Straßmann: Über die Umwandlungsreihen des Urans, die durch Neutronenbestrahlung erzeugt werden. In: Zeitschrift für Physik 106 (1937) 3/4, S. 249–270.

<sup>46</sup> Emilio Segrè: A Mind always in Motion. The Autobiography of Emilio Segrè. Berkeley/Oxford 1993, S. 91.

<sup>47</sup> Otto Hahn an Clara Lieber am 9. 7. 1946 (MPG-Archiv, Abt. III, Rep. 14, Nr. 2529, unfoliiert). – Vgl. auch: Otto Hahn: Erlebnisse und Erkenntnisse. Düsseldorf/Wien 1975, S. 31. – Krafft: Im Schatten (wie Anm. 43), S. 79 und 207.

deutschen Annexion Österreichs Deutschland unter schwierigen illegalen Umständen verlassen und fand in Schweden Asyl und bescheidene Arbeitsmöglichkeiten.<sup>48</sup>

Im Herbst 1938 kam eine überraschende Veröffentlichung aus Paris über mögliche neue Reaktionsprodukte bei den Transuran-Experimenten, die man dort wie in Berlin intensiv betrieb, und Hahn und Straßmann entschlossen sich nach anfänglichem Widerstreben, ihre Versuchsreihen unter Einbeziehung der amerikanischen Chemikerin Clara Lieber (1902–1982), die von 1936 bis 1939 als Gast am Institut war, sowie der Laborantin Irmgard Bohne (1914–?) erneut aufzunehmen. Ende Oktober 1938 schrieb Hahn an Meitner, dass sie nun diesen Pariser ‚Körper‘ tatsächlich gefunden hätten – vielleicht sogar besser als die Pariser Forscher. Meitner schrieb sofort zurück, stellte Fragen und gab auch Hinweise. Mehrere Briefe gingen so hin und her.

Am Montag, dem 19. Dezember 1938 schrieb Hahn an Meitner die folgenden berühmten Zeilen: „[...] Es ist jetzt gleich 11 Uhr abends; [...] Es ist nämlich etwas bei den ‚Radium-Isotopen‘, was so merkwürdig ist, daß wir es vorerst nur Dir sagen. [...] immer mehr kommen wir zu dem schrecklichen Schluß: Unsere Ra-Isotope verhalten sich nicht wie Ra[dium], sondern wie Ba[rium]. [...] Vielleicht kannst Du irgendeine phantastische Erklärung vorschlagen. Wir wissen dabei selbst, daß es [das Uran – H.K.] eigentlich nicht in Ba zerplatzen kann.“<sup>49</sup>

Das war die berühmte Entdeckung der Urankernspaltung. Eine immer wiederkehrende wissenschaftshistorische Frage, die hier nur angedeutet werden kann, ist, wie weit Lise Meitner in diesem Stadium an dem Ergebnis beteiligt war.<sup>50</sup> Sicher hat sie Hinweise zu

<sup>48</sup> Bei der Flucht unterstützten sie u.a. ‚vor Ort‘ Peter Debye, Otto Hahn, Gustav Hertz, Max von Laue, Paul Rosbaud, Elisabeth Schiemann und aus dem Ausland Niels Bohr, James Franck, Manne Siegbahn sowie der aus Holland angereiste Dirk Coster (1889–1950), der sie über die Grenze brachte. Zu den Umständen der Emigration vgl. u.a.: Jost Lemmerich: Lise Meitner zum 125. Geburtstag. Ausstellungskatalog. Berlin 2003, S. 86–88. – Sexl, Hardy: Lise Meitner (wie Anm. 6), S. 79–88. – Ruth Sime: Von der Emigration zum Exil: Lise Meitner und Marietta Blau. In: Dieter Hoffmann, Mark Walker (Hrsgg.): „Fremde“ Wissenschaftler im Dritten Reich. Die Debye-Affäre im Kontext. Göttingen 2011, S. 290–313. – Hahn: Vom Radiothor (wie Anm. 25), S. 126 f.

<sup>49</sup> Zit. nach Krafft: Im Schatten (wie Anm. 43), S. 263 f. – Auch in: Hahn: Erlebnisse (wie Anm. 47), S. 77–79, hier S. 78.

<sup>50</sup> Zu diesen Diskussionen vgl. u.a.: Ruth Sime: Lise Meitner – Ein Leben für die Physik. Frankfurt a.M./Leipzig 2001, u.a. S. 294–356. – Vera Morgenweck-Lambrinos, Martin Trömel: Lise Meitner, Otto Hahn und die Kernspaltung. Eine Legende aus unseren Tagen. NTM N.S. 8 (2000) 2, S. 65–76. – Ruth Sime: Whose Legend. NTM N.S. 8 (2000) 2, S. 77–84. – Vera Morgenweck-Lambrinos, Martin Trömel: Eine Nachbetrachtung zu „Lise Meitner, Otto Hahn und die Kernspaltung. Eine Legende aus unseren Tagen“. In: NTM N.S. 9 (2001) 1, S. 29–40.



den Experimenten gegeben, aber bis zum Schluss ging sie offenbar ebenfalls nicht von einer möglichen Spaltung aus, sondern zweifelte wie alle anderen Physiker an Radium als möglichem Reaktionsprodukt, weil Hahn und Straßmann dies zunächst durch einen physikalisch ungewöhnlichen doppelten  $\alpha$ -Zerfall zu erklären versucht hatten. Dass die Entdeckung der Kernspaltung wirklich eine Leistung der Radiochemie war, belegt eine Äußerung Lise Meitners von 1963: „Ich möchte betonen, daß dieser Nachweis [Barium statt Radium – H.K.] bei der so geringen Intensität der zu identifizierenden Präparate wirklich ein Meisterstück radioaktiver Chemie war, das in der damaligen Zeit kaum jemand anderem hätte gelingen können als Hahn und Straßmann.“<sup>51</sup>

Hahn war sich der Bedeutung dieser Entdeckung – wenngleich sicher noch nicht in allen ihren Konsequenzen – durchaus bewusst, ebenso der Wettbewerbssituation, in der er zumindest mit der Pariser Forschergruppe stand. So gab er noch am 22. Dezember 1938 das Manuskript des entsprechenden Artikels an die Zeitschrift ‚Die Naturwissenschaften‘<sup>52</sup> und erreichte mit seinen guten Beziehungen zum wissenschaftlichen Berater des Springer-Verlages (in dem die Zeitschrift herausgegeben wird) Paul Rosbaud (1896–1963), dass dieser Artikel bereits im ersten Heft von 1939 gedruckt wurde, das am Freitag, dem 6. Januar, erschien. Wenn Hahn in dem Brief an Meitner schrieb, dass sie selbst wüssten, dass das Uran nicht in Barium zerplatzen könne, dann war das auf seine Kenntnis des bisherigen physikalischen Verständnisses gemünzt, denn als Chemiker sah er das Ergebnis als ziemlich eindeutig an. Und so heißt es am Ende des genannten Artikels auch unmissverständlich: „Als Chemiker müßten wir aus den kurz dargelegten Versuchen das oben gebrachte Schema eigentlich umbenennen [...] Als der Physik in gewisser Weise nahestehende „Kernchemiker“ können wir uns zu diesem, allen bisherigen Erfahrungen der Kernphysik widersprechenden, Sprung noch nicht entschließen.“<sup>53</sup>

In einem Brief an Meitner vom 28. Dezember 1938 hatte er noch einmal nachgefragt, ob es nicht doch möglich sei, dass der Kern in Barium zerplatzen könne (über das andere Bruchstück hatte man noch keine Klarheit).<sup>54</sup> Das Manuskript des Artikels hatte Hahn

<sup>51</sup> Lise Meitner: Wege und Irrwege zur Kernenergie. In: Naturwissenschaftliche Rundschau 16 (1963), S. 167–169, hier S. 168.

<sup>52</sup> Vgl. Eintrag in Hahns Taschenkalender unter dem 22. 12. 1938 (MPG-Archiv, Abt. III, Rep. 14, Nr. 6880).

<sup>53</sup> Otto Hahn, Fritz Straßmann: Über den Nachweis und das Verhalten der bei der Bestrahlung des Urans mittels Neutronen entstehenden Erdalkalimetalle. In: Die Naturwissenschaften 27 (1939) 1, S. 11–15, hier S. 15.

<sup>54</sup> Krafft: Im Schatten (wie Anm. 43), S. 90.



bereits vor Weihnachten auch an Meitner geschickt. Es erreichte sie am 30. Dezember 1938 in ihrem Ferienort Kungälv, wo sie bei ihrer Freundin Eva von Bahr-Bergius die Weihnachtstage und den Jahreswechsel verbrachte. Gemeinsam mit ihrem zu Besuch weilenden Neffen Otto Robert Frisch (1904–1979), der – ebenfalls Emigrant – an Bohrs Institut in Kopenhagen arbeitete, gelang Lise Meitner dann in jenen Tagen um die Jahreswende 1938/39 unter Berücksichtigung des bereits seit mehreren Jahren bekannten Tröpfchenmodells<sup>55</sup> sowie der daraus drei Jahre zuvor von Niels Bohr (1885–1962) entwickelten Theorie über den sogenannten „Compound“-Kern die von Hahn erhoffte „phantastische Erklärung“ – mit anderen Worten: Die Kernspaltung war durchaus im Rahmen der bereits vorliegenden physikalischen Theorien erklärbar! Damit fand die gemeinsame Arbeit der dreißiger Jahre doch noch einen krönenden gemeinsamen Abschluss – Hahn und Straßmann lieferten die unumstößlichen chemisch-experimentellen Ergebnisse, Meitner und Frisch die physikalisch-theoretische Erklärung. Allerdings hatten sie etwas anderes gefunden, als sie ursprünglich suchten!<sup>56</sup> Sicher darf man davon ausgehen, dass es, wäre Meitner noch in Berlin gewesen, eine gemeinsame Publikation dazu gegeben hätte (ob Frisch dann daran Anteil gehabt hätte, oder inwieweit Flüge oder von Weizsäcker einbezogen worden wären, bleibt Spekulation).

<sup>55</sup> Das Tröpfchenmodell wurde zuerst von George Gamow (1904–1968) eingeführt, dann von anderen – u.a. C.F. von Weizsäcker – weiterentwickelt. Es beschreibt die Bindungsenergie eines Atomkerns am Modell eines Flüssigkeitstropfens – wie beim Wassertropfen hält die Oberflächenspannung den Kern zusammen.

<sup>56</sup> In gewisser Weise waren die Ergebnisse der Transuranforschung der letzten Jahre damit überholt, oder hatten – je nach Sichtweise – zu einem Forschungsdurchbruch mit unerwartetem Ergebnis geführt, wie er in der Wissenschaft durchaus normal ist. Nur fühlte sich Lise Meitner durch die Umstände in die Situation gedrängt, bei der ‚Rücknahme‘ der früheren Ergebnisse der Dreiergruppe nicht dabei zu sein. Und das belastete sie verständlicherweise. Bisher war sie für die Physik und Hahn/Straßmann für die Chemie zuständig gewesen, nun hatten die Chemiker einen Durchbruch erzielt, und sie konnte diesen nur von außen kommentieren. – Vgl. Brief Meitner an Hahn am 3. 1. 1939 und am 4. 1. 1939: „[...] wenn ich jetzt auch mit sehr leeren Händen dastehe“ (MPG-Archiv, Abt. III, Rep. 14, Nr. 4875). – Frisch an Hahn am 4. 1. 1939 (zitiert bei Krafft: Im Schatten (wie Anm. 43), S. 271). – Lemmerich: Lise Meitner (wie Anm. 48), S. 98–105. – Heisenberg schätzte die unterschiedlichen Arbeitsweisen von Hahn und Meitner folgendermaßen ein: „Ihre Stärke war [...] die Fragestellung und dann die Deutung des angestellten Versuchs. [...] und daß Hahn sich vor allem für die Gründlichkeit und Sorgfalt beim Experimentieren verantwortlich fühlte.“ (Werner Heisenberg: Gedenkworte für Otto Hahn und Lise Meitner (1969). In Ders.: Gesammelte Werke Bd. C/IV, München/Zürich 1986, S. 177–185, hier S. 180).

Die entsprechende Arbeit von Meitner und Frisch ging am 16. Januar 1939 an die englische Zeitschrift ‚Nature‘ und erschien in der Ausgabe vom 11. Februar 1939.<sup>57</sup> Doch inzwischen war Niels Bohr zu einem Forschungsaufenthalt in den USA eingetroffen – vor der Abreise hatte er die Neuigkeit gerade noch von Frisch erfahren, und nun verbreitete sie sich wie ein Lauffeuer unter den amerikanischen Physikern.<sup>58</sup> Damit blieb aber die Aufmerksamkeit für die Meitner-Frisch-Veröffentlichung wenige Wochen später gering, und insbesondere der Anteil Lise Meitners an diesen Arbeiten wurde demzufolge in der wissenschaftlichen Welt zunächst unterschätzt.

Das gilt auch für die Berliner Situation. Zwar hatte Hahn seinen physikalischen Kollegen am KWI für Chemie wie am KWI für Physik während der Weihnachtstage nichts von der Entdeckung verraten – so wie er es Meitner brieflich versichert hatte – doch am Freitag, dem 6. Januar 1939, erschien eben das Heft der ‚Naturwissenschaften‘ mit dem entsprechenden Artikel. Die Institutsweihnachtsferien waren vorbei. Am Samstag saßen üblicherweise alle Mitarbeiter in der Bibliothek, um die neuesten Journale zu studieren. Am Montag, dem 9. Januar, notierte Hahn dann in seinen Taschenkalender: „Diskussion über Ba[rium] aus U[ran] mit Weizsäcker, Flügge etc.“.<sup>59</sup> Und einen Tag später schrieb er an Meitner: „Unsere Theoretiker haben jetzt angefangen, über die Ba-Sache zu diskutieren und nachzudenken [...]“.<sup>60</sup>

Seit Ende 1937 war Siegfried Flügge (1912–1997), der 1933 bei Max Born (1882–1970) in Göttingen promoviert und danach u.a. bei Heisenberg in Leipzig gearbeitet hatte, sogenannter ‚Haustheoretiker‘ bei Lise Meitner und damit am KWI für Chemie gewor-

<sup>57</sup> Frisch hatte nach seiner Rückkehr nach Kopenhagen die Kernspaltung nun auch physikalisch experimentell nachweisen können: wenn man von der Tatsache der Spaltung ausgeht und die entsprechenden Berechnungen zu Grunde legt, lässt sich der erwartete freigesetzte Energiebetrag relativ leicht messen. Sein entsprechender Artikel erschien eine Woche nach dem gemeinsamen Aufsatz mit Meitner.

<sup>58</sup> Otto Robert Frisch: *What little I remember*. Cambridge 1979, S. 116. – Ulrich Röseberg: *Niels Bohr. Leben und Werk eines Atomphysikers*. Berlin 1985, S. 215. – Die Überlieferungen sind nicht ganz eindeutig, ob Bohr bereits den ihn am Kai erwartenden John Archibald Wheeler (1911–2008) informierte und eventuell am gleichen Abend auch Fermi, der ihn ebenfalls am Kai begrüßt hatte; mit Sicherheit jedoch hatte er seinem ihn begleitenden Assistenten Leon Rosenfeld (1904–1974), mit dem er während der Schiffsreise die Sache diskutiert hatte, nicht mitgeteilt, dass noch Stillschweigen gewahrt werden sollte, und Rosenfeld plauderte die Neuigkeit noch am gleichen Abend gegenüber Wheeler sowie im Wissenschaftlerklub in Princeton aus. – Vgl. Röseberg: *Niels Bohr*, S. 219. – John Archibald Wheeler: *Geons, Black Holes & Quantum Foam. A Life in Physics*. New York/London 1998, Kapitel 1).

<sup>59</sup> Hahns Taschenkalender für 1939 (MPG-Archiv, Abt. III, Rep. 14, Nr. 6880).

<sup>60</sup> Brief Hahn an Meitner am 10. 1. 1939. In: Hahn: *Erlebnisse* (wie Anm. 47), S. 88–90, hier S. 89. – Vgl. auch Hahn an Meitner am 7. 2. 1939, ebda. S. 100–102.

den. Sein Vorgänger war Max Delbrück (1906–1981), ebenfalls ein Born-Schüler.<sup>61</sup> Mit ihm hatte Lise Meitner 1935 ihr Buch ‚Der Aufbau der Atomkerne‘ verfasst.<sup>62</sup> Jetzt griff Flügge die Hahn-Straßmannsche Entdeckung sofort auf und lieferte gemeinsam mit Lise Meitners bisherigem Assistenten Gottfried von Droste (1908–1992) ebenfalls die theoretische Erklärung für den beobachteten Prozess.<sup>63</sup> Das Manuskript ging am 22. Januar 1939 bei der Zeitschrift für physikalische Chemie ein und erschien Anfang März, also zeitnah zu dem Meitner-Frisch-Artikel.<sup>64</sup> Der Heisenberg-Schüler Carl Friedrich von Weizsäcker (1912–2007), der im Sommer 1936 Delbrück für ein knappes halbes Jahr am KWI für Chemie vertreten hatte und seit 1937 am nahegelegenen KWI für Physik beschäftigt war, trug seine Überlegungen zur Kernspaltung im Physikalischen Kolloquium der Berliner Universität am 14. April 1939 vor.<sup>65</sup>

Was die Weiterführung der physikalischen Abteilung am KWI für Chemie betraf, so hatte Hahn im Herbst 1938 relativ kurzfristig gehandelt und gewann scheinbar etwas überraschend Josef Mattauch (1895–1976) aus Wien als Nachfolger für Meitner – dieser trat seine Stelle bereits zum 1. Februar 1939 an. ‚Nachfolger‘ stimmt nur bedingt, denn seine Berufung bedeutete eine grundlegende Umorientierung der Arbeit der physikalischen Abteilung. Mattauchs Domäne war die Massenspektrometrie. Er hatte Anfang der 1930er Jahre einen doppelfokussierenden Massenspektrographen entwickelt, mit dem sehr genaue Massebestimmungen der verschiedenen Isotope möglich waren.<sup>66</sup> Davon versprach sich Hahn neue Anregungen für die Isotopenforschung. Zwei grundlegende

<sup>61</sup> Die stürmische Entwicklung der Quantenmechanik Ende der 1920er Jahre und ihre sich abzeichnende Bedeutung für das Verständnis der sich nun herausbildenden Kern- und Elementarteilchenphysik – bisher war man in der Radioaktivitätsforschung im Wesentlichen mit klassischer Physik und älterer Quantentheorie ausgekommen – veranlassten Meitner, sich die Stelle eines ‚Haustheoretikers‘ einzurichten. Schon 1926 hatte sie, als es um eine genauere theoretische Diskussion der Reichweitenstreuung bei Wilsonkammer-Aufnahmen ging, mit Max von Laue (1879–1960) kooperiert. Im Herbst 1932 nun kam Delbrück in die Arbeitsgruppe Meitner.

<sup>62</sup> Lise Meitner, Max Delbrück: Der Aufbau der Atomkerne. Berlin 1935.

<sup>63</sup> Siegfried Flügge, Gottfried von Droste: Energetische Betrachtungen zu der Entstehung von Barium bei der Neutronenbestrahlung von Uran. In: Zeitschrift für Physikalische Chemie B 4 (1939), S. 274–280.

<sup>64</sup> In Wien waren es Josef Schintlmeister (1908–1971) und Werner Czulius (\* 1914), die im Januar/Februar entsprechende Überlegungen anstellten und diese am 23. 2. 1939 der Wiener Akademie vorstellten, vgl. Günter Nagel: Atomversuche in Deutschland. Zella-Mehlis 2003, S. 24 f.

<sup>65</sup> Carl Friedrich von Weizsäcker: Zur Theorie der Uranspaltung. In: Angewandte Chemie 52 (1939) 20, S. 366 f.

<sup>66</sup> Josef Mattauch, Richard Herzog: Über einen neuen Massenspektrographen. In: Zeitschrift für Physik 89 (1934), S. 786–795.

tabellarische Darstellungen von Mattauch und Mitarbeitern über die Eigenschaften der zahlreichen Isotope beruhen im Wesentlichen auf Arbeiten dieser Zeit.<sup>67</sup> Tatsächlich wurde die Massenspektrometrie nach dem Weltkrieg eine wichtige Säule des Instituts und stellte sich als eine Schlüsseltechnologie der Kern-, Kosmo- und Geochemie heraus.<sup>68</sup> Hahn war auf Mattauch stärker aufmerksam geworden, als er 1937 von ihm eine Strontium-Probe analysieren ließ, die aus einem rubidiumreichen kanadischen Glimmer gewonnen worden war, und er hatte die Zukunftsträchtigkeit dieser Forschungsrichtung für seine kernchemischen Arbeiten erkannt. Zudem war er von Mattauchs Vortrag auf der Versammlung der GDNÄ im September 1938 in Stuttgart beeindruckt gewesen.<sup>69</sup> Zur Eile gedrängt fühlte sich Hahn insofern, als er befürchtete, dass die langjährigen Assistenten der Abteilung Meitner wie auch seiner eigenen Ambitionen auf einen Abteilungsleiterposten haben könnten und dass eventuell der nationalsozialistische Einfluss am Institut durch eine entsprechende Besetzung gestärkt werden könnte;<sup>70</sup> Erbacher und Philipp erhob er deshalb zu Abteilungsleitern, allerdings ohne eigene Abteilung. Von Mattauch wusste er hingegen, dass dieser kein Anhänger des Nationalsozialismus war.<sup>71</sup> Andererseits entfielen die bisherigen Arbeitsgebiete der Abteilung Meitner dadurch weitgehend bzw. lagen nicht mehr im Hauptfokus der Institutsarbeiten. Meitners ehemalige Mitarbeiter verließen nach und nach das Institut. Flügge, der seit Meitners Weggang weitgehend die kernphysikalischen Arbeiten geleitet hatte, ging 1942 ins kernphysikali-

<sup>67</sup> Josef Mattauch, Siegfried Flügge: Kernphysikalische Tabellen. Berlin 1942. – Josef Mattauch, Arnold Flammersfeld: Isotopenbericht. Tabellarische Übersicht der Eigenschaften der Atomkerne, soweit bis Ende 1948 bekannt. Tübingen 1949.

<sup>68</sup> Über die weitere Entwicklung dieser Forschungsrichtung am Institut siehe den Beitrag von Carsten Reinhardt in diesem Band.

<sup>69</sup> Josef Mattauch: Erkenntnisgewinn in der Kernphysik durch Fortschritte der Apparaturen und Methoden. In: Die Naturwissenschaften 27 (1939) 12, S. 185–195. – Hahn: Erlebnisse (wie Anm. 47), S. 64.

<sup>70</sup> Erbacher wie Philipp waren Mitglieder der NSDAP. Kurt Hess (1888–1961), der Meitner bei den Nazis denunziert hatte, hatte noch seine Gastabteilung am Institut. – Verkennen sollte man ebenfalls nicht, dass sich Hahn zu dieser Zeit auch in einer persönlich schwierigen psychischen Situation befand: Er war seit Jahren auf den direkten wissenschaftlichen Informationsaustausch mit Meitner fixiert, der nun abgebrochen war. Er hatte Behördengänge zu erledigen, die Meitners Wohnungsauflösung und dergleichen betrafen. Seine Frau Edith war wegen einer psychischen Erkrankung (deren Ursache wohl ebenfalls mit Meitners erzwungener Flucht zusammenhing) in der Klinik, und es war ihm bekannt, dass er offiziell als ‚politisch unzuverlässig‘ galt, um nur einige Hintergründe zu nennen. – Vgl. dazu u.a. Hahn: Erlebnisse (wie Anm. 47), S. 55. – Krafft: Im Schatten (wie Anm. 43), S. 74 f.

<sup>71</sup> Wie Hahn Meitner am 24. 9. 1938 mitteilte, hatte ihm u.a. Gustav Hertz (1887–1975) – mit dem beide seit Langem gut bekannt waren – sehr zu Mattauch geraten, vgl. Krafft: Im Schatten (wie Anm. 43), S. 75.

sche Forschungsinstitut der Reichspost (und wurde 1944 ao. Professor in Königsberg). Er nahm Kurt Sauerwein (1913–?), der mit ihm über Resonanzabsorption von Neutronen gearbeitet hatte, mit. Gottfried von Droste verließ Berlin 1942, um an der Universität Straßburg bei dem Bothe-Schüler Rudolf Fleischmann (1903–2002) zu arbeiten (und ging 1944 zu Bothe nach Heidelberg).<sup>72</sup> Arnold Flammersfeld (1913–2001) wechselte 1939 zu Bothe nach Heidelberg, kehrte aber 1941 wieder ans Institut zurück. Hermann Reddemann (1908–1941) meldete sich freiwillig zum Militär und fiel an der Front. Kurt Philipp übernahm im Mai 1944 die Leitung eines Instituts für kernphysikalische Messmethoden in Freiburg.

### 3.4 Der Beginn des deutschen Uranprojektes

Auch an anderen deutschen physikalischen Universitätsinstituten war die Entdeckung der Urankernspaltung natürlich Thema in den Kolloquien, und es gab – aus unterschiedlichen Gründen, die wohl durchaus als ein „Gemisch aus Nationalismus, Patriotismus und beruflichem wie persönlichem Ehrgeiz“<sup>73</sup> angesehen werden können – Wissenschaftler, die staatliche und militärische Stellen darauf aufmerksam machten, dass sich hier eine unerwartete Möglichkeit der Energiegewinnung ergäbe. Zuerst war man im Reichsforschungsrat auf Grund eines Hinweises der Göttinger Physiker Georg Joos (1894–1959) und Wilhelm Hanle (1901–1993) – beide keine direkten Parteigänger der Nazis, aber ihnen in mancher Hinsicht nahestehend<sup>74</sup> –, aktiv geworden. Der Sparten-

<sup>72</sup> Zu Droste vgl. Horst Kant: Betrachtungen zur Physik an der Reichsuniversität Straßburg 1942–1944. In: Christian Baechler, François Igersheim, Pierre Racine (Hrsgg.): Les Reichsuniversitäten de Strasbourg et de Poznan et les résistances universitaires 1941–1944. Strasbourg 2005, S. 185–203 (= Collection Les Mondes Germaniques, 12). – Ders.: Von der Lichttherapie zum Zyklotron. Das Institut für Physik im Heidelberger Kaiser-Wilhelm-Institut für medizinische Forschung bis 1945. In: Dahlemer Archivgespräche 13 (2007), S. 49–92, hier S. 86.

<sup>73</sup> Mark Walker: Die Uranmaschine. Mythos und Wirklichkeit der deutschen Atombombe. Berlin 1990, S. 30.

<sup>74</sup> Vgl. Ulf Rosenow: Die Göttinger Physik unter dem Nationalsozialismus. In: Heinrich Becker, Hans-Joachim Dahms, Cornelia Wegeler (Hrsgg.): Die Universität Göttingen unter dem Nationalsozialismus, 2. erw. Aufl. München 1998, S. 552–588, hier S. 564–566. – Zu detaillierteren Angaben über Hanle vgl. z.B. Bruno W. Reimann: Wilhelm Hanle – Physiker, Nazi-Forscher, Ehrensensator der JLU Gießen ([www.bruno-w-reimann.de/wilhelm-hanle.html](http://www.bruno-w-reimann.de/wilhelm-hanle.html), retrieved 10. 9. 2012), aber auch: Wilhelm Hanle: Memoiren. Giessen 1989 (insbesondere Kapitel 8).

leiter Physik des Reichsforschungsrates Abraham Esau (1884–1955) nahm sich der Sache an und ließ für den 29. April 1939 eine Beratung einberufen, an der einige der führenden Atomphysiker Deutschlands teilnahmen.<sup>75</sup> Hahn war nicht eingeladen worden, was wohl damit begründet wurde, dass man nur Physiker eingeladen habe,<sup>76</sup> was Hahn jedoch als einen politischen Affront ansah, da er zu der Zeit bei einigen dem NS-Regime nahestehenden Wissenschaftlern nicht gut angesehen war.<sup>77</sup> Es wurde beschlossen, die Möglichkeiten der Energiegewinnung aus Kernspaltung als ‚Gemeinschaftsarbeit‘ aufzunehmen.<sup>78</sup> Bald nutzte man intern dafür die Bezeichnung ‚Uranverein‘. Richtig in Schwung kam die Arbeit aber aus verschiedenen Gründen nicht.

Ende April 1939 hatte der Physikochemiker Paul Harteck (1902–1985) von der Universität Hamburg gemeinsam mit seinem Assistenten Wilhelm Groth (1904–1977) ebenfalls einen Brief zum Problem der Kernenergiegewinnung geschrieben, allerdings an das Reichskriegsministerium. Harteck war seit 1937 auch als Berater in Sprengstofffragen für das Heereswaffenamt (HWA) tätig. In dem Brief hieß es abschließend: „Es liegt auf der Hand, dass, wenn die oben skizzierte Möglichkeit der Energieerzeugung sich verwirklichen lassen sollte, was durchaus im Bereich des möglichen liegt, dasjenige Land, welches von ihr zuerst Gebrauch macht, den anderen gegenüber ein kaum einholbares Aktivum aufzuweisen hat.“<sup>79</sup> Der Brief traf im HWA durchaus auf offene Ohren. Erich Schumann (1898–1985), der an der Berliner Universität Professor in der seltenen Kombination für Experimentalphysik und Musikwissenschaft war, leitete seit 1932 zugleich

<sup>75</sup> Eine genaue Teilnehmerliste ist nicht bekannt, unterschiedliche Namen werden in der Literatur genannt. Es gibt aber ein Einladungsschreiben von Dames (im Auftrage von Esau) an einen ausgewählten Physikerkreis, darunter Bothe, Debye, Geiger, Gentner, Hoffmann sowie der Chef der Forschungsabteilung im Heereswaffenamt (HWA) Erich Schumann (MPG-Archiv, Abt. I, Rep. 34 KWI für Physik, Nr. 79, unfoliiert). – Das HWA war also entgegen verbreiteter Ansicht ebenfalls einbezogen. Debye nahm vermutlich nicht teil.

<sup>76</sup> Angeblich habe Mattauch teilgenommen, der aber nicht auf der Liste stand, vgl. Nagel: Atomversuche (wie Anm. 64), S. 26. – Gentner vom Heidelberger Institut hingegen war von seiner USA-Reise noch nicht zurück, vgl. Kant: Von der Lichttherapie (wie Anm. 73), S. 49–92, hier S. 73 f.

<sup>77</sup> In ‚Erlebnisse und Erkenntnisse‘ (wie Anm. 47), S. 63 und 65, meint Hahn, Esau habe wegen seiner ‚politischen Unzuverlässigkeit‘ etwas gegen ihn gehabt. Andererseits hätte Hahn aber auch gar nicht teilnehmen können, da er am 26. 4. nach Stockholm gefahren war (und erst am 9. 5. über Kopenhagen wieder nach Dahlem zurück kam). Am 29. 4. hatte er mit Meitner einen Stadtbummel gemacht, vgl. Hahns Notizkalender für 1939 (MPG-Archiv, Abt. III, Rep. 14, Nr. 6880).

<sup>78</sup> Vgl. Nagel: Atomversuche (wie Anm. 64), S. 26.

<sup>79</sup> Zit. nach Michael Schaaf: Der Physikochemiker Paul Harteck. Hamburg 1999, S. 208 f. (= CENSIS-Report, 33–99).

die Forschungsabteilung des HWA und hatte bereits im März 1939 den Auftrag erteilt, die Entwicklungen in der Kernphysik aufmerksam zu verfolgen. Im Juni 1939 wurde im Heereswaffenamt das Referat Kernphysik unter der Leitung des Hoffmann-Schülers Kurt Diebner (1905–1964) gegründet. Nach Kriegsbeginn reagierte man schnell. Per Gestellungsbefehl holte sich Diebner den Heisenberg-Schüler Erich Bagge (1912–1996) als Assistenten.

Gemeinsam organisierte man bereits für den 16. September 1939 eine Zusammenkunft der führenden Kernphysiker zur Beratung des weiteren Vorgehens im Oberkommando des Heeres. Auch hierzu hatte man sich des Mittels des Einberufungsbefehles bedient. Erst vor Ort erfuhren die Wissenschaftler, worum es gehen sollte. Hahn war diesmal wohl eingeladen,<sup>80</sup> Heisenberg zunächst nicht, da vor allem Bothe und Hoffmann angeblich der Meinung waren, Heisenberg sei als Theoretiker nicht so geeignet. Es wurde bereits auf dieser ersten Zusammenkunft zumindest seitens des HWA deutlich gemacht, dass die Frage nach dem technischen Nutzen der Kernenergie nicht nur von allgemeinemilitärischem Interesse sei, sondern auch in direktem Bezug zu neuen Waffen stünde.<sup>81</sup> Auch diese Arbeitsgruppe firmierte bald unter dem Namen ‚Uranverein‘.<sup>82</sup>

In den folgenden Wochen wurden folgende Arbeitsgruppen des Uranvereins gebildet:

- Werner Heisenberg (Universität Leipzig & KWI für Physik Berlin): Uranmaschine, Isotopentrennung, Messung nuklearer Konstanten.
- Walther Bothe (KWI für medizinische Forschung Heidelberg/Institut für Physik): Messung nuklearer Konstanten.
- Otto Hahn (KWI für Chemie Berlin): Transurane, Spaltprodukte, Isotopentrennung, Messung nuklearer Konstanten.
- Kurt Diebner (HWA in Gottow bei Berlin): Messung nuklearer Konstanten, Uranmaschine.
- Klaus Clusius (Universität München): Isotopentrennung und Produktion von Schwerem Wasser.
- Paul Harteck (Universität Hamburg): Produktion von Schwerem Wasser und Isotopentrennung.

<sup>80</sup> Zumindest sprechen seine Eintragungen im Taschenkalender unter dem 15. und 16. September dafür (wie Anm. 77). – Aus einem Brief von Hahn an Finkelnburg vom 21. 4. 1966 geht allerdings hervor, dass Hahn zu diesem Zeitpunkt selbst nicht mehr deuten konnte, wie die Eintragungen zu interpretieren seien und ob er tatsächlich an der Sitzung teilgenommen habe (MPG-Archiv, Abt. III, Rep. 14, Nr. 926).

<sup>81</sup> Erich Bagge, Kurt Diebner, Kenneth Jay: Von der Uranspaltung bis Calder Hall. Hamburg 1957, S. 23.

<sup>82</sup> Wenn vom Uranverein die Rede ist, ist zumeist diese Wissenschaftlergruppierung beim HWA gemeint, denn die Arbeit des Uranvereins im Reichsforschungsrat war damit zunächst beendet.



– Hans Kopfermann (Universität Kiel, später Universität Göttingen): Isotopentrennung.  
 – Nikolaus Riehl (Auer-Gesellschaft Oranienburg bei Berlin): Uranherstellung.  
 – Georg Stetter (Universität Wien): Messung nuklearer Konstanten und Transurane.  
 Zu diesen offiziellen Arbeitsgruppen kamen zahlreiche weitere Gruppierungen an Universitäten und in der Industrie, darunter Gerhard Hoffmann (Universität Leipzig), Karl Friedrich Bonhoeffer (Universität Leipzig), Hermann Beuthe (PTR Berlin).<sup>83</sup> Es gab zudem außerhalb des Uranvereins noch einige Institutionen, die sich ebenfalls mit einigen dieser Fragestellungen beschäftigten. Genannt sei hier nur das private Forschungslaboratorium für Elektronenphysik von Manfred Baron von Ardenne (1907–1997) in Berlin-Lichterfelde, das in enger Kooperation mit dem Forschungsinstitut des Reichspostministers Wilhelm Ohnesorge (1872–1962) in Kleinmachnow und Zeuthen bei Berlin stand.<sup>84</sup> Man darf aber wohl davon ausgehen, dass es neben dem Uranverein kein weiteres Großprojekt in Deutschland gegeben hat, das sich mit der Kernenergiegewinnung für militärische wie friedliche Zwecke – und speziell einer Atombombe – beschäftigt hat.<sup>85</sup>

Anzumerken ist, dass die Zusammenarbeit aller dieser Gruppen nie zu einem wirklich übergreifenden Projekt geführt hat; mehr oder weniger arbeitete jeder für sich. Horst Korsching (1912–1998) aus dem KWI für Physik brachte das in Farm Hall auf den Punkt, als er in einem Gespräch – sehr zum Missfallen Walther Gerlachs (1889–1979)<sup>86</sup> – äußerte: „Jeder behauptete, der andere sei inkompetent.“<sup>87</sup>

<sup>83</sup> Die Angaben beruhen auf Walker: Die Uranmaschine (wie Anm. 73). – Rainer Karlsch: Hitlers Bombe. Die geheime Geschichte der deutschen Kernwaffenversuche. München 2005. – Wilhelm Füßl, Matthias Knopp: Geheimdokumente zum deutschen Atomprogramm 1938–1945. Deutsches Museum München 2001 (CD-ROM).

<sup>84</sup> Ohnesorge – und damit in gewisser Weise auch Ardenne – erhoffte sich mit diesen Arbeiten einen besonderen Einfluss bei Hitler. Dies ist ein Grund für die Nichteinbeziehung des Ardenneschen Instituts in den Uranverein, ein anderer ist das gespannte Verhältnis zwischen Ardenne und den Berliner Physikern, das hier nicht näher beleuchtet werden kann.

<sup>85</sup> Dessen ungeachtet muss man konstatieren, dass in den entsprechenden Randbereichen grundlegende Forschungen erst in Ansätzen erfolgt sind. – Vgl. u.a. Rainer Karlsch: Hitlers Bombe (wie Anm. 83). – Günter Nagel: Himmlers Waffenforscher. Physiker, Chemiker, Mathematiker und Techniker im Dienste der SS. Aachen 2011. – Ders.: Wissenschaft für den Krieg. Die geheimen Arbeiten der Abteilung Forschung des Heereswaffenamtes. Stuttgart 2012, insbesondere Kap. 9 (= Pallas Athene. Beiträge zur Universitäts- und Wissenschaftsgeschichte, 43).

<sup>86</sup> Gerlach war 1944–1945 im Rahmen des inzwischen Hermann Göring (1893–1946) unterstellten Reichsforschungsrates als Bevollmächtigter für Kernphysik für das Uranprojekt verantwortlich.

<sup>87</sup> Dieter Hoffmann: Operation Epsilon. Die Farm-Hall-Protokolle oder Die Angst der Alliierten vor der deutschen Atombombe. Berlin 1993, S. 152.



Bei einer erweiterten Beratung des Uranvereins Mitte Oktober in den Räumen des HWA wurde u.a. beschlossen, das KWI für Physik in Berlin-Dahlem ab 1. Dezember 1939 zum Zentrum der Uranforschungen zu machen. Dessen Direktor Peter Debye (1884–1966) wurde wegen seiner niederländischen – also in Kriegszeiten ‚feindlichen‘ – Staatsbürgerschaft ‚beurlaubt‘ und Diebner wurde als kommissarischer Direktor eingesetzt.<sup>88</sup> Nach einem Senatsprotokoll von 1941 waren Hahn und Heisenberg für die wissenschaftliche Hauptleitung zuständig.<sup>89</sup>

Des Weiteren wurden einzelne Aufgaben beschlossen. Da sich alle darin einig waren, dass man zunächst eine solide theoretische Grundlage benötige, wurde Heisenberg beauftragt, diese auszuarbeiten. Die Grundlagen einer Theorie der Neutronenvermehrung in einem Uran-Graphit-Körper hatte er wohl bereits Anfang November erarbeitet, seinen ersten Bericht übergab er am 6. Dezember 1939 an das HWA.<sup>90</sup> Ende 1939 war die internationale Literatur noch allgemein zugänglich und auch in Deutschland präsent.<sup>91</sup> Heisenberg wertete sie in diesem Bericht aus und kam zu dem Schluss, dass die Kernspaltung „[...] auch zur Energieerzeugung im Großen verwendet werden“ könne. Nur das U-235 sei spaltbar, und „[...] je weiter die Anreicherung [von U-235] getrieben wird, desto kleiner kann die Maschine gebaut werden. Sie ist ferner die einzige Methode, um Explosivstoffe herzustellen, die die Explosivkraft der bisher stärksten Explosivstoffe um mehrere Zehnerpotenzen übertreffen.“<sup>92</sup> Ende Februar 1940 folgte sein zweiter Bericht. Drei grund-

<sup>88</sup> Vgl. dazu u.a. Horst Kant: Peter Debye als Direktor des Kaiser-Wilhelm-Instituts für Physik in Berlin. In: „Fremde“ Wissenschaftler im Dritten Reich (wie Anm. 48) S. 76–109, insbesondere S. 99–101.

<sup>89</sup> KWG-Senatsprotokoll vom 31. 7. 1941, S. 7 (MPG-Archiv). Wenn Hahn diese Aufgabe vermutlich auch nicht sehr intensiv wahrgenommen hat, so war er demzufolge doch aus erster Hand über die Arbeiten im KWI für Physik informiert. – Vgl. auch Helmut Rechenberg: Werner Heisenberg und das Forschungsprogramm des Kaiser-Wilhelm-Instituts für Physik (1940–1948). In: Bernhard vom Brocke, Hubert Laitko (Hrsgg.): Die Kaiser-Wilhelm-/Max-Planck-Gesellschaft und ihre Institute. Das Harnack-Prinzip. Berlin 1996, S. 245–262, hier S. 252.

<sup>90</sup> Alle diese Berichte waren natürlich geheim, wurden nach dem Kriege von den Alliierten beschlagnahmt und erst in den 1970er und 1990er Jahren an die Bundesrepublik zurückgegeben. Heute liegen sie weitgehend freigegeben im Archiv des Deutschen Museums in München.

<sup>91</sup> Auch im Laufe des Krieges blieb die meiste ausländische Literatur für die Teilnehmer am Uranprojekt (und für andere kriegswichtige Objekte) zugänglich. So war bei der Deutschen Chemischen Gesellschaft in Absprache mit dem Reichsforschungsrat, dem Reichssicherheitshauptamt und anderen eine Arbeitsstelle gebildet worden, die ausländische Literatur für entsprechende Bedarfsträger kopierte und bereitstellte. Auch das Zusammenwirken mit den IG Farben und deren Auslandsvertretungen spielte dabei eine wichtige Rolle. Ebenso war die Deutsche Akademie der Luftfahrtforschung ein wichtiger Beschaffer solcher Literatur. – Für diese Hinweise danke ich Malte Stöcken.

<sup>92</sup> Werner Heisenberg: Gesammelte Werke, Bd. A/II. Berlin/Heidelberg 1989, S. 296.

legende Aufgabenbereiche hatte Heisenberg dabei deutlich gemacht, die dann auch die weitere Arbeit bestimmten:

- Wege zur Trennung von U-238 und U-235 finden,
- schweres Wasser (der seiner Meinung nach günstigere Moderator an Stelle von reinem Kohlenstoff) und Uranoxid bzw. Uranmetall müssen in ausreichender Menge vorhanden sein,
- Geometrie der Uranmaschine.

Heisenberg selbst arbeitete zum einen in seinem Leipziger Institut gemeinsam mit Robert Döpel (1895–1982) an einer Experimentserie zur Realisierung einer Uranmaschine, wobei man sich auf einen Kugelschichtreaktor konzentriert hatte, während er zum anderen am KWI für Physik in Berlin vor allem in engem Kontakt mit der Arbeitsgruppe um Carl Friedrich von Weizsäcker und Karl Wirtz (1910–1994) stand – letzterer war hier für die experimentelle Realisierung einer quaderförmigen Schichtanordnung zuständig. Im Folgenden sei nur auf einige im KWI für Chemie bearbeitete Themen etwas näher eingegangen.

### 3.5 Das Kaiser-Wilhelm-Institut für Chemie im deutschen Uranprojekt

Man muss konstatieren, dass auch ein Großteil der Arbeiten am KWI für Chemie mehr oder weniger eng mit dem Uranprojekt verknüpft war. Hahn selbst hatte nach dem Kriege – aus durchaus nachvollziehbaren Gründen – dazu beigetragen, die Auffassung zu verbreiten, dass man nur reine Grundlagenforschung betrieben habe.<sup>93</sup> Dabei ist sicher richtig, dass das Institut nicht direkt an Forschungen zum Reaktor beteiligt war, aber genaue Kenntnis der Folgeprodukte der Kernspaltung sowie die Isotopentrennung sind natürlich Grundvoraussetzungen für eine gesteuerte Kettenreaktion, und den Beteiligten musste klar sein, wofür ihre Grundlagenforschungsergebnisse benötigt wurden.<sup>94</sup>

<sup>93</sup> Vgl. u.a. Hahn: *Erlebnisse* (wie Anm. 47), S. 66–69. – In seiner Autobiographie meinte er festhalten zu müssen, dass er zwar an den Sitzungen des Uranvereins teilgenommen, aber nicht dafür gearbeitet habe, vgl. Hahn: *Mein Leben* (wie Anm. 5), S. 191. Man darf das wohl mindestens als einen etwas blauäugigen Rückblick betrachten.

<sup>94</sup> Vgl. zu diesen Fragen auch Joachim Mähner: *Wie anwendungsnah war die Grundlagenforschung am KWI für Chemie unter Otto Hahn 1938 bis 1945?* Magisterarbeit, Fachbereich Geschichts- und Kulturwissenschaften, Freie Universität Berlin 2000.

Straßmann hat das nach dem Kriege Hahn auch ganz unverblümt geschrieben, wenn gleich der Zusammenhang dafür ein etwas anderer war: „[...] Aber wer die Maschine hat, hat auch die Bombe, und die muß sich in der Hand eines von Militaristen oder ehrgeizigen Politikern geleiteten Staates verhängnisvoll auswirken.“<sup>95</sup> Und wenn Hahn immer wieder betonte, dass die Forschungsergebnisse auch während des Krieges veröffentlicht wurden, so stimmt dies nur zum Teil und häufig geschah es zumindest mit zeitlicher Verzögerung – zuerst flossen die Ergebnisse in Geheimberichte. Es gibt keinen Beleg dafür, dass die Wissenschaftler des KWI für Chemie, egal wie sie zum NS-Regime standen, nicht gewillt oder nicht bereit waren, solche Arbeiten im Rahmen des Uranprojektes des HWA durchzuführen.<sup>96</sup> Dabei spielte u.a. die Attraktivität des Forschungsthemas ebenso eine Rolle wie die UK-Stellung vom Militärdienst. Weizsäcker betonte mehrfach, dass er den anfangs widerstrebenden Hahn überredete, mit seinem Institut am Uranprojekt mitzuwirken.<sup>97</sup> Sein Argument war, dass die Forschungsarbeiten dadurch als kriegswichtig eingestuft und Hahns Mitarbeiter damit nicht eingezogen werden würden.<sup>98</sup> Seine eigene Teilnahme begründete Weizsäcker vor allem damit, dass er habe herausfinden wollen, ob eine Bombe wirklich machbar sei.<sup>99</sup> Und dann glaubte er wohl tatsächlich, dass er mit dem Wissen um die Atombombe etwas in der Hand gehabt hätte, womit er politischen Einfluss hätte gewinnen und dadurch „Hitler zu einer Politik des Friedens“ hätte bewegen

<sup>95</sup> Straßmann an Hahn am 5. 3. 1946, abgedruckt in Krafft: *Im Schatten der Sensation* (wie Anm. 43) S. 348–351, hier S. 350.

<sup>96</sup> Mark Walker: *Otto Hahn. Verantwortung und Verdrängung*. Berlin 2003, S. 19 (= Forschungsprogramm Geschichte der Kaiser-Wilhelm-Gesellschaft im Nationalsozialismus, Ergebnisse 10).

<sup>97</sup> Weizsäcker erinnerte sich, ihm gesagt zu haben: „Also Herr Hahn, ich würde Ihnen raten, Ihr Institut in diesen Uranverein aufnehmen zu lassen. Machen Sie ruhig das weiter, was Sie sonst auch machen würden. [...] Dann ist Ihr Unternehmen kriegswichtig. Und damit retten Sie Ihr Institut durch den Krieg.“, vgl. „Ich gebe zu, ich war verrückt“. Carl Friedrich von Weizsäcker über die Chance der Deutschen im zweiten Weltkrieg, die Atombombe zu bauen. (Gesprächsführung: Klaus Franke, Matthias Schulz). In: *Der Spiegel* 45 (1991), S. 227–238, hier S. 232.

<sup>98</sup> In Hahns Taschenkalender von 1939 sind für den 18. und 28. 9. sowie für den 2. und 5. 10. Besuche von Weizäckers im Labor vermerkt. Da dies gehäuft ist und Weizsäcker ansonsten nicht erwähnt wird, ist tatsächlich davon auszugehen, dass intensive Gespräche in diesem Sinne stattfanden. Außerdem erwähnt Hahn unter dem 16. 9. die Besprechung im Oberkommando der Wehrmacht sowie unter dem 17. 9. einen Besuch von Heisenberg (MPG-Archiv, Abt. III, Rep.14, Nr. 6880). – In seinen Lebenserinnerungen geht Hahn darauf nicht ein, vgl. Hahn: *Mein Leben* (wie Anm. 5).

<sup>99</sup> Auch Heisenberg will Weizsäcker in diesem Sinne überredet haben, vgl. z.B.: *Die Atomwaffe*. Interview 1984 mit H. Jaenecke vom Stern, abgedruckt in Carl Friedrich von Weizsäcker: *Bewußtseinswandel*. München 1988, S. 362–376, hier S. 362.

können. Später schrieb er: „Und ich bin bereit zuzugeben: Ich war verrückt.“<sup>100</sup> So weit ging Hahn nicht. Er hatte nicht erwartet, dass in den nächsten zwanzig Jahren eine Bombenentwicklung überhaupt zum Erfolg führen könnte.<sup>101</sup>

Folgende Arbeiten wurden am KWI für Chemie in enger Verbindung zum Uranprojekt durchgeführt:<sup>102</sup>

- Meitners ehemaliger Assistent Gottfried von Droste befasste sich mit den Neutronenprozessen bei der Kernspaltung.
- Hahn selbst und seine Mitarbeiter bemühten sich vor allem um die Identifizierung der verschiedenen Spaltprodukte.
- Josef Mattauch und Mitarbeiter brachten ihre Erfahrungen aus der Massenspektrographie für die Erforschung der Möglichkeiten der Isotopentrennung ein.
- Methoden der Reinigung von Uransalzen und Uranoxid sowie Bestimmung des Reinheitsgrades von Uranpräparaten in Zusammenarbeit mit Nikolaus Riehl von der Auer-Gesellschaft.

Für eine nähere Betrachtung der Arbeiten am KWI für Chemie seien hier stellvertretend zwei Beispiele behandelt. Das eine ist die Frage nach den Elementen 93 und 94, also den wirklichen Transuranen. Dabei ist zu erwähnen, dass man in Berlin im Rahmen des Uranprojektes um den sogenannten Plutonium-Prozess wusste.<sup>103</sup> Weizsäcker hatte

<sup>100</sup> „Ich gebe zu, ich war verrückt“ (wie Anm. 97), S. 234. – Aus heutiger Sicht dürfte diese Hybris bei Weizsäcker auch ein Ausdruck des Elitedenkens gewesen sein, dem sich die Jünger des Stefan-George-Kreises – und Weizsäcker zählte sich im weiteren Sinne dazu – verpflichtet fühlten, vgl. Ulrich Raulff: Kreis ohne Meister. Stefan Georges Nachleben. München 2012, insbesondere Kapitel V ab S. 375.

<sup>101</sup> Hoffmann: Operation Epsilon (wie Anm. 87), S. 147. – Und etwas später bekennt Hahn (S. 160): „Ich muß ehrlich sagen, daß ich den Krieg sabotiert hätte, wenn ich dazu in der Lage gewesen wäre.“

<sup>102</sup> Hahn selbst hat eine solche Übersicht sowohl in seinem Jahresbericht 1940 für das HWA (Bericht über die Arbeiten des Kaiser Wilhelm-Instituts für Chemie über „Präparat 38“, G.34 vom 10. 12. 1940) als auch in einem Geheimbericht zur Arbeitstagung vom 13. bis 14. 3. 1941 im KWI für Physik zusammengetragen, vgl. Walker: Otto Hahn (wie Anm. 96), S. 23–25.

<sup>103</sup> Man hatte in Berlin wie an allen anderen Zentren der Forschung auf diesem Gebiet gefunden, dass langsame Neutronen eigentlich nur das seltene Uranisotop  $^{235}_{92}\text{U}$  spalten, während schnelle Neutronen sowohl  $^{239}_{92}\text{U}$  als auch das wesentlich häufigere  $^{238}_{92}\text{U}$  spalten können (wenngleich die Wahrscheinlichkeit dafür sehr gering ist), dass andererseits Neutronen aber unterhalb einer gewissen Energieschwelle zwar eingefangen werden können, aber keine Kernspaltung erzeugen, sondern durch  $\gamma$ -Emission aus  $^{238}_{92}\text{U}$  das Isotop  $^{239}_{92}\text{U}$  erzeugen können. Dieses Uranisotop ist jedoch ein  $\beta$ -Strahler, und der Zerfallsprozess muss zum Element 93 führen, das man später Neptunium (Np) nannte. Es war klar, dass das erzeugte Neptuniumisotop relativ schnell durch einen radioaktiven Prozess in das nachfolgende Element 94, das man später Plutonium (Pu) nannte, zerfallen musste. Insbesondere das wegen seiner günstigen nuklearen Eigenschaften wichtige Isotop  $^{239}_{94}\text{Pu}$  kann man in einem Reaktor aus dem  $^{238}_{92}\text{U}$ , aus dem das natürliche Uran vorwiegend besteht, quasi „ausbrüten“ und es hat analoge Spaltungseigenschaften wie das  $^{235}_{92}\text{U}$ . Wenn der Reaktor läuft, ist es weniger aufwändig herzustellen als das  $^{235}\text{U}$  durch Isotopentrennung zu separieren.

bereits 1940 einen entsprechenden Bericht erstellt<sup>104</sup> und – wie seit einiger Zeit bekannt ist – später sogar ein Geheimpatent angemeldet.<sup>105</sup> Am Ardenneschen Institut hatte Friedrich Houtermans (1903–1966) 1941 in einem Geheimbericht ebenfalls auf die Möglichkeiten der Plutoniumerzeugung bei der Kettenreaktion hingewiesen.<sup>106</sup> Für den experimentellen Nachweis der echten Transurane – Element 93 und 94 – war Kurt Starke (1911–2000) am KWI für Chemie zuständig. Starke hatte 1937 bei Hahn promoviert und war dann Assistent am Institut geworden. Element 93 konnte er 1940 nachweisen.<sup>107</sup> Aber die Suche nach dem Element 94 – also Plutonium – führte nicht zum Erfolg. Auch nicht etwas später, als das Zyklotron in Paris für entsprechende Experimente genutzt werden konnte. Man hatte keine ausreichend starke Neutronenquelle. Dass Hahn sich der militärischen Bedeutung dieser Arbeiten durchaus bewusst war, zeigt seine Bemerkung zu diesen Versuchen im Bericht an das HWA vom Dezember 1940, wo er auf den „Plutonium-Bericht“ Weizsäckers Bezug nimmt: „Wie wichtig gerade dieser Fragenkreis unter Umständen für das Gesamtproblem werden kann, zeigt am besten eine dem HWA kürzlich von Herrn v. Weizsäcker vorgelegte Notiz“.<sup>108</sup> Auch in dem genannten Bericht vom März 1941 erwähnt Hahn Starkes Arbeiten ausdrücklich.

Die Forschungen zur Isotopentrennung, die vor allem unter Mattauch durchgeführt wurden, erfolgten in Zusammenarbeit mit dem Physikochemiker Klaus Clusius (1903–1963) von der Universität München. 1941 wechselte Starke etwas unerwartet zu ihm.<sup>109</sup> Andererseits hat Starke aber als Mitarbeiter von Clusius – und offenbar in Absprache mit

<sup>104</sup> „Dann war die Frage: Soll ich das für mich behalten oder darüber einen Bericht schreiben? Ich habe einen Bericht geschrieben, den habe ich dann auch abgeliefert.“, vgl. „Ich gebe zu, ich war verrückt“ (wie Anm. 97), S. 234.

<sup>105</sup> Carl Friedrich von Weizsäcker: Energieerzeugung aus dem Uranisotop der Masse 238 und anderen schweren Elementen. (Herstellung und Verwendung des Elements 94), ohne Datum, vermutlich Anfang 1941, mit am Schluss formulierten Patentansprüchen (MPG-Archiv, Abt. I, Rep. 34, Nr. 7).

<sup>106</sup> Fritz G. Houtermans: Zur Frage der Auslösung von Kern-Kettenreaktionen. Geheimbericht August 1941, abgedruckt bei Dieter Hoffmann (Hrsg.): Viktor J. Frenkel, Professor Friedrich Houtermans. Arbeit, Leben, Schicksal. Berlin 2011, S. 121–153 (= Preprints des MPI für Wissenschaftsgeschichte, 414).

<sup>107</sup> Kurt Starke: Abtrennung des Elements 93. In: Die Naturwissenschaften 30 (1942) 7, S. 107 f. – In den USA war es etwa gleichzeitig Philip H. Abelson (1913–2004) und Edwin M. McMillan (1907–1991) an einem leistungsfähigen Zyklotron in Berkeley gelungen, dieses Transuran nachzuweisen.

<sup>108</sup> Zit. nach Walker: Otto Hahn (wie Anm. 96), S. 23.

<sup>109</sup> Das gab bei einigen Wissenschaftshistorikern neuerdings wieder Anlass zu der Spekulation, ob dies eine gewisse ‚Abschiebung‘ gewesen sei, damit Starke nicht weiter zum Element 94 forsche, um die Arbeiten hierzu nicht zu forcieren und eventuell auch beim HWA entsprechende Hoffnungen zu wecken, vgl. Reinhard Brandt, Rainer Karlsch: Kurt Starke und die Entdeckung des Elements 93. Wurde die Suche nach den Transuranen verzögert? In: Rainer Karlsch, Heiko Petermann (Hrsgg.): Für und Wider ‚Hitlers Bombe‘. Münster u.a. 2007, S. 293–326, insbesondere S. 316 f.

Bothe (wieweit auch mit Hahn, bleibt unklar) – 1943 am Pariser Zyklotron Messungen zur Auffindung von Element 94 durchgeführt, allerdings – wie schon vermerkt – ohne Erfolg.<sup>110</sup> Die Ergebnisse von 1940/41 wurden in etwas modifizierter Form 1942 – offenbar mit Unterstützung Hahns – in den Naturwissenschaften publiziert (vgl. Anm. 107), sodass auch die weltweite Öffentlichkeit dies zur Kenntnis nehmen konnte.

Das andere Beispiel sind Beschleunigungsanlagen, die zu Beginn des Krieges in Deutschland noch kaum vorhanden waren. So gab es in Deutschland bis 1939 noch kein Zyklotron und auch nur wenige andere Beschleunigungsanlagen wie beispielsweise Van-de-Graaff-Generatoren.<sup>111</sup> Manfred von Ardenne, einer der umtriebigensten deutschen angewandten Naturforscher, Erfinder und Unternehmer auf dem Gebiet der Funk- und Fernsehtechnik, Elektronenmikroskopie und Nukleartechnik seit Anfang der 1930er Jahre, war der Meinung, dass die deutsche Politik zu wenig Interesse an der Uranspaltung zeige und zugleich verwundert, dass die zuständigen Wissenschaftler nicht genügend Anstrengungen unternähmen, ihre Forschungen finanziert zu bekommen, vor allem, was Großgeräte betraf. Ardenne hatte frühzeitig seine Beziehungen zum Reichspostminister Wilhelm Ohnesorge ausgebaut, der mit seinem Forschungsinstitut in Kleinmachnow bei Berlin eigene Ambitionen verfolgte. In seiner Autobiographie hält Ardenne fest: „Da das eigentlich zuständige Hahnsche Institut seine Forschungsbasis nicht erweiterte, machte ich Ende 1939 den Reichspostminister Ohnesorge in einem Schreiben und durch persönlichen Vortrag auf die ungeheure Bedeutung der Hahnschen und Straßmannschen Entdeckung aufmerksam.“<sup>112</sup>

Diese Bemühungen führten u.a. dazu, dass das Ardennesche Privatinstitut in Berlin-Lichterfelde eine 1-MeV-Van-De-Graaff-Anlage erhielt, die 1941 betriebsbereit war, und dass die Reichspost in Miersdorf bei Zeuthen (vor den Toren Berlins) ein kernphysikalisches Institut („Amt für physikalische Sonderfragen“) gründete (an das Flügge 1942 ging). Für beide Institute wurde ein 60-t-Zyklotron geplant, wovon das Ardennesche kurz vor Kriegsende schon ziemlich weit gediehen war.<sup>113</sup> Man interessierte sich dort u.a.

<sup>110</sup> Starke: Abtrennung (wie Anm. 107) – Kurt Starke: Transurium research in Germany 1939 to 1945. Atomkernenergie-Kerntechnik 41 (1982), S. 264 f., hier S. 265.

<sup>111</sup> Das Bothesche Institut in Heidelberg hatte 1936 einen Van-de-Graaff-Beschleuniger in Betrieb nehmen können. Der Kaskadenbeschleuniger am KWI für Physik ging 1939 in Betrieb, war aber erst Ende 1941 wirklich für Messungen einsetzbar und wurde dann auch vom KWI für Chemie mitbenutzt, vgl. Ulrich Schmidt-Rohr: Die Deutschen Teilchenbeschleuniger von den 30er Jahren bis zum Ende des Jahrhunderts. Heidelberg 2001, S. 35.

<sup>112</sup> Manfred von Ardenne: Sechzig Jahre für Forschung und Fortschritt. Berlin 1987, S. 161.

<sup>113</sup> Bothe errichtete in Heidelberg ebenfalls ein Zyklotron, das 1944 den Probebetrieb aufnahm. – Vgl. dazu Kant: Lichttherapie (wie Anm. 72).

für Isotopentrennung und die Indikatormethode. Wie erwähnt, gehörten aber weder das Ardennesche Institut noch das Reichspostinstitut offiziell zum deutschen Uranprojekt.<sup>114</sup> Nichts desto Trotz bestanden Beziehungen zwischen dem Ardenneschen Institut und den Berliner Kaiser-Wilhelm-Instituten.<sup>115</sup> Hahn besuchte (ebenso wie Heisenberg kurz zuvor) das Ardennesche Institut Ende 1941, um Verabredungen zu Bestrahlungsversuchen am Van-de-Graaff-Generator sowie am geplanten Zyklotron zu treffen.<sup>116</sup>

Und auch am Zyklotron im besetzten Paris, das in Joliot-Curies Institut stand, wurden für die Arbeitsgruppe Hahn Bestrahlungen vorgenommen. Zwar betonte Hahn nach dem Kriege, nicht selbst zu Joliot-Curie ans Institut gefahren zu sein, um ihn nicht zu brüskieren<sup>117</sup> – was von Joliot-Curie auch gewürdigt wurde – dennoch bleibt der Fakt, dass dort Messungen für das KWI für Chemie vorgenommen wurden, nachdem das Pariser Zyklotron im Februar 1942 in Betrieb gehen konnte.<sup>118</sup> Mit diesem stand der deutschen Kernforschung die „[...] mit Abstand stärkste Neutronenquelle zur Verfügung“;<sup>119</sup> seine Leistung lag bei 7 MeV.

Das KWI für Chemie plante allerdings auch einen eigenen Beschleuniger. Bereits seit Herbst 1938 hatte Hahn entsprechende Bemühungen unternommen – nicht zuletzt ‚angestachelt‘ durch die im KWI für Physik errichtete Anlage. Hahn und Mattauch erkannten durchaus die Notwendigkeit, eine größere Anlage zu errichten. Jedoch waren die Bemühungen um eine Finanzierung zunächst ohne größeren Erfolg;<sup>120</sup> u.a. hing das mit den schwierigen Finanzierungsmöglichkeiten in der KWG zusammen. Zuvor hatte es in Meitners Labor seit 1935 nur eine kleine, unzureichende Anlage gegeben (lediglich

<sup>114</sup> Wie nach dem Kriege zahlreiche alliierte Wissenschaftler, so vertrat auch Ardenne die Auffassung, Heisenberg und Weizsäcker hätten eine explosiv ablaufende Kettenreaktion nicht für möglich gehalten, da sie sich bei den Wirkungsquerschnitten geirrt hätten, vgl. von Ardenne: *Sechzig Jahre* (wie Anm. 112), S. 161. Demgegenüber erklärten beispielsweise Hertz und Laue, man habe versucht, Ardenne einzureden, dass die Sache nicht funktioniere, weil man befürchtete, dass Ardenne die Sache mehr vorantreibe, als den anderen lieb sei. Genaue Quellenbelege dafür gibt es aber nicht, vgl. Gerhard Barkleit: *Manfred von Ardenne*. Berlin 2006, S. 76 f.

<sup>115</sup> So hatte Max von Laue 1940 arrangiert, dass der bereits erwähnte Fritz Houtermans – gerade aus sowjetischer Gefangenschaft ausgewiesen – im Ardenneschen Institut arbeiten konnte.

<sup>116</sup> Karlsch: *Hitlers Bombe* (wie Anm. 83), S. 91. – von Ardenne: *Sechzig Jahre* (wie Anm. 112), S. 167.

<sup>117</sup> Hahn: *Mein Leben* (wie Anm. 5), S. 170.

<sup>118</sup> Vgl. dazu Kant: *Lichttherapie* (wie Anm. 72), S. 79.

<sup>119</sup> Schmidt-Rohr (wie Anm. 29), S. 73.

<sup>120</sup> Vgl. Burkhard Weiss: *The ‚Minerva‘ Project: the accelerator laboratory at the Kaiser Wilhelm Institute Max Planck Institute of Chemistry: continuity in fundamental research*. In: Monika Renneberg, Mark Walker (Hrsgg.): *Science, technology and national socialism*. Cambridge/Mass. 1994, S. 271–290.



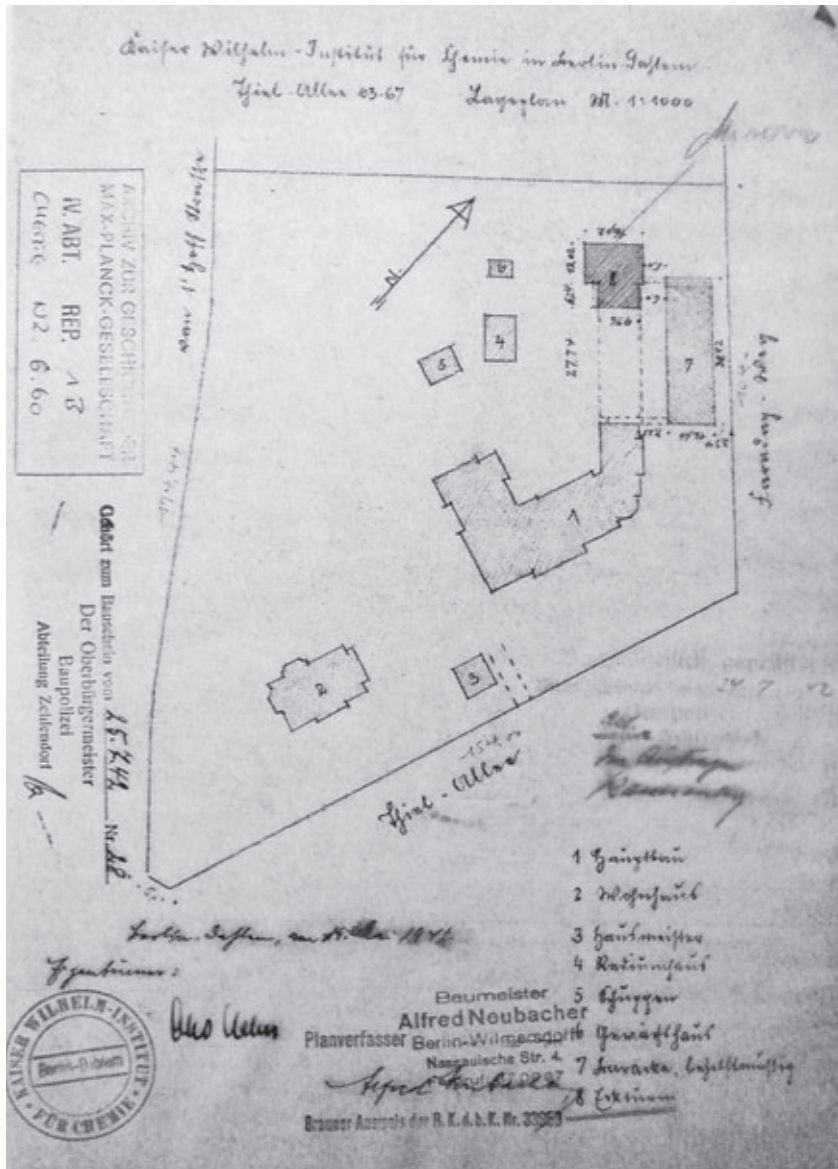


Abb. 3-8: Lageskizze (Mai 1942) des KWI für Chemie mit dem geplanten Minervaturm (8) und der Baracke für Josef Mattauch (7).

0,2 MeV), die von ihrem Mitarbeiter Reddemann betreut worden war.<sup>121</sup> Immerhin hatte diese Anlage aber auch schon zwei Arbeitsräume des Erdgeschosses beansprucht. Die neuen Überlegungen setzen nunmehr einen hallenartigen Institutsanbau voraus.

1941 bewilligte die Deutsche Industriebank einen größeren Betrag für ein Beschleunigerlaboratorium am KWI für Chemie, der aber nur knapp die Hälfte des geplanten Finanzvolumens abdeckte. Erst mit dem Übergang des Uranprojektes Mitte 1942 aus der Verantwortung des HWA wieder in den zivilen Bereich kam die benötigte Summe zusammen, und das Projekt konnte in Angriff genommen werden. Es wurde als ‚Minerva‘-Projekt bezeichnet. Dafür wurden auf einem Gelände-Teil des KWI für Chemie, das nach den ursprünglichen Plänen, die sich schon zu Zeiten des Ersten Weltkrieges zerschlagen hatten, für eine Technische Abteilung vorgesehen war, ein massiver rechteckiger, etwa 15 m hoher Turmbau sowie zwischen Turm und Hauptgebäude ein barackenähnlicher Bau für einen Teil der Abteilung Mattauch errichtet. Zwei Beschleuniger, die in dem Turm untergebracht werden sollten, waren geplant – ein Van-de-Graaff-Bandgenerator für 3 bis 5 MeV und ein Kaskadengenerator für 1,2 MeV. Die verfügbaren Kapazitäten während des Krieges reichten aber nicht mehr für eine Fertigstellung. Die von C.H.F. Müller in Hamburg – einer auf Röntgentechnik spezialisierten Firma, die seit 1927 zum Philips-Konzern gehörte<sup>122</sup> – gefertigte Hochspannungsanlage wurde zwar ausgeliefert, aber nicht mehr montiert.<sup>123</sup>

Inzwischen war das KWI für Chemie im Februar und März 1944 durch Luftangriffe zum Teil erheblich beschädigt worden (vor allem der Südflügel sowie Teile des Daches).<sup>124</sup> Der Minerva-Turm hielt den Bomben zwar bis auf geringe Schäden stand, nicht so aber die zwischen Turm und Hauptgebäude errichtete Laborbaracke für Mattauchs Abteilung; dort wurde auch ein wertvoller Massenspektrograph zerstört. Die unzerstörten Teile sowie die weiteren Lieferungen aus Hamburg für den Kaskadengenerator<sup>125</sup> gingen dann nach Tailfingen (heute Ortsteil von Albstadt), dem Verlagerungsstandort des KWI für

<sup>121</sup> Burghard Weiss: Lise Meitners Maschine. Der erste Neutronengenerator am Berliner Kaiser-Wilhelm-Institut für Chemie. In: Kultur & Technik 16 (1992) 3, S. 23–27.

<sup>122</sup> Siemens hatte seinerzeit die Anlage für das KWI für Physik geliefert, war aber nun mit anderen Kriegsaufgaben überlastet, u.a. auch mit den Zyklotronen für Bothe in Heidelberg und Hoffmann in Leipzig.

<sup>123</sup> Burghard Weiss: Das Beschleunigerlaboratorium am KWI/MPI für Chemie – Kontinuität deutscher Großforschung. In: Christoph Meinel, Peter Voswinckel (Hrsgg.): Medizin, Naturwissenschaft, Technik und Nationalsozialismus – Kontinuitäten und Diskontinuitäten. Stuttgart 1994, S. 111–119, hier S. 115. – Die Hamburger Firma lieferte u.a. auch die Anlagen für die Reichspost in Miersdorf und für Fleischmann in Straßburg.

<sup>124</sup> Auch die kleine Hochspannungsanlage aus Meitners Zeiten ging dabei verloren.

<sup>125</sup> Sie waren teilweise im Laboratorium der Reichspost in Miersdorf bei Berlin zwischengelagert worden.



*Abb. 3-9: Minerva-Bau, dahinter das KWI für Chemie (gesehen vom KWI für physikalische Chemie und Elektrochemie), Frühjahr 1944.*

Chemie.<sup>126</sup> Doch konnte dort der Generator nicht aufgebaut werden. Erst am neuen Standort in Mainz wurde der Beschleuniger nach dem Kriege schrittweise montiert und 1949 unter Flammersfeld in Betrieb genommen (also rund zehn Jahre nach Planungsbeginn), jetzt für 1,4 MeV ausgelegt. Die französische Besatzungsmacht war etwas großzügiger in der Auslegung der alliierten Kontrollratsbeschlüsse, die eigentlich Kernforschung im Nachkriegsdeutschland nicht gestatteten; insbesondere Frédéric Joliot-Curie in seiner Eigenschaft als Hochkommissar für Atomenergie in Frankreich unterstützte die

<sup>126</sup> Vgl. dazu Volker Lässig: Den Teufel holt keiner. Otto Hahn und das Kaiser-Wilhelm-Institut für Chemie in Tailfingen. Albstadt 2010. – Das Institut war dort – getrennt in eine physikalische und zwei chemische Abteilungen (für Arbeiten mit stark und schwach aktiven Präparaten) – in Räumen dreier Textilfabriken untergebracht worden.

in der französischen Besatzungszone liegenden Kaiser-Wilhelm-Institute aktiv.<sup>127</sup> Der Aufbau des Van-de-Graaff-Generators dauerte einige Jahre länger und war erst 1960 abgeschlossen.<sup>128</sup> Mit diesem und weiteren Geräten wurde von Herbst 1949 bis 1980 kernphysikalische Forschung am MPI für Chemie betrieben.<sup>129</sup>

### 3.6 Kriegsende – Neuanfang

Mitte 1942 wurde das deutsche Uranprogramm aus einer militärischen wieder in eine – zumindest dem äußeren Anschein nach – zivile Unternehmung umgewandelt. Ende Februar 1942 hatte in Berlin am KWI für Physik eine dreitägige wissenschaftliche Konferenz über das Uranprojekt stattgefunden. Schaut man auf das Konferenzprogramm, so wird deutlich, dass das Uranprojekt im Wesentlichen aus drei Teilen bestand: Produktion von Uran und Schwerem Wasser, Uranisotopenabtrennung und Uranmaschine (d.h. Kernreaktor). Ohne weiter ins Detail zu gehen, kann man festhalten, dass mit Ausnahme der Isotopentrennung alle anderen Forschungsaufgaben relativ gute Fortschritte zeigten. Am letzten Tag dieser Konferenz, am 26. Februar, fand eine eher populärwissenschaftlich gehaltene Tagung statt, veranstaltet vom HWA und dem Reichsforschungsrat. Einem begrenzten Zuhörerkreis aus Armee und Politik sollten die Möglichkeiten der Kernenergie verdeutlicht werden. Zugleich musste diese Veranstaltung mit ihrem ausgewählten Hörerkreis allen beteiligten Wissenschaftlern noch einmal den militärischen Aspekt ihrer Forschungen klar vor Augen führen, d.h. ihnen konnte und musste bewusst sein, dass der Hauptzweck dieses militärischen Programms, in das sie involviert waren, eine Atom-

<sup>127</sup> Vgl. u.a. Otto Hahn: Das Kaiser-Wilhelm-Institut für Chemie. Wandlungen einer Forschungsstätte. In: Jahrbuch der Max-Planck-Gesellschaft 1951, S. 175–198, hier S. 192. – Dieter Hoffmann, Ulrich Schmidt-Rohr: Wolfgang Gentner – Ein Physiker als Naturalist. In: Dies. (Hrsgg.): Wolfgang Gentner. Festschrift zum 100. Geburtstag. Heidelberg 2006, S. 1–60, hier S. 24.

<sup>128</sup> Der Druckbehälter für den Van-de-Graaff-Generator hatte in Berlin überdauert und konnte im Herbst 1946 demontiert und nach Mainz überführt werden. Dazu bedurfte es spezieller Verhandlungen zwischen der französischen Besatzungsmacht – in deren Einflussbereich Tailfingen und Mainz lagen – und der amerikanischen, unter deren Kontrolle das Institut in Dahlem stand; andererseits musste der Transport durch die sowjetische Besatzungszone erfolgen, was unter Benutzung eines französischen Truppentransportzuges realisiert wurde, vgl. Weiss: The ‚Minerva‘ Project (wie Anm. 120), S. 286.

<sup>129</sup> Vgl. u.a. Ulrich Schmidt-Rohr: Die kernphysikalischen Laboratorien in Mainz. In: Ders.: Die Deutschen Kernphysikalischen Laboratorien II – Nach Gründung des Atomministeriums. Heidelberg 2005, S. 105–115.

bombe war – egal, wie diese im Detail aussehen sollte. Sicherlich gab es verschiedene Gründe, weshalb sich einige der Beteiligten in diesem Projekt mehr engagierten als andere, aber letztlich ist doch Karl Wirtz zuzustimmen, der später deutlich formulierte: „Es ist wichtig, festzustellen, [...] daß auch deutsche Wissenschaftler von Anfang an keinen Zweifel darüber ließen, daß eine Atombombe das schließliche Ergebnis einer solchen Entwicklung sein könnte.“<sup>130</sup>

Als erster sprach auf der Tagung Erich Schumann als Leiter des HWA über „Kernphysik als Waffe“; Hahn hielt einen Vortrag über „Die Spaltung des Urankernes“. Die Veranstaltung war natürlich als geheim eingestuft, und für mehrere Vorträge war das sicher auch berechtigt. Der Präsident der Deutschen Forschungsgemeinschaft und Staatssekretär im Reichserziehungsministerium Rudolf Mentzel (1900–1987) bat Hahn im April 1942 um Zusendung des Vortragsmanuskriptes. Dieser schickte ihm sein Manuskript mit der Bemerkung: „Da in dem Vortrag nur in der Öffentlichkeit bekannte Dinge erwähnt wurden, schicke ich das Schreiben offen.“<sup>131</sup> Das stützt in gewissem Rahmen – wenn auch mit Vorbehalt<sup>132</sup> – Hahns Nachkriegsaussage, dass die Ergebnisse immer publiziert wurden. Sicher sahen die Wissenschaftler dieses Treffen im Februar 1942 durchaus auch als Möglichkeit, finanzielle und materielle Unterstützung für die Forschungen von der Industrie wie auch von der Armee zu bekommen.

Tatsächlich war dieser Vortragsnachmittag im Februar 1942 in einer eher erstaunlichen Weise erfolgreich: Es wurde deutlich, dass sowohl eine energieproduzierende Maschine möglich wäre wie auch eine Atombombe, aber weder in militärischer noch in irgendeiner anderen Hinsicht würde Kernenergie innerhalb eines Jahres oder einem vergleichbaren Zeitraum zur Verfügung stehen können. Unter Berücksichtigung der militärischen wie ökonomischen Situation Deutschlands zu diesem Zeitpunkt kamen die führenden Militärs, die von dem Uranprojekt Kenntnis hatten, zu der Auffassung, dass während des laufenden Krieges eine Atombombe für Deutschland nicht mehr erreichbar sei und stoppten ihre Beteiligung. Indessen wurde aber auch klar, dass Kernenergie in militärischer wie nichtmilitärischer Sicht eine Option für die Zukunft sei, und deshalb wurden andere finanzielle Quellen für das Projekt erschlossen (einschließlich eines entsprechenden Betrages auch weiterhin von der Wehrmacht). Die definitive Entscheidung über die Zukunft des Uranprojektes fiel nach einer Konferenz Anfang Juni 1942, an der der neue Minister für Bewaffnung und Munition Albert Speer (1905–1981) teilnahm.<sup>133</sup> Das

<sup>130</sup> Karl Wirtz: Im Umkreis der Physik. Kernforschungszentrum Karlsruhe 1988, S. 38 f.

<sup>131</sup> Hahn an Mentzel am 30. 4. 1942 (MPG-Archiv, Abt. III, Rep. 14, Nr. 6394, Bl.1).

<sup>132</sup> Es wurde bereits erwähnt, dass die meisten Ergebnisse zuerst in Geheimberichten festgehalten wurden.

<sup>133</sup> Vgl. Karlsch: Hitlers Bombe (wie Anm. 83), S. 87–91.

Projekt bekam nun einen zivilen Charakter und kam erneut unter die Administration des Reichsforschungsrates, der aber bald darauf aus der Verantwortung des Reichserziehungsministeriums genommen und Hermann Göring (1893–1946) und damit indirekt der Luftwaffe zugeordnet wurde. Die Arbeiten zur Uranmaschine liefen unvermindert weiter, allerdings nun kaum mehr mit einem offiziellen Bezug zu militärischen Fragestellungen. Doch die beteiligten Wissenschaftler blieben weiterhin ungestört, und das KWI für Chemie bekam seine Gelder für die Minerva-Anlage.<sup>134</sup>

Während die Experimentserie zur Uranmaschine am KWI für Physik in Berlin bis fast zum Jahresende 1944 weitergeführt wurde,<sup>135</sup> wurde in einem Felsenkeller in Haigerloch bei Hechingen, dem Verlagerungsort des Instituts, das nächste Experiment vorbereitet, das – da es von der Berliner Gruppe betrieben wurde – als B-VIII bezeichnet wurde. Erstmals benutzte nun auch Heisenbergs Gruppe eine Würfel-Gitter-Anordnung, wie sie von Diebner vorgeschlagen und bei seinen Experimenten in Gottow verwendet worden war: Ein Zylinder wurde mit Schwerem Wasser gefüllt, in das die metallischen Uranwürfel hineingehängt wurden; alles ummantelt mit Kohlenstoff.<sup>136</sup> Das B-VIII-Experiment lief noch im Februar 1945 an und kam einer selbsterhaltenden Kettenreaktion sehr nahe. Wenig später kam das deutsche Uranprogramm zu einem jähen Ende. Die Alliierten besetzten Deutschland, und Mitte April nahm die amerikanische ALSOS-Mission zehn deutsche Forscher des Uranprojektes fest, darunter Hahn, Heisenberg und von Weizsäcker sowie Beteiligte aus den Gruppen um Diebner und Harteck.<sup>137</sup> Laue war eigentlich eher zufällig als stellvertretender Direktor des KWI für Physik dabei, denn er hatte mit dem Projekt nichts zu tun (möglicherweise hatte man ihn aber weitsichtig auch aus einem anderen Grunde einbezogen, wie wir gleich sehen werden). Dass auch Hahn wohl eher irrtümlich interniert worden sei, wie er meinte,<sup>138</sup> passt dann aber doch besser zur nachträglichen Legendenbildung als zu den historischen Tatsachen.<sup>139</sup> Nach einigen Zwi-

<sup>134</sup> Wichtige Finanzierer waren jetzt u.a. das Reichsluftfahrtministerium und der Reichsforschungsrat, ebenso das Ministerium Speer. – Auch andere Vorhaben profitierten von dieser Entscheidung, wie beispielsweise Bothes Zyklotronbau in Heidelberg.

<sup>135</sup> Die Versuche in Leipzig mussten nach einem Laborunfall im Juni 1942 abgebrochen werden.

<sup>136</sup> Walther Bothe, Siegfried Flügge (Hrsgg.): Kernphysik und kosmische Strahlen. Weinheim 1948, S. 159 (= FIAT-Berichte, Vol. 14/2).

<sup>137</sup> Vgl. Hoffmann: Operation Epsilon (wie Anm. 87).

<sup>138</sup> Hahn: Mein Leben (wie Anm. 5), S. 191. – Walther Gerlach: Otto Hahn – Ein Forscherleben unserer Zeit. Stuttgart 1984, S. 116.

<sup>139</sup> Verständlich höchstens, wenn man Hahns naivem Glauben, dass man Grundlagen- und angewandte Forschung strikt trennen könne und dass die eigentliche Arbeit für den Reaktor angewandte bzw. technologische Forschung gewesen sei, folgt.



schenstationen waren die Gefangenen ab Anfang Juni 1945 auf dem englischen Landsitz Farm Hall in der Nähe von Cambridge interniert. Ihre Gefangenschaft wurde zunächst geheim gehalten. Man wollte herausfinden, wie weit das deutsche Uranprojekt gediehen war und ob die Deutschen eventuell Kenntnisse hatten, die für das amerikanisch-britische Manhattan-Projekt noch von Nutzen sein konnten. Aber eigentlich wussten die Alliierten spätestens seit März 1945, dass die Deutschen keinen Erfolg gehabt und nicht einmal einen Kernreaktor zum Laufen gebracht hatten. Ein weiterer Hintergrund war herauszufinden, inwieweit die deutschen Wissenschaftler mit dem NS-Staat zusammengearbeitet hatten.

Als die internierten Wissenschaftler am 6. August 1945 darüber informiert wurden, dass die Amerikaner eine Atombombe gebaut und über der japanischen Stadt Hiroshima abgeworfen hatten, verfassten sie zwei Tage später ein Memorandum über ihre eigenen Arbeiten. Darin wird in einer Anmerkung auch festgehalten: „Zur Frage der Atombombe sei noch festgestellt, daß den Unterzeichneten keine ernstzunehmenden Untersuchungen etwa anderer Gruppen in Deutschland über das Uranproblem bekannt geworden sind.“<sup>140</sup>

Nicht zuletzt wird aus den Farm Hall-Protokollen endgültig deutlich, dass der nach dem Kriege verbreitete Mythos, die deutschen Wissenschaftler hätten während des Krieges gar keine Atombombe bauen wollen und seien deshalb moralisch sauber geblieben, hier geboren wurde, als die deutschen Wissenschaftler von dem Einsatz der amerikanischen Bomben über Japan erfuhren. Dabei muss man jedoch fairer Weise zugestehen, dass der Drang, eine Bombe bauen zu wollen, bei den einzelnen deutschen Wissenschaftlern durchaus unterschiedlich ausgeprägt gewesen war und dass sie im Nachhinein zum Teil ihrem eigenen Mythos erlagen. Tatsächlich sprechen viele Fakten dafür, dass Heisenberg und Weizsäcker – und insbesondere Hahn – zu jenen Wissenschaftlern gehörten, die an einem Bombenprojekt wenig Interesse hatten. Auch das hatte wieder verschiedene Ursachen – bei Weizsäcker und Heisenberg war es auch Desinteresse an technischen Lösungen; Gerlach, Harteck und teilweise auch Heisenberg wollten aber durchaus einen Erfolg der Uranmaschine. Zumindest Otto Hahn hatte von Anfang an gewisse Schuldgefühle, als er erkannte, wofür seine Entdeckung der Atomkernspaltung missbraucht werden konnte. Bereits 1939 konnte er sich – wie erwähnt – deshalb nur schwer entschließen, am deutschen Uranprojekt mitzuwirken und tröstete sich nicht zuletzt mit der Aussicht, damit einigen jungen Wissenschaftlern den unmittelbaren Fronteinsatz zu ersparen, sowie mit der Auffassung, dass seine weiteren rein chemischen Arbeiten über die Spaltprodukte nicht direkt mit der (möglichen militärischen) Nutzung der Kernspaltungs-

<sup>140</sup> Hoffmann: Operation Epsilon (wie Anm. 87), S. 155–177, hier S. 177.



energie zusammenhängen würden.<sup>141</sup> Die Farm Hall-Protokolle halten fest, dass Hahn bei der Mitteilung über den Bombenabwurf schwer erschüttert war<sup>142</sup> und dass er in den anschließenden Diskussionen mit den Kollegen mehrfach aufrichtig betonte, dass er froh sei, dass die Deutschen nicht erfolgreich gewesen seien.<sup>143</sup>

Laue äußerte sich über die Diskussionen nach dem 6. August in Farm Hall im April 1959 in einem Brief an Paul Rosbaud: „Allmählich entwickelte sich dann auch, in Tisch-Gesprächen, die Lesart, die deutschen Kernphysiker hatten die Atombombe gar nicht haben wollen, sei es, weil sie es während der zu erwartenden Kriegsdauer für unmöglich hielten, sei es, weil sie überhaupt nicht wollten. Führend war bei diesen Diskussionen war [sic] Weizsäcker. Ethische Gesichtspunkte habe ich dabei nicht gehört. Heisenberg saß zumeist stumm dabei.“<sup>144</sup>

Ein anderes Ergebnis von Farm Hall findet meist weniger Beachtung: Zumindest ab Herbst 1945, nachdem die Alliierten bestätigt gefunden hatten, dass die Deutschen für die eigene Atomforschung nicht mehr weiter nützlich sein könnten, begannen sie, wissenschaftspolitische Weichenstellungen mit den Wissenschaftlern zu diskutieren, und es ist nicht übertrieben zu sagen, dass der Nachkriegsaufbau der (bundes-)deutschen Wissenschaft in Farm Hall vorbereitet wurde.<sup>145</sup> Hier war auch Laue von Bedeutung, der ansonsten quasi als ‚Unbeteiligter‘ eher zufällig mit inhaftiert worden war. Und als den Alliierten bekannt wurde, dass die verbliebenen Wissenschaftler in den Kaiser-Wilhelm-Instituten in Deutschland beabsichtigten, Hahn zum neuen Präsidenten der KWG zu machen, fand das ihre Unterstützung, und Hahn wurde durchaus in dieser Richtung ‚aufgebaut‘. Befördert wurden diese Bestrebungen noch durch die Mitte November 1945 bekanntgegebene Verleihung des Nobelpreises für Chemie an Otto Hahn. Die in Farm

<sup>141</sup> Seine Gegnerschaft gegen den Nationalsozialismus war ein weiterer Grund, bei der Mitwirkung am Uranprojekt zurückhaltend zu sein. Andererseits hatte Hahn aber auch immer Befürchtungen, wegen dieser durchaus bekannten Gegnerschaft vom Projekt ausgeschlossen zu werden, was für das Weiterbestehen des KWI für Chemie durchaus problematisch hätte werden können.

<sup>142</sup> Hoffmann: Operation Epsilon (wie Anm. 87), S. 146.

<sup>143</sup> Ebda., S. 157: „Ich danke Gott auf den Knien, daß wir keine Uranbombe gebaut haben.“

<sup>144</sup> Zitiert nach Jeremy Bernstein: Hitler's Uranium Club. The Secret Recordings at Farm Hall. Woodbury 1996, S. 385–389. – Laue wies in diesem Brief Rosbaud darauf hin, dass er das nicht für die Öffentlichkeit schreibe, sondern „[...] mit der Bitte, diese Äußerungen bis zu gegebener Zeit aufzubewahren. Zu meinen Lebzeiten dürfen sie jedenfalls nicht weiteren Kreisen zugänglich gemacht werden“.

<sup>145</sup> Vgl. u.a. Otto Gerhard Oexle: Wie in Göttingen die Max-Planck-Gesellschaft entstand. In: Jahrbuch der Max-Planck-Gesellschaft 1994, S. 43–60. – Cathryn Carson: Heisenberg in the atomic age. Science and the public sphere. Cambridge 2010 (= Publications of the German Historical Institute).

Hall getroffenen wissenschaftspolitischen Weichenstellungen zeigten sich sehr bald u.a. in der zunächst weiterbetriebenen Kaiser-Wilhelm-Gesellschaft und dann insbesondere in der 1946 bzw. 1948 als Nachfolgeorganisation gegründeten Max-Planck-Gesellschaft. Nicht nur war Hahn zunächst zum Präsidenten der KWG und dann der MPG gewählt worden, sondern von Laue, Heisenberg und Gerlach waren ab 1949/51 auch Senatoren der MPG.

Doch auf die Nachkriegszeit kann in diesem Beitrag nicht mehr eingegangen werden. Während Hahn nach der Rückkehr aus Farm Hall in Göttingen in der britischen Zone saß, war das Institut nach wie vor in Tailfingen in der französischen Zone angesiedelt und versuchte unter den schwierigen Nachkriegsbedingungen zur Arbeitsnormalität zurückzukehren.<sup>146</sup> Als KWG-/MPG-Präsident konnte Hahn nicht mehr – noch dazu wegen der Standorte in unterschiedlichen Zonen – als Institutsdirektor fungieren und trat zum 1. Oktober 1946 von diesem Posten zurück. Die Institutsleitung übernahm Mattauch, der seit November 1943 stellvertretender Direktor war und im Juli 1947 zum Direktor ernannt wurde;<sup>147</sup> Straßmann als nunmehriger Leiter der radiochemischen Abteilung bereitete den Umzug des Instituts nach Mainz (ebenfalls französische Zone) vor. Erst nach der Neueröffnung des Instituts in Mainz im Herbst 1949 konnte es auch der inzwischen gegründeten MPG – nun als Max-Planck-Institut für Chemie – beitreten.

Noch ein Wort zum Nobelpreis für Otto Hahn. Hahn erhielt im Herbst 1945 den Chemie-Nobelpreis für 1944 zugesprochen „für seine Entdeckung der Spaltung schwerer Kerne“; überreicht wurde er ihm zur Nobelfeier im Dezember 1946, da er 1945 noch interniert war. Straßmann einerseits sowie Meitner und Frisch andererseits gingen leer aus. Aber auch Fermi, der 1938 den Nobelpreis für die Forschungen bekommen hatte, die dieser Entdeckung gewissermaßen vorausgingen, war ja eigentlich „nur“ der Leiter einer Gruppe gewesen – eines der berühmt-berüchtigten Probleme der Nobelpreis-Zuerkennungen.<sup>148</sup> Außer Frage steht dabei, dass auch Meitner den Nobelpreis verdient hätte – bereits in den 1920er und 1930er Jahren war sie mehrfach – z.T. gemeinsam mit Hahn, z.T. allein –

<sup>146</sup> Volker Lässig: Das Chemieinstitut auf der Alb. In: Nachrichten aus der Chemie 60 (2012) 7–8, S. 734–737.

<sup>147</sup> In diesem Falle nicht per Senatsbeschluss, da ja die Institute in der französischen Zone nicht direkt von der KWG-Generalverwaltung verwaltet werden konnten, sondern durch das Staatssekretariat für das französisch besetzte Gebiet Württembergs und Hohenzollerns (MPG-Archiv, Abt. II, Rep. 1A, PA Mattauch).

<sup>148</sup> Vgl. hierzu u.a. Horst Kant: „... der Menschheit den größten Nutzen geleistet ...“!? 100 Jahre Nobelpreis, eine kritische Würdigung aus historischer Perspektive. In: Physikalische Blätter 57 (2001) 11, S. 75–79, insbesondere S. 77 f.



*Abb. 3-10: Fritz Straßmann, Lise Meitner und Otto Hahn bei der Einweihung des Neubaus des MPI für Chemie im Juli 1956 in Mainz.*

vorgeschlagen worden.<sup>149</sup> Hahn hatte sie, nunmehr als Nobelpreisträger vorschlagsberechtigt, 1947 für den Nobelpreis für Physik vorgeschlagen,<sup>150</sup> ebenso in den Jahren 1946 bis 1948 Niels Bohr, Louis de Broglie (1892–1987), Arthur Holly Compton (1892–1962), James Franck, Max von Laue, Max Planck und andere. In denselben

<sup>149</sup> Vgl. Elisabeth Crawford: *The Nobel Population 1901–1950*. Uppsala 2002, S. 174, 178, 182, 324, 328 und 332.

<sup>150</sup> Vgl. Lemmerich: *Lise Meitner* (wie Anm. 48), S. 125 (Katalog Nr. 199 – der Brief Hahns an das Nobelkomitee wurde in der Ausstellung gezeigt). – Hahn schrieb später an Born: „Was den Nobelpreis anbelangt, so sind Sie offenbar im Einzelnen nicht so unterrichtet, wie es dabei zugeht. [...] Was Lise Meitner anbelangt, so habe ich sie unmittelbar, nachdem ich den Preis erhalten hatte, vorgeschlagen. Ich habe dann später etwas mehr über die Verleihung meines Preises gehört, was ja eigentlich immer nur geheimgehalten werden soll. [...] Deshalb blieb es bei dem Preis für mich allein. Offiziell darf ich dies natürlich gar nicht wissen. Ich habe [...] nachdem ich das gehört habe, was ich Ihnen gerade vertraulich mitgeteilt habe, Lise Meitner nicht mehr vorschlagen können. Wenn Sie Lise Meitner nennen wollen, dann wird mich das sehr freuen.“ (MPG-Archiv, Abt. III, Rep. 14, Nr. 386, Brief vom 14. 1. 1954).

Jahren wurde sie u.a. von Kasimir Fajans (1887–1975) und Bohr auch für den Chemiepreis genannt. Ein ‚offizieller‘ Hintergrund dieser Nichtzuerkennung liegt in Formalien der Nobelpreisvergabe begründet, inoffiziell spielten aber einige Querelen und Interessen in der damaligen schwedischen Wissenschaftspolitik eine Rolle, in die wohl auch der Sekretär der Schwedischen Akademie der Wissenschaften, Arne Westgren (1889–1975) sowie Manne Siegbahn (1886–1978) involviert waren: Letzterer hatte Lise Meitner einerseits Zuflucht an seinem Stockholmer Institut gewährt, präferierte aber andererseits Forschungsrichtungen, die nicht mit denen Meitners in Übereinstimmung waren.<sup>151</sup> Nicht berechtigt ist m.E. der Vorwurf, dass Hahn Meitner aus der Entdeckungsgeschichte gedrängt habe, denn nicht nur hat er sie in seinem Nobelvortrag genannt, sondern auch in dem Interview anlässlich der Nobelpreisverleihung; lediglich hatten die großen Tageszeitungen dies nicht zur Kenntnis gegeben, woraufhin Lise Meitner verständlicherweise Anstoß an dieser Nichtnennung nahm.<sup>152</sup> Zudem wies Hahn sowohl in den Folgeveröffentlichungen 1939 auf ihre theoretische Arbeit mit Frisch hin als auch 1942 in einem Aufsatz in den Naturwissenschaften und im Jahrbuch der KWG.<sup>153</sup>

1966 erhielten dann Hahn, Meitner und Straßmann gemeinsam den inzwischen von der US-Atomenergiekommission gestifteten Enrico-Fermi-Preis für ihre Entdeckung und Deutung der Kernspaltung zuerkannt, und damit schließt sich gewissermaßen der Kreis der hier betrachteten Ereignisse. Bewusst war für die Überreichung Wien auserwählt worden, der Sitz der Internationalen Atomenergiewissenschaften (IAEA), wo der Vorsitzende der US-Atomenergiekommission, der Nobelpreisträger Glenn T. Seaborg (1912–1999) im Auftrage des US-Präsidenten den Preis überreichen sollte. Doch konnte Lise Meitner aus Gesundheitsgründen nicht mehr anreisen und erhielt die Auszeichnung einige Tage später in Cambridge überreicht.

<sup>151</sup> Zu diesen Hintergründen vgl. detaillierter Elisabeth Crawford, Ruth Sime, Mark Walker: Lise Meitner und der Nobelpreis. In: *Physik in unserer Zeit* 29 (1998) 6, S. 234–241.

<sup>152</sup> Wie inzwischen bekannt ist, hatte in schwedischen Regionalzeitungen die Betonung der gemeinsamen Arbeit durchaus Erwähnung gefunden, vgl. u.a.: Jost Lemmerich: Lise Meitner – Elisabeth Schiemann, kommentierter Briefwechsel. Wien 2010, S. 339.

<sup>153</sup> Otto Hahn: Die Transmutation der chemischen Elemente, ein Kapitel physikalischer und chemischer Zusammenarbeit. In: *Jahrbuch der Kaiser-Wilhelm-Gesellschaft* 1942, S. 274–295, desgl. in: *Die Naturwissenschaften* 30 (1942) 17/18, S. 245–250.

## 4 Massenspektroskopie als methodische Klammer des Instituts 1939–1978\*

Carsten Reinhardt

### 4.1 Einleitung

„Ich kenne kaum ein ähnliches Beispiel experimenteller Forschung in unserer Wissenschaft, in dem ein einziger Mann mit Hilfe eines von ihm ersonnenen, mächtigen und wirksamen Instrumentes die Erschließung eines ganzen Gebietes praktisch allein durch 2 Jahrzehnte bearbeitet und souverän beherrscht hat, wie Aston das der Isotopenforschung.“<sup>1</sup> Als Josef Mattauch (1895–1976) dies in einem Vortrag im Juni 1937 aussprach, wusste er nicht, dass die von ihm angesprochene Methode, die Massenspektroskopie,<sup>2</sup> sein späteres Institut auf eine ähnliche Weise prägen sollte, wie Francis William Aston (1877–1945) das Arbeitsgebiet als Ganzes dominiert hatte. Im Februar 1939 war Mattauch als Nachfolger Lise Meitners an das Kaiser-Wilhelm-Institut (KWI) für Chemie nach Berlin gekommen, wurde dort 1941 Wissenschaftliches Mitglied und 1943 stellvertretender Direktor. Seinen Eintritt verdankte Mattauch neben seinen persönlichen Fähigkeiten und Eigenschaften vor allem der Tatsache, dass Otto Hahn das von Mattauch entwickelte und gebaute Instrument an das KWI für Chemie holen wollte, wie Mattauch Hahn zu dessen 80. Geburtstag schrieb: „Sie eröffneten mir nämlich mit der liebenswerten Offenheit, deren nur Sie fähig sind, daß Sie gar nicht mich, sondern nur meinen ‚Apparat‘ nach Dahlem haben wollten; ich selbst sei zwar eine notwendige Zugabe, ob

\* Ich danke Susanne Benner, Ralf Hahn, Klaus Peter Jochum, Horst Kant, Herbert Palme, Thomas Steinhäuser und Peter Warneck für viele hilfreiche Informationen, Hinweise und Kritiken.

<sup>1</sup> Josef Mattauch: Massenspektrographie und Kernbaufragen. In: Die Naturwissenschaften 46 (1937), S. 738–747, hier S. 739.

<sup>2</sup> In diesem Aufsatz verwende ich den Begriff Massenspektroskopie als umfassende Bezeichnung für alle Methoden, die Ionen aufgrund ihrer Masse mit Hilfe elektrischer oder magnetischer Felder trennen. Massenspektrographie steht für Instrumente, die eine fotografische Detektion der Ionen vornehmen; Massenspektrometrie für Instrumente, die dies auf elektronischem Wege tun. Damit folge ich der Nomenklatur des Untersuchungszeitraumes. Heute dient meist Massenspektrometrie als Oberbegriff.

sie aber auch tragbar sei, müsse sich noch herausstellen. [...] Oft habe ich mich seither gefragt, ob Sie damals wirklich alle Folgen Ihres Schrittes übersehen haben.“<sup>3</sup>

In der Tat war dies eine folgenreiche Entscheidung Hahns, sollte die auf seine Veranlassung an das KWI für Chemie gebrachte Methode doch eine wesentliche Rolle für die Geschichte des KWI und des Max-Planck-Instituts (MPI) für Chemie spielen. Die Massenspektroskopie war bis zur Schließung der letzten selbstständigen Abteilung für dieses Gebiet am MPI im Jahr 1978 mehr als nur eine von vielen Methoden zur Lösung wissenschaftlicher Probleme. Sie schlug eine Brücke zwischen Kernchemie und Kernphysik, den wichtigsten damaligen Arbeitsgebieten des Instituts. Zeitweise war die Massenspektroskopie sogar die bedeutendste experimentelle Methode, die am Institut betrieben wurde. Dies vor allem, da die kernphysikalischen Anlagen des Instituts in den 1950er Jahren nur schleppend in Betrieb kamen, was auch die kernchemischen Arbeiten beeinträchtigte.

Wie kann eine einzige wissenschaftliche Methode über Jahrzehnte eines der wichtigsten Forschungsinstitute der Naturwissenschaften in Deutschland prägen? Welche Folgen hatte dies für die Institutsgeschichte? Der vorliegende Beitrag versucht, diese Fragen zu beantworten, wobei von der These ausgegangen wird, dass die Massenspektroskopie wie nur wenige andere Experimentaltechniken in der Lage war, sowohl zur kernchemischen als auch zur kernphysikalischen Richtung des Instituts Verbindungen herzustellen. In diesem Sinne stellte die Massenspektroskopie eine Klammer in der Institutsgeschichte dar. Dies liegt an der Möglichkeit, mit ihrer Hilfe zuverlässige und exakte Messungen der Isotopenhäufigkeiten und der Atommassen vorzunehmen. Mit relativ geringem apparativem Aufwand lassen sich so zahlreiche kernchemische Fragen und Probleme beantworten. Dies setzte sich später auch für die Geochemie und die Kosmochemie fort. Verwendet man aufwändigere Apparaturen, ist die Massenspektroskopie aber auch für die Kernphysik von großer Bedeutung. Lassen sich doch mit ihrer Hilfe Kernbindungsenergien messen und so Aussagen über die Strukturen der Atomkerne und den Verlauf von Kernreaktionen gewinnen. So verstanden, hat die Massenspektroskopie die übliche Aufgabe einer wissenschaftlichen Methode erfüllt, nämlich zu den Erkenntnissen des jeweiligen Arbeitsgebietes beizutragen. In Berlin und Mainz erlangte die Massenspektroskopie aber ein Übergewicht, metaphorisch gesprochen wurde aus der Verklammerung eine Umklammerung. Dies hatte zweierlei Gründe: Zum einen erreichte die Massenspektroskopie, wie viele andere physikalische Methoden in der Mitte des 20. Jahrhunderts, eine hohe inhärente Selbstständigkeit, indem sie selbst einen Teil ihrer Forschungsfragen

<sup>3</sup> Mattauch an Hahn, undatiert, überschrieben „Otto Hahn zum 80. Geburtstag“, [1959] (Archiv der Max-Planck-Gesellschaft (künftig MPG-Archiv), Abt. III, Rep. 28 Nachlass Josef Mattauch, Nr. 28-23).

generierte. Darüber hinaus trug sie zu so vielen verschiedenen wissenschaftlichen Feldern und Disziplinen bei, dass sie an Autonomie gewann. In Mainz kamen institutionelle Gründe hinzu. Mattauch wurde 1947 Nachfolger Hahns als Direktor des KWI und des 1949 als MPI für Chemie in die Max-Planck-Gesellschaft (MPG) eingegliederten Instituts. Damit war ein Spezialist für Massenspektroskopie der bestimmende Wissenschaftler des Instituts geworden. Bestehende und neue Programme mussten sich in der Folge an den Bedürfnissen der Methode ausrichten, nicht umgekehrt. Dies trug mit zu den Problemen bei der Neuausrichtung des Instituts in den 1960er Jahren bei. Erst mit der Emeritierung Mattauchs 1965 war diese Dominanz gebrochen. Wichtig blieb die Massenspektroskopie aber auch über die Emeritierung von Mattauch hinaus, da sein Nachfolger Heinrich Hintenberger (1910–1990) es vermochte, die neuen Arbeitsfelder des Instituts, die Geo-, Kosmo- und Atmosphärenchemie mit der Massenspektroskopie zu verbinden.

## 4.2 Auftritt der Methode (1939–1944)

Warum holte Hahn, nachdem Lise Meitner 1938 das Institut gezwungenermaßen verlassen hatte, Josef Mattauch mit dessen ‚Apparat‘ als ihren Nachfolger? Zunächst liegt der Verdacht nahe, dies fände seinen Grund darin, dass Hahn und Straßmann im Dezember 1938 der chemische Nachweis der Kernspaltung gelungen war. Die Massenspektroskopie erwies sich bald als eine der wesentlichen Experimentalmethoden der deutschen und der US-amerikanischen Kernforschungsprogramme. Lassen sich mit ihrer Hilfe doch die Kernbindungsenergien messen und damit die bei der Kernspaltung freiwerdenden Energien berechnen. Die Methode war darüber hinaus potentiell für die Trennung der beiden wichtigen Isotope des Urans,  $^{235}\text{U}$  und  $^{238}\text{U}$ , geeignet, und sie wurde in den USA auch zur Produktionskontrolle bei der Isotopentrennung mittels anderer Methoden eingesetzt.<sup>4</sup> Aber als Hahn im Oktober 1938 Mattauch bat, nach Berlin zu kommen, konnte er dies alles gar nicht wissen. Selbst wenn die spätere Entdeckung noch Einfluss nahm, hätte Hahn kaum Zeit gehabt zu reagieren, denn Mattauch trat seinen Dienst bereits im Februar 1939 an.

Hahns Beweggründe lagen sicher auf einem anderen Gebiet. Er hatte Mattauch bereits 1936 gebeten, Messungen vorzunehmen, die eine radiochemische Fragestellung betrafen. Hahn und Straßmann wollten die Frage klären, welches der Isotope des Rubidiums

<sup>4</sup> Michael Grayson (Hrsg.): *Measuring Mass. From Positive Rays to Proteins*. Philadelphia 2002, S. 14–18.



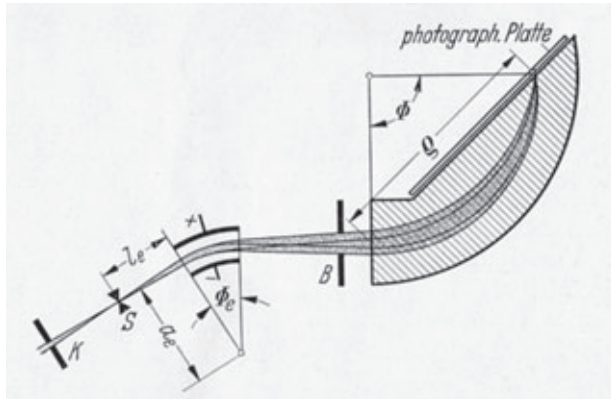
radioaktiv, also Verursacher von dessen  $\beta$ -Strahlung, war. Eine von Mattauch 1934 aufgestellte Regel ließ vermuten, dass es das  $^{87}\text{Rb}$  war, das sich mittels  $\beta$ -Zerfall in das benachbarte Strontiumisotop  $^{87}\text{Sr}$  umwandelte. Mattauchs Messungen an einem von Hahn, Straßmann und deren Mitarbeiter Ernst Walling (1900–?) bereitgestellten Präparat bestätigten diese Hypothese.<sup>5</sup> Später erwies sich diese Arbeit als Grundlage einer Methode der Altersbestimmung von Gesteinen, damals zeigte sie eindrucksvoll die Leistungsfähigkeit der Massenspektroskopie für das engere Interessengebiet Hahns, die Radiochemie. Hahn allerdings blieb zunächst skeptisch, wie Mattauch später schilderte: „Es schien Ihnen einfach zu ‚schön‘, um glaubwürdig zu erscheinen. [...] Konnten Ihre Mitarbeiter so rein gearbeitet haben [...]? Sie sparten zwar nicht mit Ihrer Bewunderung für die ‚scharfen Linien‘ der Massenspektrogramme [...]. Aber konnten nicht ‚Geister‘ ihr Unwesen treiben? [...] Nur wiederholte Aufnahmen überzeugten Sie endlich.“<sup>6</sup> Offensichtlich nachhaltig, denn nur zwei Jahre darauf machte Hahn – auf Anraten Meitners – Mattauch das Angebot, Meitners Nachfolger zu werden. Sein Wunsch, einen solchen Apparat an sein Berliner Institut zu holen, konnte auch kaum anders erfüllt werden, denn Mattauchs Instrument war einzigartig in Europa.

Die Massenspektroskopie war in den 1930er Jahren in eine neue Phase ihrer Entwicklung eingetreten. Ihr Prinzip besteht darin, positiv oder negativ geladene Ionen einer Proben-substanz zu beschleunigen und durch elektrische oder magnetische Felder so abzulenken, dass daraus auf die Masse der Atome geschlossen werden kann. Damit läßt sich nun zum Beispiel nachweisen, dass Elemente aus Isotopen bestehen – Atomvarianten, die zwar die gleiche Zahl von Protonen, aber unterschiedliche Mengen an Neutronen im Kern enthalten. Dadurch unterscheiden sie sich in ihrer Masse, aber nicht in ihrem chemischen Verhalten. Aston hatte den massenspektrometrischen Nachweis der Isotope, wie Mattauch im Eingangszitat bemerkte, in den 1920er Jahren sehr weit entwickelt. Wollte man aber Aussagen über den weitergehenden, inneren Aufbau der Atomkerne gewinnen, etwa, wie hoch die Energie der Bindung von Protonen und Neutronen im Kern war, musste die Auflösung der damals vorhandenen Apparate wesentlich verbessert werden. Einem Mitarbeiter Mattauchs, Richard Herzog, gelang es 1934 an der Universität Wien, die Konstruktion eines solchen hochauflösenden Massenspektrographen allgemein zu berechnen. Für die Konstruktion kombinierten Mattauch und Herzog ein elektrisches

<sup>5</sup> Otto Hahn, Fritz Straßmann, Ernst Walling: Herstellung wägbarer Mengen des Strontiumisotops 87 als Umwandlungsprodukt des Rubidiums aus einem kanadischen Glimmer. In: Die Naturwissenschaften 12 (1937), S. 189. – Josef Mattauch: Das Paar  $^{87}\text{Rb}$ – $^{87}\text{Sr}$  und die Isobarenregel. In: Die Naturwissenschaften 12 (1937), S. 189–191.

<sup>6</sup> Mattauch an Hahn (wie Anm. 3).

*Abb. 4-1: Schema eines Massenspektrographen nach Mattauch und Herzog. Man erkennt links die Ionenquelle („K“), in der Mitte den elektrischen und rechts den magnetischen Sektor des Instruments. Rechts oben die Aufzeichnung auf Fotoplatte.*



und ein magnetisches Feld, es handelte sich um eine sogenannte doppelte Fokussierung.<sup>7</sup> Auf der Basis dieses Prinzips wurden Mitte der 1930er Jahre in den USA unabhängig voneinander mehrere verschiedene Gerätetypen konstruiert, und auch Mattauch und Herzog konnten 1936 ein solches Instrument bauen.<sup>8</sup> Mit diesem Apparat wurden die Messungen an dem Präparat von Hahn, Straßmann und Walling durchgeführt. Der große Vorteil der ‚Mattauch-Herzog-Geometrie‘ eines Massenspektrographen war, dass mit ihrer Hilfe eine sehr hohe Auflösung (in dem Instrument von 1936 etwa 1 : 6.500) über einen großen Massenbereich hinweg erzielt werden konnte. Mit einer einzigen Messung wurde ein großer Teil des zu erwartenden Spektrums abgedeckt, was einen erheblichen Zeitgewinn ohne Verlust an Genauigkeit bedeutete. Es handelte sich bei diesem Spektrometer von Mattauch und Herzog also um einen doppelfokussierenden Massenspektrographen (Abb. 4-1). Die Aufzeichnung erfolgte auf Fotoplatten; andere Konstruktionen erlaubten auch die elektrometrische Aufzeichnung.

Mit der ‚Mattauch-Herzog-Geometrie‘ war nicht nur ein neuer Instrumententypus geschaffen worden. Vielmehr wurde auch deutlich, dass nur auf der Grundlage komplizierter theoretischer Berechnungen der sogenannten Ionenoptik Verbesserungen in der Auflösung zu erreichen waren. Mattauch verglich dies mit den Leistungen Abbes für die Optik im späten 19. Jahrhundert, indem er elektrische und magnetische Felder mit Lin-

<sup>7</sup> Josef Mattauch, Richard Herzog: Über einen neuen Massenspektrographen. In: Zeitschrift für Physik 89 (1934), S. 786–795.

<sup>8</sup> Heinz Ewald, Heinrich Hintenberger: Methoden und Anwendungen der Massenspektroskopie. Weinheim 1953, S. 15. – Josef Mattauch: A double focusing mass spectrometer and the masses of N15 and O16. In: Physical Review 50 (1936), S. 617–623.

sen und Prismen in Analogie setzte. Gleichzeitig war nur ein hochspezialisierter Instrumentenbauer überhaupt in der Lage, die Instrumente mit der nötigen Präzision herzustellen. Benötigt wurden darüber hinaus Hochleistungspumpen zur Erzeugung des Vakuums und tonnenschwere Magnete. Theoretische Physik und Maschinenbau mussten also beim Bau eines Massenspektrographen zusammenarbeiten, neben dem Labor wurde die Werkstatt ein wichtiger Teil des KWI und auch des MPI für Chemie. Dieser Stil sollte die Arbeit des Instituts über Jahrzehnte prägen.

Josef Mattauch besaß ein gutes Gespür für die Möglichkeiten neuer apparativer Verfahren.<sup>9</sup> Gemeinsam mit Hahn strebte er ganz allgemein den Ausbau der experimentellen kernphysikalischen Forschung am KWI für Chemie an. Dazu gehörte vor allem die Anschaffung eines leistungsfähigen Teilchenbeschleunigers. Nur mit dessen Hilfe konnten Kernchemie und Kernphysik gleichermaßen Fortschritte erzielen, da die Strahlung der vorhandenen radioaktiven Präparate zu schwach war, um neue, künstliche Isotope in ausreichender Menge zu erzeugen. Dies wiederum war die Voraussetzung für kernchemische Forschung, auch mittels der Massenspektroskopie. Ein Beschleuniger war zudem die Voraussetzung, um aus Kernreaktionen Daten über die Massen instabiler Isotope zu erhalten. Mattauchs Ziel war es also, das KWI für Chemie auch in physikalischer Hinsicht zu einem Zentrum der Kernforschung zu machen. Während des Krieges gelang es Mattauch allerdings nicht, einen Van-de-Graaff-Beschleuniger zu installieren, er sollte erst 1960 in Mainz aufgestellt werden (vgl. den Beitrag von Horst Kant in diesem Band).<sup>10</sup> Dadurch blieb die Kernphysik am Institut in experimenteller Hinsicht zunächst im wesentlichen auf die Massenspektroskopie eingeschränkt. Mattauch hatte tatsächlich den gewünschten ‚Apparat‘ aus Wien mitgebracht. Sein 1939 an das KWI gekommener Mitarbeiter Heinz Ewald (1914–1992) machte sich zwischen 1942 und 1944 daran, in Berlin einen neuen, verbesserten Massenspektrographen zu konstruieren.<sup>11</sup> Für diese

<sup>9</sup> Josef Mattauch: Erkenntnisgewinn in der Kernphysik durch Fortschritte der Apparaturen und Methoden. In: *Die Naturwissenschaften* 27 (1939), S. 185–195 und 201–205.

<sup>10</sup> Burghard Weiss: Das Beschleunigerlaboratorium am KWI/MPI für Chemie. Kontinuität deutscher Großforschung. In: Christoph Meinel, Peter Voswinkel (Hrsgg.): *Medizin, Naturwissenschaft, Technik und Nationalsozialismus. Kontinuitäten und Diskontinuitäten*. Stuttgart 1994, S. 111–119. – Ders.: *The ‚Minerva‘ Project. The accelerator laboratory at the Kaiser Wilhelm/Max Planck Institute of Chemistry: continuity in fundamental research*. In: Monika Renneberg, Mark Walker (Hrsgg.): *Scientists, Engineers, and National Socialism*. Cambridge 1994, S. 271–290.

<sup>11</sup> Vgl. Heinz Ewald: Eine Neukonstruktion des Mattauch-Herzog’schen doppelfokussierenden Massenspektrographen. Die Massen von  $^{13}\text{C}$  und  $^{15}\text{N}$ . In: *Zeitschrift für Naturforschung* 1 (1946), S. 131–136. – Bernd Pfeiffer: *Atomic Mass Evaluations. Contributions of the Kaiser-Wilhelm-/Max-Planck-Institut für Chemie*. 10. 2. 2010, Seminar für Kern- und Kosmochemie, unveröffentlichte Vortragspräsentation.

Instrumente wurde direkt neben dem Institutsgebäude in Berlin 1943 eine Baracke errichtet, die bei einem Luftangriff 1944 komplett zerstört wurde. Hahn, Mattauch und Ewald waren Mitglieder des deutschen Kernforschungsprojektes, des sogenannten Uranvereins (vgl. den Beitrag von Horst Kant in diesem Band). Mattauch verfasste 1940 einen der Geheimberichte des Projektes über die Neutronenvermehrung bei der Kernspaltung von Uran, eine der Vorbedingungen für jede Form des technischen oder militärischen Einsatzes.<sup>12</sup> Ewald machte 1942 den Vorschlag zur Isotopentrennung mittels einer Art Massenspektrometer. Die Trennung der Isotope  $^{235}\text{U}$  und  $^{238}\text{U}$  war eine Voraussetzung für den Bau einer Atombombe.<sup>13</sup>

Obwohl über die Arbeiten Mattauchs und seiner Mitarbeiter während des Krieges nur wenig bekannt ist, muss Mattauch eine besondere Rolle für das Institut gespielt haben. Dies geht nicht nur aus seiner Berufung zum Wissenschaftlichen Mitglied 1941 hervor, sondern wurde von Hahn gegenüber dem Präsidenten der Kaiser-Wilhelm-Gesellschaft (KWG), Albert Vögler (1877–1945), auch direkt zur Sprache gebracht, als er im Oktober 1943 Mattauchs Ernennung zum stellvertretenden Direktor anregte: „Neben der Massenspektrographie, in der er in Europa führend ist, hat er sich jetzt auch in die Probleme der allgemeinen Kernphysik und Kernchemie mit großem Erfolg eingearbeitet. Seiner Planung und seiner Energie verdanken wir es im wesentlichen, daß für das Institut jetzt ein Hochspannungsgenerator und ein Druckbandgenerator für künstliche Atomumwandlungsvorgänge aufgestellt werden. Da ich mich selbst als nicht mehr junger Chemiker mit den vielen Problemen, die mit den Atomumwandlungsprozessen verknüpft sind, im Einzelnen [nicht] auseinandersetzen kann, halte ich es für notwendig, daß Prof. Mattauch mir bei wichtigen Besprechungen und Entscheidungen, zu denen die Direktoren der Institute herangezogen werden, zur Seite stehen kann.“<sup>14</sup>

1943 arbeiteten Mattauch und Ewald eine Methode zur Bestimmung der relativen Isotopenhäufigkeiten in einem Element aus. Die Kenntnis der Isotopenverteilung war eine wichtige Prämisse für die Interpretation kernphysikalischer Versuche; gleichzeitig war sie die Grundlage für die Bestimmung der Atommassen mit rein physikalischen Verfahren.

<sup>12</sup> Josef Mattauch: Über die Anzahl der bei der Spaltung von  $^{235}\text{U}$  und  $^{238}\text{U}$  gebildeten Neutronen. Geheimbericht G-48 des deutschen Kernforschungsprogramms, 20. 12. 1940, Kopie in der Niels Bohr Library, Bethesda, USA.

<sup>13</sup> Siehe Heinz Ewald, Heinrich Hintenberger: Methoden und Anwendungen der Massenspektroskopie. Weinheim 1953, S. 164. – Heinz Ewald: Eine neue Methode zur magnetischen Isotopentrennung. Geheimbericht G-139 des deutschen Kernforschungsprogramms, 3. 5. 1942, Kopie in der Niels Bohr Library, Bethesda, USA.

<sup>14</sup> Hahn an Vögler, 26. 10. 1943 (MPG-Archiv, Abt. III, Rep. 14, Nachlass Otto Hahn, Nr. 2801).

Die beiden Physiker wählten als Versuchselement Hafnium, bei dem die Verteilung der Isotopen bisher nur durch Schätzungen bekannt war. Durch diese Arbeit war es ihnen gelungen, mit den sehr hoch auflösenden Massenspektrographen, bei denen die Detektion mittels Fotoplatte erfolgte, quantitative Ergebnisse zu erzielen, was vorher nur mit elektrometrischen Messverfahren möglich gewesen war. Ewald dehnte diese Arbeiten dann noch während des Krieges auf weitere Elemente aus.<sup>15</sup>

Bereits 1941 stellte Mattauch eine Tabellenübersicht in Buchform vor, in der die wichtigsten kernphysikalischen Daten erfasst und die durch eine von Siegfried Flügge (1912–1997), dem damaligen ‚Haustheoretiker‘ des Instituts, verfasste Einführung in die Kernphysik ergänzt wurde.<sup>16</sup> Seine Tätigkeit für diesen sogenannten Isotopenbericht, den er von Hahn übernahm, und in dem seit 1922 die wesentlichen Daten der Eigenschaften der Isotope auf der Basis der verfügbaren Literatur tabellarisch erfasst und graphisch aufgearbeitet wurden, war bald ein wesentlicher Teil seiner Arbeit. Die Isotopenberichte wurden jährlich aktualisiert und waren für Spezialisten unverzichtbare Hilfsmittel ihrer täglichen Arbeiten. So forderte Otto Hönigschmid (1878–1945), ein Experte für Atommassenbestimmungen, einmal gleich zwei Exemplare an, eines für zu Hause und eines für die Laborarbeit.<sup>17</sup> Literaturarbeiten dieser Art sollten Mattauchs Arbeitsleben bis zu seiner Emeritierung Mitte der 1960er Jahre prägen. Nach dem Krieg verfasste er zahlreiche solcher Berichte gemeinsam mit dem niederländischen Wissenschaftler Aaldert H. Wapstra (1923–2006).<sup>18</sup> Die Zusammenstellung dieser Daten über die Atommassen, die teilweise aus dem eigenen Labor, aber vor allem aus fremden Laboratorien stammten, erlaubten Schlussfolgerungen über den Aufbau der Atomkerne und die Kräfte, die die Kernbausteine zusammenhielten. Damit waren sie ein unverzichtbares Hilfsmittel der Kernphysik, vor allem im Hinblick auf Fragen nach der Stabilität der Atomkerne.

<sup>15</sup> Josef Mattauch, Heinz Ewald: Über eine neue Methode zur Messung relativer Häufigkeiten von Isotopen. Die Isotopenverteilung und das Atomgewicht von Hafnium. In: Zeitschrift für Physik 122 (1944), S. 314–356, hier S. 323. – Heinz Ewald: Die relativen Isotopenhäufigkeiten und die Atomgewichte von Kupfer und Ruthenium. In: Zeitschrift für Physik 122 (1944), S. 487–493. – Ders.: Photometrische Bestimmung seltener Isotope. Relative Isotopenhäufigkeiten und Atomgewicht von Nickel. In: Zeitschrift für Physik 122 (1944), S. 686–696.

<sup>16</sup> Josef Mattauch, Siegfried Flügge: Kernphysikalische Tabellen, mit einer Einführung in die Kernphysik. Berlin 1942.

<sup>17</sup> Hönigschmid an Mattauch, 5. 10. 1942 (MPG-Archiv, Abt. III, Rep. 28, Nr. 29-32).

<sup>18</sup> Siehe Josef Mattauch, Arnold Flammersfeld: Isotopenbericht. Tabellarische Übersicht der Eigenschaften der Atomkerne, soweit bis Ende 1948 bekannt. Tübingen 1949. – Vgl. J.H.E. Mattauch, W. Thiele, A.H. Wapstra: 1964 Atomic mass table. In: Nuclear Physics 67 (1964), S. 1–31.

### 4.3 Unsicherheiten (1944–1949/51)

Das Institut wurde 1944 von Berlin nach Tailfingen auf die Schwäbische Alb verlegt,<sup>19</sup> das KWI für Physik wurde ganz in die Nähe, nach Hechingen, verlagert. In Tailfingen waren drei ehemalige Textilfabriken für die Nutzung als Kernforschungsinstitut hergerichtet worden; der große, von Ewald verbesserte Massenspektrograph war dort im August 1944 einsatzbereit.<sup>20</sup> Ganz generell gingen trotz der Kriegslage die Versuche weiter, die technische Ausrüstung zu verbessern, inklusive der Konstruktion neuer Massenspektrometer.<sup>21</sup> An welchen Fragestellungen bis April 1945 gearbeitet wurde, ist nicht direkt bekannt, aus einem Arbeitsprogramm von Juni 1945 kann aber auf die Art der Forschungen geschlossen werden. Die radiochemische Abteilung sollte „weiter an der Erforschung der Uranspaltprodukte“ arbeiten, wobei die Bedingung dafür war, dass die Hochspannungsanlage des Beschleunigers des KWI für Physik in Hechingen in Betrieb ging.<sup>22</sup> Gleichzeitig wurden die Arbeiten zur Isotopentrennung fortgeführt. Mattauchs Abteilung forschte weiter zu Kernbindungsenergien, wobei zusätzlich Methoden zur Altersbestimmung von Mineralien und zu medizinischen Anwendungen ausgearbeitet werden sollten. Die Arbeitsgruppe von Otto Erbacher (1900–1950) wendete radioaktive Verfahren zur Untersuchung von Oberflächen an, einschließlich Korrosionsschutz von Metallen.<sup>23</sup> An Einrichtungen waren ein hochauflösendes Massenspektrometer und ein niedrig auflösendes nach dem Konstruktionsprinzip des US-amerikanischen Wissenschaftlers Alfred O. Nier (1911–1994) aufgebaut, beide mit Zubehör (Detektoren etc.). Ebenso waren zwei Neutronengeneratoren vorhanden (einer für 100 keV aufgebaut, der größere Kaskadengenerator mit 1,2 MeV unvollständig und verpackt).<sup>24</sup> In Mattauchs Abteilung in Tailfingen arbeiteten Otto Bruna (\* 1917), Ewald, Arnold Flammersfeld

<sup>19</sup> Volker Lässig: Den Teufel holt keiner. Otto Hahn und das Kaiser-Wilhelm-Institut für Chemie in Tailfingen. Albstadt 2010.

<sup>20</sup> Mattauch an Viktor Hauk, Tailfingen, 19. 08. 1944 (MPG-Archiv, Abt. III, Rep. 28, Nr. 28-23).

<sup>21</sup> Siehe, in Bezug auf die Situation im Februar 1944, Mattauch an Hahn, 25. 7. 1952 (ebda., Nr. 28-16), und in Bezug auf die Konstruktion eines niedrig auflösenden Massenspektrometers, „für Untersuchungen an stabilen Indikatoren und für geologische Altersbestimmungen“ den Auftrag von Walther Gerlach an Mattauch, o.D. [1944], Abschrift (ebda., Nr. 44-18).

<sup>22</sup> Was nicht umgesetzt werden konnte.

<sup>23</sup> Josef Mattauch: Bericht des Kaiser-Wilhelm-Institutes für Chemie, Tailfingen/Württ. Göttingen (sic), 29. 6. 1945 (MPG-Archiv, Abt. II MPG, Rep. 1A Generalverwaltung, Institutsbetreuung (künftig IB), Chemie 0.2).

<sup>24</sup> Liste der Apparaturen des Kaiser-Wilhelm-Institutes für Chemie, Beilage zu Mattauch: Bericht (wie Anm. 23).

(1913–2001), Hintenberger und Ludwig Waldmann (1913–1980) als wissenschaftliche Assistenten, als Sekretärin Margarete Neubert und als Laborantin Eleonore Raba (\* 1924). Damit war Mattauchs Abteilung nur unwesentlich kleiner als die Hahns.<sup>25</sup> Insgesamt waren im August 1945 am KWI für Chemie in Tailfingen 50 bis 55 Personen beschäftigt.<sup>26</sup> Heinrich Hintenberger hatte in Wien bei Mattauch mit einem Thema zur Massenspektroskopie promoviert und war anschließend bei Alfons Klemenc (1885–1960) und Herman(n) Mark (1895–1992) in Wien beschäftigt gewesen. 1938 ging er zu Gustav Hertz (1887–1975) an das Berliner Forschungslaboratorium von Siemens & Halske. Hintenberger kam im Juni 1943 auf dringende Bitte Mattauchs an das KWI für Chemie, da dort eingearbeitete Wissenschaftler fehlten.<sup>27</sup> Er zeichnete sich, so Hertz, durch eine gleichermaßen ausgeprägte Begabung für theoretisches und experimentelles Arbeiten aus.<sup>28</sup> Seine frühen Arbeiten am KWI wurden unter anderem durch ein Stipendium gefördert, das er über Max Planck zugesprochen erhielt. Hintenberger wurde später einer der zentralen Wissenschaftler des MPI für Chemie.<sup>29</sup>

Am 25. April 1945 besetzten Mitglieder der ALSOS-Mission der US-Streitkräfte das KWI für Chemie in Tailfingen, die vorhandenen Geheimberichte wurden konfisziert und Otto Hahn zunächst nach Heidelberg gebracht und dann für etwa ein halbes Jahr in Farm Hall in England interniert.<sup>30</sup> Forschungsbeschränkungen wurden von den

<sup>25</sup> Liste der am Institut beschäftigten Wissenschaftler und des dazugehörigen Hilfspersonals, Tailfingen, 23. 6. 1945, Beilage zu Mattauch: Bericht (wie Anm. 23).

<sup>26</sup> Ernst Telschow: Bericht, Teil I. Göttingen, 26. 8. 1945, S. 2 (MPG-Archiv, Abt. II MPG, Rep. 1A Generalverwaltung, Nr. 2-3).

<sup>27</sup> Briefkopie ohne Unterschrift, 4. 5. 1942 [KWI Chemie] an Reichsluftfahrtministerium (MPG-Archiv, Abt. II, Rep. 1A, PA Hintenberger, Bd. 2).

<sup>28</sup> Bescheinigung Gustav Hertz, 17. 6. 1942 (ebda.).

<sup>29</sup> Briefkopie Oberbürgermeister (Hasenjaeger), Mülheim/Ruhr, unterz. Bürgermeister Reill (?), 24. 8. 1943, wonach Hintenberger 5.000 RM aus der Leonhard-Stinnes-Stiftung, die die Stadt Mülheim Planck zur freien Verfügung gestellt hatte, zur Förderung seiner wissenschaftlichen Arbeiten erhalten habe, vgl. die Kopie einer Postkarte Plancks an Hintenberger, 11. 9. 1943, in der Planck erwähnt, dass seine Entscheidung auf Fürsprache Mattauchs und Laues erfolgt sei (ebda.). – Mattauch an Karl Przibram, 16. 2. 1950 (MPG-Archiv, Abt. III, Rep. 28, Nr. 47-38). – Zwischen der Anforderung durch das KWI für Chemie und der Einstellung liegt ein Jahr. Dass Hintenberger schließlich im Juni 1943 an das KWI wechseln konnte, hängt eventuell auch mit Gesundheitsproblemen zusammen.

<sup>30</sup> Die ALSOS-Mission der US-Amerikaner diente dazu, direkt hinter der Front an Informationen über deutsche Kriegsforschung, vor allem im Bereich der Kernforschung, zu gelangen. Die wissenschaftliche Leitung lag bei dem Physiker Samuel A. Goudsmit (1902–1978). Zu der Internierung der deutschen Atomforscher in Farm Hall siehe Dieter Hoffmann: Operation Epsilon. Die Farm-Hall-Protokolle oder die Angst der Alliierten vor der deutschen Atombombe. Reinbek 1993.



Amerikanern zunächst nicht erlassen. Sie zogen eine Woche später ab und wurden am 9. Mai durch französische Truppen ersetzt.<sup>31</sup> Das Institut wurde wissenschaftspolitisch von einer durch den französischen Kernphysiker Frédéric Joliot-Curie (1900–1958) geleiteteten Kommission betreut. Die Arbeiten konnten in bescheidenem Umfang zunächst fortgesetzt werden.<sup>32</sup> 1946 publizierten zahlreiche Mitarbeiter in der im gleichen Jahr von Alfred Klemm (\* 1913) begründeten Zeitschrift für Naturforschung, darunter Klemm selber und Ewald über Konstruktion und Theorie eines neuen Massenspektrographen nach dem Design von Mattauch-Herzog.<sup>33</sup>

Die nächsten Jahre waren für das Tailfingert Institut von großen Unsicherheiten geprägt. Zunächst war dies dadurch verursacht, dass das in der französischen Zone gelegene Institut in die Auseinandersetzungen um die Atompolitik der Besatzungsmächte gezogen wurde. Mattauch und Straßmann waren im Februar 1946 in Paris, wo sie eine Mitarbeit an der Konstruktion einer französischen Atombombe kategorisch ablehnten. Dennoch sollte das KWI nach dem Willen der Franzosen nicht geschlossen werden, sondern in der französischen Zone verbleiben, wobei zunächst wohl an eine Übersiedlung nach Tübingen gedacht wurde. Straßmann schrieb dazu an Hahn: „Wohin also auch immer das Institut verlagert wird, stets wird derjenige, der das Institut kontrolliert, versuchen, es für seine Zwecke zu benutzen, oder versuchen, eine vernünftige Arbeit zu verhindern. Das ist im Falle einer Mißhelligkeit mit der jeweiligen militärischen Behörde leicht erreicht, da ja für Deutschland Kernphysik und Kernchemie nach den Beschlüssen des interalliierten Kontrollrates als Nr. 1 der Liste A aufgeführt werden sollen, während die anderen Länder nur ‚kontrolliert‘ werden sollen.“<sup>34</sup>

Straßmann und Mattauch sprachen sich daher Hahn gegenüber energisch für eine Verlagerung des Institutes nach Österreich aus. Dies hatte für Straßmann ethische, politische und auch wissenschaftliche Gründe. Denn ohne Kernreaktor Kernforschung betreiben

<sup>31</sup> Mattauch an Hahn, 4. 8. 1945 (MPG-Archiv, Abt. III, Rep. 14, Nr. 2802).

<sup>32</sup> Vgl. Mattauch: Bericht (wie Anm. 23).

<sup>33</sup> Liste der im KWI für Chemie ausgeführten und in der Zeitschrift für Naturforschung veröffentlichten Arbeiten des Jahres 1946 (MPG-Archiv, Abt. III, Rep. 28, Nr. 43-25).

<sup>34</sup> Straßmann an Hahn, Tailfingen, 5. 3. 1946, abgedruckt in Fritz Krafft: Im Schatten der Sensation. Leben und Wirken von Fritz Straßmann. Weinheim/Basel 1981, S. 348–351 (MPG-Archiv, Abt. III, Rep. 14, Nr. 4267, Bl. 6–7, Hervorhebung im Original). Der Brief erreichte Hahn mit Mattauch am 8. 3. 1946. Die erwähnte Liste des Kontrollrates führte die in Deutschland verbotenen Forschungsaktivitäten auf, das heißt, Straßmann befürchtete, in Deutschland wäre Kernphysik und Kernchemie nur im Dienste einer der alliierten Mächte möglich. – Vgl. zu Mattauchs und Straßmanns Besuch bei Joliot-Curie in Paris, Krafft: Im Schatten der Sensation, S. 136.

zu wollen, war sinnlos. Aber die Verfügung über einen Kernreaktor hatte Implikationen, denen Straßmann kritisch gegenüber stand: „Man braucht keinen besonderen Weitblick zu haben, um den Ausführungen Joliot's über den Zusammenhang zwischen Uranmaschine und Entwicklung der Kernphysik uneingeschränkt zuzustimmen. Das sind alles Dinge, die wir uns hundertmal selber gesagt haben. Aber wer die Maschine hat, hat auch die Bombe, und die muß sich in der Hand eines von Militaristen oder ehrgeizigen Politikern geleiteten Staates verhängnisvoll auswirken. Eines der wenigen Länder aber, dem ich eine Uranmaschine bedenkenlos anvertrauen würde, ist Österreich.“<sup>35</sup>

Hahn machte verschiedene Argumente gegen eine Verlagerung geltend, darunter die angeblich deutschfeindliche öffentliche Meinung in Österreich.<sup>36</sup> Mattauch dagegen hatte einen Ruf an die Universität Wien erhalten und wollte unter diesen Umständen natürlich in seine alte Heimat zurückkehren. Dennoch zerschlugen sich die österreichischen Pläne. Bereits im Mai 1946 wurden erste Ideen geäußert, das Institut innerhalb der französischen Zone nach Mainz zu verlegen, wo die Universität neu gegründet worden war.<sup>37</sup>

Im Juli 1946 wurde bei Mattauch eine Lungentuberkulose diagnostiziert.<sup>38</sup> Er zog sich daraufhin für einen längeren Aufenthalt in ein Schweizer Sanatorium und später an die Universität Bern zurück. In dieser Zeit erreichten ihn mehrere Rufe, wiederum aus Wien und auch aus Bern.<sup>39</sup> In der Zwischenzeit wurde Straßmann an die Universität Mainz berufen, und es war beschlossen worden, das KWI für Chemie nach Mainz zu verlegen. Dort aber war auf mehrere Jahre kein geeignetes Gebäude für Mattauch vorhanden, auch war seine Gruppe seiner Ansicht nach in Tailfingen nicht arbeitsfähig. Deswegen beantragte er bei Hahn die Verlegung seiner Arbeitsgruppe an das Theodor-Kocher-Institut der Universität Bern, bei Mitnahme eines großen Teils seiner Instrumente.<sup>40</sup> Diese Pläne wurden im Institut selbst sehr skeptisch gesehen, war doch Straßmann mit seiner Mainzer Universitätsprofessur bereits ausgelastet, wobei er auch noch den Umzug des KWI nach

<sup>35</sup> Straßmann an Hahn, Tailfingen, 5. 3. 1946 (ebda).

<sup>36</sup> Ebda.

<sup>37</sup> Mattauch an Hahn, 28. 5. 1946 (ebda., Nr. 2803).

<sup>38</sup> Mattauch an Hahn, 1. 8. 1946 (ebda., Nr. 2805).

<sup>39</sup> Zu Bern siehe Mattauch an Hahn, Bern, 3. 3. 1950. – Zu Wien Mattauch an Hahn, 8. 6. 1950 (beide MPG-Archiv, Abt. III, Rep. 28, Nr. 28-06).

<sup>40</sup> Mattauch an Hahn, 26. 4. 1949 und 6. 7. 1949 (MPG-Archiv, Abt. III, Rep. 14, Nr. 2811). – Vgl. die Liste, beigelegt bei Hahn an Mattauch, 10. 8. 1949 (MPG-Archiv, Abt. III, Rep. 28, Nr. 28-13). Unter den Instrumenten befand sich der alte Wiener Massenspektrograph, ein neuerer nach dem Design von Ewald und einer nach dem Nier-Prinzip. Auch Hintenberger ging nach Bern.

Mainz organisierte. So wäre „[...] niemand da, der verantwortlich und mit der notwendigen Autorität die Leitung übernehmen könne. [...] Es sei deshalb mit einer schweren Beeinträchtigung sowohl im Aufbau als in der Arbeitsleistung des Instituts zu rechnen.“<sup>41</sup> Obwohl er diese Ansicht teilte, war Hahn der Meinung, dass man Mattauch den Aufenthalt in Bern nicht abschlagen könne. Mattauch arbeitete daher gemeinsam mit Hintenberger zwei Jahre am Theodor-Kocher-Institut der Universität Bern. 1952, als die Räume in Mainz bezugsfertig waren, kehrte er an das nun der MPG beigetretene Institut zurück, dessen Direktor er noch in Bern 1950 geworden war.

#### 4.4 Aufbau in Mainz (1949/51–1958)

In Mainz sollte der bereits seit 1941 verfolgte Plan zur Ausführung kommen, die Kernchemie und die Kernphysik als die beiden Pfeiler der Institutsarbeiten auszubauen, wobei Mattauch die Kernphysik vorantreiben sollte. Der Massenspektroskopie war dabei keine tragende Rolle zugedacht, vielmehr hatte sie eine untergeordnete Funktion inne. Dass sie bis in die 1950er Jahre die wichtigste experimentelle Methode blieb, war den Verzögerungen beim Aufbau einer leistungsstarken Neutronenquelle in Form eines Beschleunigers geschuldet. Dadurch hatten sowohl die Kernphysik als auch die Kernchemie nur stark eingeschränkte Entwicklungsmöglichkeiten. Dies sollte sich in Mainz schrittweise ändern, allerdings nicht vollständig am MPI für Chemie selbst.

1949 bauten Arnold Flammersfeld und seine Mitarbeiter den aus Berlin über Tailfingen mitgebrachten Kaskadengenerator auf; im September 1949 lieferte er bereits „5 Kilo Neutronen“,<sup>42</sup> wie Mattauch begeistert an Hahn schrieb. Diese Mengenangabe bezieht sich nicht auf die Masse der Neutronen, sondern auf das Äquivalent der Strahlung, die im Vergleich mit einer Radium-Berylliumquelle erzeugt werden konnte. Die Neutronendichte entsprach also der von fünf Kilogramm Radium und Beryllium. Hahn, Meitner und Straßmann hatten ihre Versuche 1938 noch mit einem Gramm Radium durchgeführt.<sup>43</sup> Mit dem 1,5 MeV leistenden Kaskadengenerator arbeitete Flammersfeld unter anderem zur Isomerie der Atomkerne, bevor er 1954 an die Universität Göttingen beru-

<sup>41</sup> Ernst Telschow: Vermerk (Abschrift), Göttingen, 14. 6. 1949 (MPG-Archiv, Abt. II, Rep. 1A, IB Chemie 0.2).

<sup>42</sup> Mattauch an Hahn, 2. 9. 1949 (MPG-Archiv, Abt. III, Rep. 28, Nr. 28-13).

<sup>43</sup> Vgl. Jahrbuch der Max-Planck-Gesellschaft 1951, S. 186 und 197. Der Kaskadengenerator war zunächst auf eine Leistung von 1,4 MeV (entsprechend 7-8 kg Ra-Be) ausgelegt.

fen wurde. Sein Nachfolger, Peter Jensen, starb bereits 1955. 1956 trat dann der Züricher Kernphysiker Hermann Wäffler in Mainz an, ihm gelang 1960 der noch auf Berliner Vorarbeiten zurückgehende Aufbau des Druckbandgenerators nach Van de Graaff, dessen Funktionsfähigkeit in der MPG sehlich erwünscht wurde,<sup>44</sup> der aber zu spät in Betrieb ging, um noch bahnbrechende Ergebnisse liefern zu können.

Die Teilchenbeschleuniger weisen eine für moderne physikalische Geräte charakteristische Dualität auf. Einerseits werden mit ihnen Experimente durchgeführt, die Hinweise auf den Aufbau der Atomkerne und deren Reaktionen liefern. Andererseits dient ihre Neutronenstrahlung dazu, die Isotope herzustellen, die in der Kernchemie gebraucht werden. So schrieb Straßmann 1951: „Es hat sich gezeigt, daß für kurzlebige Atomarten mit Halbwertszeiten von einigen Minuten bis etwa 24 Stunden diese Anlage außerordentlich wertvoll ist und nicht durch den Bezug von radio-aktiven Präparaten aus Uran-Piles, z.B. aus England, zu ersetzen ist.“<sup>45</sup> Ohne die Kernphysik und ihre Beschleuniger war die Kernchemie fast unmöglich; ohne die Ergebnisse der Kernchemie wiederum konnte nicht an die Anwendungen der Kernspaltung gedacht werden, ihre Ergebnisse wirkten also auch auf die Kernphysik zurück. Die beiden Gebiete waren wie Zwillinge, deren Trennung oder auch nur einseitiges Wachstum sich negativ auf die Forschungsleistung des Instituts auswirken musste.

Zunächst sah es so aus, als ob die Kernchemie, das eigentliche Zentrum des Instituts unter Otto Hahn, mit der Kernphysik auch weiter Schritt halten könnte. Straßmann, der 1946 einem Ruf an die Mainzer Universität folgte, war Leiter der Abteilung Radiochemie, also der direkte Nachfolger Hahns geworden. 1949 betrieb Hahn, auch auf Fürsprache Mattauchs, seine Ernennung zum 2. Direktor des Instituts.<sup>46</sup> Nachdem Mattauch aber aus Bern zurückgekehrt war, veränderte sich die Situation. Im November 1952 wurde eine Aufteilung der Etats zwischen Mattauch und Straßmann vereinbart, die zwei Drittel des Etats und der Assistenten Mattauch zuschrieb, mit der Begründung, Straßmann verfüge in seinem Universitätsinstitut über zusätzliche Mittel und Arbeitskräfte. Die beiden wichtigsten Mitarbeiter Straßmanns, Hans Götte (\* 1912) und Wilfried Herr (\* 1914), sollten oder wollten zu Mattauch überwechseln, der für seine Arbeitsgebiete damit auch Chemiker beanspruchte.<sup>47</sup> Straßmann entschied sich Anfang 1953 schließlich dafür, das MPI für Chemie zu verlassen und seine Arbeiten vollständig auf das Universitätsinstitut

<sup>44</sup> Vgl. Mattauch an Hahn, 25. 7. 1952 (MPG-Archiv, Abt. III, Rep. 28, Nr. 28-16).

<sup>45</sup> Fritz Straßmann: Kriegsende und Nachkriegszeit. Chemische Abteilung. In: Jahrbuch der Max-Planck-Gesellschaft 1951, S. 191–198, hier S. 197.

<sup>46</sup> Hahn an Mattauch, 10. 8. 1949 (MPG-Archiv, Abt. III, Rep. 28, Nr. 28-13).

<sup>47</sup> Mattauch an Otto Benecke (MPG-Verwaltung), 20. 11. 1952 (ebda., Nr. 35-16).

zu konzentrieren.<sup>48</sup> Damit war die Kernchemie, die zweite Säule des Instituts, in ihrer Existenz bedroht.

Mattauch und Hahn reagierten schnell und fassten zunächst die physikalischen Chemiker Klaus Clusius (1903–1963) oder Paul Harteck (1902–1985) als Nachfolger Straßmanns ins Auge. Clusius hatte während des Krieges an der Isotopentrennung gearbeitet und arbeitete auch über Reaktionskinetik; Harteck, ebenfalls ein Spezialist der Isotopentrennung, war in die USA gegangen. Es war ausgerechnet der Physiker Werner Heisenberg, der an ‚die Tradition des Instituts‘ erinnerte „und sagte, gerade in der nächsten Zukunft würde die eigentliche Radiochemie an Bedeutung gewinnen, und es wäre doch sehr schade, wenn die Tradition nicht durch einen guten Mann weiter vertreten würde“.<sup>49</sup> Nach Beratungen einer Kommission, der neben Hahn und Mattauch auch der physikalische Chemiker Karl Friedrich Bonhoeffer und Heisenberg angehörten, wurden als weitere Kandidaten der damals am MIT in Cambridge, Mass. arbeitende Kernchemiker Charles D. Coryell (1912–1972), der am Manhattan Project beteiligt und einer der Entdecker des Promethiums gewesen war (1945), sowie der Kern- und Geochemiker Henry George Thode (1910–1997) von der McMaster University in Hamilton, Kanada, genannt.<sup>50</sup> Hahn aber entschloss sich, den von der Kommission ebenfalls ins Auge gefassten und von Lise Meitner empfohlenen Friedrich Paneth (1887–1958) zu berufen, der damals an der Universität in Durham, England, lehrte und forschte, bis 1933 an der Universität in Königsberg gewesen war, aber dann emigrieren musste.<sup>51</sup> Er war ein ausgewiesener Kernchemiker, hatte seinen Arbeitsschwerpunkt allerdings mittlerweile auf ein neues Gebiet verlegt, das er selbst als kosmologische Chemie bezeichnete. Da Paneth damals bereits 66 Jahre alt war, war klar, dass dies nur eine Zwischenlösung sein konnte. Die von Paneth ans Institut gebrachte Kosmochemie erwies sich als fast ebenso idealer Kooperationspartner für die Massenspektroskopie, wie es die Kernchemie gewesen war (vgl. den Beitrag von Herbert Palme in diesem Band). Bereits ein Jahr nachdem Paneth an das MPI gekommen war, hatte Hintenberger ein Massenspektrometer zur Analyse der Heliumproben konstruiert, die bei der Untersuchung der Meteoriten anfielen.<sup>52</sup> Da die

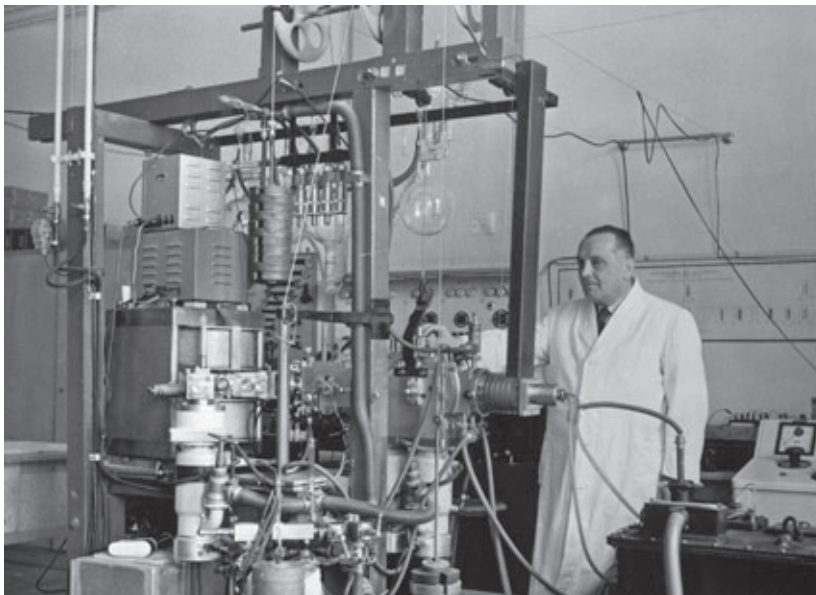
<sup>48</sup> Josef Mattauch: Max-Planck-Institut für Chemie (Otto-Hahn-Institut) in Mainz. In: Jahrbuch der Max-Planck-Gesellschaft, Teil II. Göttingen 1961, S. 215–224, hier S. 221.

<sup>49</sup> Hahn an Mattauch, 29. 1. 1953 (MPG-Archiv, Abt. III, Rep. 28, Nr. 28-17).

<sup>50</sup> Mattauch an Hahn, 28. 5. 1953 (ebda.).

<sup>51</sup> Siehe dazu die Briefe Mattauch an Hahn, 28. 5., 1. 6. 1953 und Hahn an Mattauch, 29. 5. 1953 (ebda.).

<sup>52</sup> Mattauch an Hahn, 1. 10. 1954 (ebda., Nr. 28-18). – Vgl. auch Josef Mattauch: Über die Tätigkeit des Max-Planck-Institutes für Chemie seit 1951. Zur Feier der Einweihung seiner Neubauten in Mainz am 9. Juli 1956. In: Mitteilungen der MPG (1956), S. 131–149, hier S. 147.



*Abb. 4-2: Josef Mattauch an einem Massenspektrographen in Mainz, Mitte der 1950er Jahre.*

Heliummengen außerordentlich klein waren, stellte dies besondere Anforderungen an das Instrument.

Als Mattauch 1951/52 aus der Schweiz nach Mainz umgezogen war, hatte er nicht nur den hochauflösenden Massenspektrographen und das Massenspektrometer wieder mitgebracht, sondern auch Hintenberger kam zurück. Zusätzlich traten zwei Schweizer Wissenschaftler, Rudolf Hermann Bieri (\* 1923) und Christoph Lang (\* 1926), in das Mainzer Institut ein. 1954 verfügte die massenspektroskopische Abteilung, die in einem Flügel des Hauptgebäudes mit acht Laborräumen untergebracht wurde, damit insgesamt über vier Massenspektrometer und bald auch einen klimatisierten Messraum, in dem die sehr empfindlichen Auswertungen der Fotoplatten ausgeführt werden konnten. Insgesamt waren neben Mattauch und Hintenberger zwei wissenschaftliche Assistenten, sechs Doktoranden und zwei Gastwissenschaftler aus Jugoslawien und den USA tätig.<sup>53</sup>

<sup>53</sup> Manuskript für die Mitteilungen aus der Max-Planck-Gesellschaft. Aus der massenspektroskopischen Abteilung des Max-Planck-Institutes für Chemie, o.D. [1953/54] (MPG-Archiv, Abt. III., Rep. 28, Nr. 36-10).

Mattauchs eigene Arbeiten im neuen Institut bezogen sich zunächst auf die Massenbestimmungen relativ leichter Atomkerne, die als Standards für weitere Messungen dienen sollten, auch verbesserte er gemeinsam mit Bieri und Friedrich Everling (\* 1927) die Auflösung des doppelfokussierenden Massenspektrographen auf den Wert 1:100.000; das bedeutete, die Massen von 99.999 und 100.000 konnten gerade noch unterschieden werden. Der Theoretiker Ludwig Waldmann führte Dispersionsbestimmungen durch, die es erlaubten, die bis dahin nicht geklärten Unterschiede der massenspektroskopischen Atommassenbestimmungen mit denen anderer Methoden aufzulösen.<sup>54</sup> Damit waren die Forschungen Mattauchs auf die weitere Entwicklung der Massenspektroskopie als Präzisionsmethode, vor allem zur Bestimmung der Atommassen und damit der Eigenschaften der Atomkerne, konzentriert.

Dabei musste er auf einen seiner fähigsten Mitarbeiter verzichten. Ewald, der von Tailfingen direkt nach Mainz umgezogen war und nicht mit Mattauch in der Schweiz gearbeitet hatte, verließ Ende 1951 das Institut, um an die Technische Hochschule München zu gehen, wobei er leihweise einen der von ihm stark verbesserten Massenspektrographen im Wert von ca. 50.000 DM mitnehmen konnte.<sup>55</sup> Hintenberger dagegen blieb in Mainz. Im Zentrum seiner Aktivitäten stand nun der Bau eines neuen, großen Massenspektrographen. Bereits 1948 hatte Mattauch erste Pläne gefasst, eine weitgehende Verbesserung der Auflösung des Massenspektrographen zu erreichen. Dafür setzte er weiter auf die Mattauch-Herzog-Geometrie. Der neue Massenspektrograph sollte vor allem der genauen Massenbestimmung schwerer Atomkerne dienen. Mitte der 1950er Jahre arbeiteten Arbeitsgruppen in Harvard, in Ontario, in Chicago und an der Osaka-Universität in Japan am Bau von ähnlichen Instrumenten, die einen Strahlengang von 10 bis 20 m Länge besaßen. Damit sollte eine Erhöhung des Auflösungsvermögens um eine Größenordnung erreicht werden. Noch in Bern hatte Hintenberger damit begonnen, die Konstruktion eines Massenspektrographen zu berechnen, die Bildfehler, also Fehler 2. Ordnung, in Betracht ziehen sollte: „Herr Hintenberger hat seine Berechnungen der Weitwinkelfokussierung im Magnetfeld beendet, was für unsere Wiener-Theorie etwas ähnliches bedeutet, wie es Abbe für die optischen Linsen getan hat. Er baut nun ein doppelfokussierendes Massenspektrometer mit einem solchen Magnetfeld.“<sup>56</sup>

<sup>54</sup> Mattauch: *Über die Tätigkeit* (wie Anm. 52), S. 133 f.

<sup>55</sup> Hahn an Georg Joos, 31. 3. 1951 (MPG-Archiv, Abt. III, Rep. 28, Nr. 28-15).

<sup>56</sup> Mattauch an Hahn, [Bern] 14. 2. 1951 (ebda.).



Hintenberger setzte diese Arbeiten, oft gemeinsam mit Lothar König (\* 1928), in Mainz fort. Die Fehler 2. Ordnung spielten bei Massenspektrographen herkömmlicher Größenordnung kaum eine Rolle, machten sich bei der starken Vergrößerung der Bahnradien aber störend bemerkbar. Sollte eine wesentliche Verbesserung der Auflösung der Instrumente des Typs Mattauch-Herzog erreicht werden, musste eine besondere Konstruktion, vor allem was die Feldgrenzen der magnetischen Felder betraf, gewählt werden.<sup>57</sup> Dafür waren erhebliche Summen nötig. Bereits 1953 war ein Teil der Mittel in Höhe von 110.000 DM durch die DFG im Rahmen eines Schwerpunktprogramms Atomphysik bewilligt worden; darüber hinaus sollten 100.000 DM von der MPG getragen werden.<sup>58</sup> 1956 befand sich der große Massenspektrograph, der seine Aufstellung im Bau T des MPI für Chemie finden sollte, noch in der Planungsphase, weitere DFG-Mittel in Höhe von etwa 150.000 DM waren erfolgreich eingeworben. Mattauch schätzte die Gesamtkosten auf etwa 610.000 DM, worin die projektierten hohen laufenden Betriebskosten nicht enthalten waren.<sup>59</sup>

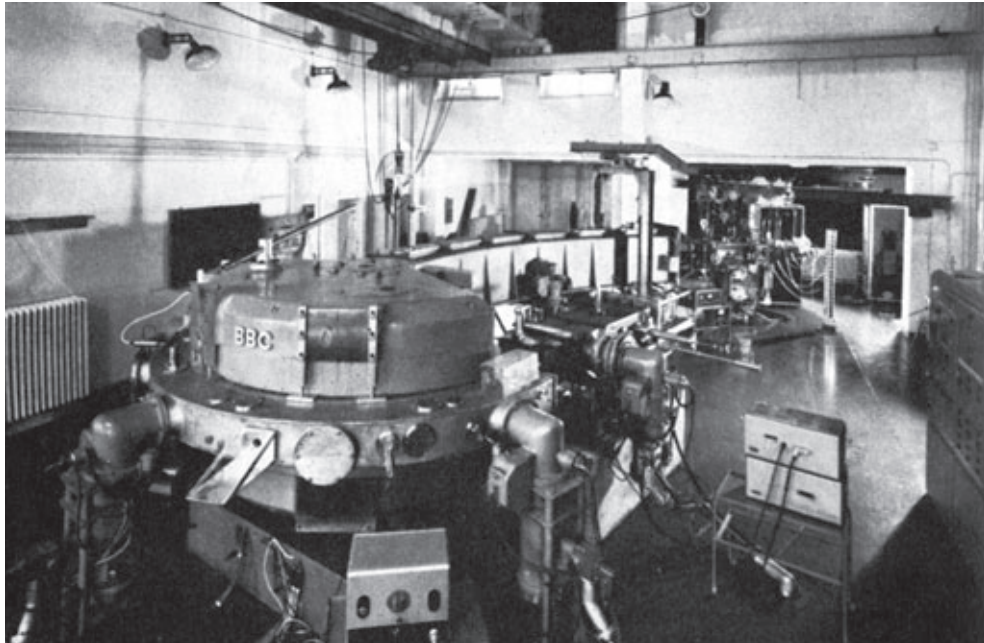
Hintenberger und sein Team hofften, eine maximale, theoretische Auflösung von 1 : 2,7 Millionen erreichen zu können. Dazu musste unter anderem das Magnetfeld sehr stabil gehalten werden, was durch eine spezielle, auf Kernresonanz basierende Methode erreicht werden sollte. Darüber hinaus war es nötig, die Ionen sehr stark zu beschleunigen, wozu ein eigener Kaskadengenerator dienen sollte. Der 70 Tonnen wiegende Magnet wurde von Brown Boveri & Co. in Mannheim gebaut; der Sektor mit dem elektrischen Feld und die Kammer für den Magneten von Ruhrstahl AG, Hattingen, geliefert; die Pumpen von der Gerätebau Anstalt Balzers.<sup>60</sup> 1961 referierten die Mainzer Wissenschaftler auf einer Tagung in Oxford über den Stand des Projektes. Erste, orientierende Messungen waren durchgeführt worden, wobei die theoretische Auflösung aber nicht einmal annähernd erreicht wurde. Das Design war inzwischen überholt, da Berechnungen der Mainzer Gruppe inzwischen ergeben hatten, dass die Bildfehler 2. Ordnung auch über größere

<sup>57</sup> Vgl. mit weiteren Literaturangaben Heinrich Hintenberger: Neuere Entwicklungen in der Massenspektroskopie. In: *Experientia* 12 (1956), S. 449–488, hier S. 453.

<sup>58</sup> Vgl. die Abschriften des Briefwechsels 1953 mit der DFG und der MPG-Generalverwaltung (MPG-Archiv, Abt. II, Rep. 1A, Nr. 50, Bauangelegenheiten).

<sup>59</sup> Mattauch an Seeliger, 19. 9. 1956 (MPG-Archiv, Abt. III, ZA 95 Nachlass Christian Junge, Nr. 2: MPG 1. 1. 1955–Dez. 1962).

<sup>60</sup> F. Everling, H. Hintenberger, L.-A. König, J. Mattauch, W. Müller-Warmuth, H. Wende: A large double-focusing mass spectrograph with second-order direction focusing. In: Heinrich Hintenberger (Hrsg.): *Nuclear Masses and their Determination. Proceedings of the Conference held in the Max-Planck-Institut für Chemie Mainz. 10–12 July 1956. London 1957*, S. 221–226, hier S. 226.



*Abb. 4-3: Der große Massenspektrograph in Mainz, ca. 1961. Im Vordergrund der magnetische Sektor; im Hintergrund ist die Ionenquelle zu sehen. Die Länge des Strahlengangs betrug ca. 15 m.*

Bereiche des Spektrums korrigiert werden konnten, und nicht nur für einen einzigen Punkt, wie es die Geometrie des großen Massenspektrographen vorsah.<sup>61</sup>

1964 berichtete das Institut, dass der Bau des Instruments vollendet sei, wobei die Detektion durch Fotoplatten, die für diesen Geräte-Typus kennzeichnend war, durch eine elektrometrische Nachweismethode ergänzt worden war.<sup>62</sup> Offensichtlich stieß man aber auf gravierende Probleme, der große Massenspektrograph des Mainzer Instituts sollte nie

<sup>61</sup> H. Hintenberger, J. Mattauch, H. Wende, H. Voshage, W. Müller-Warmuth: A large double-focusing mass spectrograph with second order direction focusing. In: R.M. Elliott (Hrsg.): *Advances in Mass Spectrometry*. Vol. 2. Proceedings of a conference held in Oxford, September 1961. Oxford 1963, S. 180–188, hier S. 187. Für die eigenen, verbesserten Berechnungen siehe H. Hintenberger, Lothar A. König: Mass spectrometers and mass spectrographs corrected for image defects. In: J.D. Waldron (Hrsg.): *Advances in Mass Spectrometry*. London, 1959, S. 16–35.

<sup>62</sup> Bericht über die wissenschaftlichen Arbeiten im MPI Chemie, o.D. [1963/64], S. 2 f. (MPG-Archiv, Abt. II, Rep. 1A, IB Chemie 1.2: Kuratorium).

funktionstüchtig werden.<sup>63</sup> Mattauchs eigene Arbeiten konzentrierten sich immer mehr auf das Erstellen des Isotopenberichts; in Zusammenarbeit mit Hermann Kümmel (1922–2012) sowie mit Aaldert Wapstra in Amsterdam wurde Anfang der 1960er Jahre eine empirische Massenformel entwickelt, die es erlaubte, die Massen zu berechnen.<sup>64</sup> Ebenfalls in den 1960er Jahren war Mattauch Mitglied der internationalen Kommission, die die Umstellung des Standards der Atomgewichtseinheit von Sauerstoff auf das Kohlenstoff-12 Isotop beschloss.<sup>65</sup>

Die Arbeiten am großen Massenspektrographen führten auch zu organisatorischen Änderungen: „Der immer umfangreicher werdende Aufbau des großen Massenspektrographen, der von Hintenberger und Mitarbeitern bald allein durchgeführt wurde, machte die Abtrennung als selbständige Abteilung notwendig. Dem Interessengebiet nach nimmt somit Hintenbergers Abteilung eine Zwischenstellung zwischen der von Mattauch und der von Paneth ein.“<sup>66</sup> Hintenbergers Arbeitsgruppe wurde mit Wirkung zum 1. Mai 1959 eine selbstständige Abteilung, gleichzeitig mit Hermann Wäfflers Abteilung für Kernphysik. Da Paneth 1958 gestorben war, verfügte das Institut nun über drei aktive Abteilungen, von denen zwei der Massenspektroskopie gewidmet waren.

Hintenbergers Arbeitsgebiete bestanden aus der Weiterentwicklung hochauflösender Instrumente und der Anwendung, in Hintenbergers Fall in der geochemischen und bald vor allem der Meteoritenforschung. Letzteres, da er mit Heinrich Wänke (\* 1928) und Friedrich Begemann (\* 1927) ehemalige Mitarbeiter Paneths in seine Gruppe übernahm. Die Meteoritenforschung bzw. die Kosmochemie sollte sich als wichtigstes Anwendungsfeld der Massenspektroskopie in Mainz erweisen.

<sup>63</sup> Die Gründe lagen wohl in einer fehlerhaften Berechnung der Ionenoptik, den Erschütterungen durch den Straßenverkehr und Erdungsproblemen. Inzwischen waren die Motive, die zum Anstreben einer Erhöhung der Auflösung geführt hatten, auch obsolet geworden, da verbesserte Daten durch Kernreaktionen erhalten werden konnten, vgl. Carsten Reinhardt, Gregor Lax: Interview mit Friedrich Begemann, Mainz, 6. 1. 2012. – Dies., Anja Heller: Interview mit Klaus Peter Jochum, Mainz, 30. 3. 2012. – E-Mail Herbert Palme an Carsten Reinhardt, 16. 8. 2012. – E-Mail Klaus Peter Jochum an Carsten Reinhardt, 17. 8. 2012.

<sup>64</sup> Bericht (wie Anm. 62), S. 1.

<sup>65</sup> Vgl. Heinrich Hintenberger: Nachruf auf Josef Mattauch. In: Berichte und Mitteilungen der Max-Planck-Gesellschaft 1977, Sonderheft Nachrufe, S. 19–21.

<sup>66</sup> Mattauch: Max-Planck-Institut für Chemie (wie Anm. 48), S. 222 f.

## 4.5 Proben aus dem All (1959–1978)

Die Kernspaltung hatte der Kernchemie und der Kernphysik ein neues Arbeitsgebiet erschlossen, nicht zuletzt durch die Kernspaltungsreaktionen und die zahlreichen, teilweise gänzlich neuen Isotope, die dabei auftraten. Bei der Aufklärung der Spaltprodukte des Urans kamen, neben chemischen Methoden, auch massenspektroskopische zum Einsatz. Die auf diese Weise isolierten, reinen Isotope, die aus den USA und bald auch aus Großbritannien erhältlich waren, spielten eine große Rolle für die weitere Entwicklung des Feldes, da die auftretenden Reaktionen eindeutig einem bestimmten Isotop zugewiesen werden konnten und nicht mehr ausschließlich mit Gemischen gearbeitet werden musste.<sup>67</sup> Massenspektroskopie im weitesten Sinne war dadurch eine der zentralen Forschungstechnologien der Kernforschung, da sie für die Kernphysik und die Kernchemie gleichermaßen wichtig war. Diese gegenseitige Abhängigkeit brachte Hintenberger 1964 zum Ausdruck: „Anfangs konnten nur die natürlichen radioaktiven Elemente massenspektroskopisch untersucht werden. Durch die Entwicklung der Beschleunigungsmaschinen, die Entdeckung der Kernspaltung und die Verbesserung der massenspektroskopischen Methoden ist die massenspektroskopische Untersuchung von stabilen und radioaktiven Kernreaktionsprodukten in weitem Umfange möglich geworden.“<sup>68</sup>

Massenspektroskopie war also eine der wichtigsten Methoden, um aufzuklären, welche Isotope an Kernreaktionen beteiligt waren bzw. aus diesen entstanden. Diese Methoden waren aber prinzipiell auch für natürliche Kernumwandlungsprozesse, ob diese nun auf der Erde oder im Weltraum stattgefunden hatten, einsetzbar. Die durch Bestrahlung ausgelöste Veränderung der Isotopenzusammensetzung ließ sich oft nur mit Massenspektrometern nachweisen. Wichtig war, jeweils das geeignete Instrument und das passende Messverfahren zur Hand zu haben, um den teilweise sehr schwierigen Problemstellungen entsprechen zu können.<sup>69</sup> Hier zeigte das MPI mit seiner gut ausgerüsteten Werkstatt seine eigentliche Leistungsfähigkeit.

War die Verteilung der Isotopenhäufigkeiten in einem Meteoriten bekannt, konnten daraus Schlüsse auf die Intensität wie auch die zeitliche und räumliche Verteilung der Strahlung im Kosmos gezogen werden.<sup>70</sup> Dies war im wesentlichen die Motivation für

<sup>67</sup> Hintenberger: Neuere Entwicklungen (wie Anm. 57), S. 462 f.

<sup>68</sup> Heinrich Hintenberger: Massenspektroskopie kleinster Substanzmengen in der Kernphysik und in der Isotopenkosmologie. In: Die Naturwissenschaften 51 (1964), S. 473–480, hier S. 478.

<sup>69</sup> Ebda., hier S. 476 f.

<sup>70</sup> Heinrich Hintenberger: Massenspektroskopie kleinster Substanzmengen in der Kernphysik und in der Isotopenkosmologie. Fortsetzung und Schluß. In: Die Naturwissenschaften 51 (1964), S. 497–503, hier S. 498.

die Forschungen zur Kosmochemie und Isotopenkosmologie, die seit 1953 am Mainzer MPI betrieben wurden. Eine der zentralen Aufgaben war es dabei, sogenannte Spallationsprodukte (Kernreaktionsprodukte) in Meteoriten nachzuweisen. Diese entstehen durch den Beschuss der Atomkerne im Meteoriten mit energiereicher kosmischer Strahlung (Protonen). Untersucht wurden zunächst Edelgase und Alkalimetalle. Problematisch war die geringe Menge der verfügbaren Proben: „Von den Spallationsprodukten entstehen nur etwa  $10^{-10}$  g in einem Gramm des Meteoriten; sie konnten aber in vielen Fällen mit hochgezüchteten massenspektrometrischen und radioaktiven Methoden nachgewiesen werden.“<sup>71</sup> Eine besondere Leistung der Mainzer Arbeitsgruppe war, dass sie eine empfindliche Methode zum Nachweis des Bestrahlungsalters, das heißt der Dauer der Bestrahlung, eines Meteoriten erarbeiten konnte. Die sogenannte  $^{40}\text{K}$ - $^{41}\text{K}$  Methode beruhte auf der Messung der beiden Kaliumisotope  $^{40}\text{K}$  und  $^{41}\text{K}$  und wurde von Hans Voshage (1929–1989) entwickelt. Das Verhältnis dieser beiden Isotope wies darauf hin, dass viele der bekannten Meteoriten bestimmten „Altersgruppen“ zuzuordnen waren.<sup>72</sup> Voshage fand unter anderem, dass die Bestrahlungsalter von Eisenmeteoriten um eine Größenordnung höher liegen, als die von Steinmeteoriten. Zu Beginn der 1960er Jahre arbeitete Hintenbergers Abteilung weiter an der Datierung von Eisenmeteoriten durch die  $^{40}\text{K}$ - $^{41}\text{K}$  Methode, auch wurde die Zusammenarbeit mit der Meteoritenforschungsgruppe um Wänke immer wichtiger für diese Neuausrichtung der Massenspektroskopie. So wurde ein zweites Massenspektrometer, das dem Konstruktionsprinzip des großen Präzisionsgerätes entsprach, allerdings kleiner war, für die Edelgasmessungen gebaut und in Betrieb genommen.<sup>73</sup> Auf der Kuratoriumssitzung 1961 war es Hintenberger, der über die Meteoritenforschungen vortrug, „die in enger Zusammenarbeit mit der Massenspektroskopischen Abteilung durchgeführt werden“, und Hahn äußerte den Wunsch, dass diese Forschungsrichtung auch bei einer Neubesetzung der Chemischen Abteilung erhalten bleiben solle.<sup>74</sup>

Mit diesen Erfahrungen standen der massenspektroskopischen Abteilung und der Gruppe zur Meteoritenforschung um Heinrich Wänke und Friedrich Begemann, die aus Paneths chemischer Abteilung hervorgegangen war, Analyseverfahren zur Verfügung, die sie auch zur Untersuchung der 1969 auf die Erde gebrachten Mondproben anwenden

<sup>71</sup> Ebda., hier S. 500.

<sup>72</sup> Ebda., hier S. 501.

<sup>73</sup> Bericht (wie Anm. 62), S. 4.

<sup>74</sup> Protokollentwurf über die Kuratoriumssitzung am 17. 2. 1961, Punkt 4. Bericht über die Meteoritenforschung am Institut, S. 4, Beilage zu Seeliger an Carl, 27. 2. 1961 (MPG-Archiv, Abt. II, Rep. 1A, IB Chemie 1.1: Kuratorium).

konnten. In einem Auswahlverfahren der NASA hatten die Mainzer den Zuschlag erhalten, das Mondgestein auf Edelgase, Wasserstoff und Stickstoff zu analysieren.<sup>75</sup>

Für die Analyse von Feststoffen, wie sie bei der Untersuchung von Meteoriten und Mondgestein auch anfielen, war es jedoch nötig, über eine große Zahl von Analysedaten zu verfügen, „die nur mit universell anwendbaren Methoden hoher Empfindlichkeit erbracht werden können“.<sup>76</sup> Die bis dahin verwendeten Verfahren erlaubten jeweils nur die Analyse eines Elements je Messung, was zwar sehr genau, aber auch sehr zeitraubend war. Eine Methode, die alle vorhandenen Isotope in einem Messvorgang abbildete, war daher ein Desiderat: „Im Hinblick auf unsere Beteiligung am Apolloprogramm [...] gewinnt nunmehr die Untersuchung von Feinvariationen in der Isotopenzusammensetzung zunehmende Dringlichkeit. [...] Eines unserer bisher nur für Spezialuntersuchungen eingesetzten Massenspektrometer soll zu einem sehr universell verwendbaren Gerät ausgebaut werden.“<sup>77</sup>

Hintenberger und seine Mitarbeiter griffen für den Aufbau dieser universellen Methode für die Analyse von Festkörpern auf eine Ionenquelle zurück, die prinzipiell seit 1935 bekannt war: Ein elektrischer Funken verdampft und ionisiert die Elektroden, die die Probensubstanz enthalten. War die Probe nicht selbst leitend, wurde sie mit reinstem Kohlenstoff (Graphit) vermischt und in Form gepresst. Um nun zu quantitativen Aussagen über die Zusammensetzung der Probe zu kommen, wurden Massenspektren mit unterschiedlicher Expositionszeit aufgenommen, was in etwa der Belichtungszeit beim Fotografieren entspricht. Auf diese Weise können auch kleinste Mengen noch nachgewiesen werden.<sup>78</sup> Hintenberger und seine Mitarbeiter entwickelten diese Methode seit etwa 1962.<sup>79</sup> Da es dabei zu Problemen kam, „wurde eine eigene Untersuchung über

<sup>75</sup> H. Hintenberger, H. Weber, H. Voshage, H. Wänke, F. Begemann, E. Vilscek und F. Wlotzka: Rare gases, hydrogen, and nitrogen: concentrations and isotopic composition in lunar material. In: *Science* 167 (1970), S. 543–545. – Vgl. Reinhardt, Lax: Interview mit Begemann (wie Anm. 63).

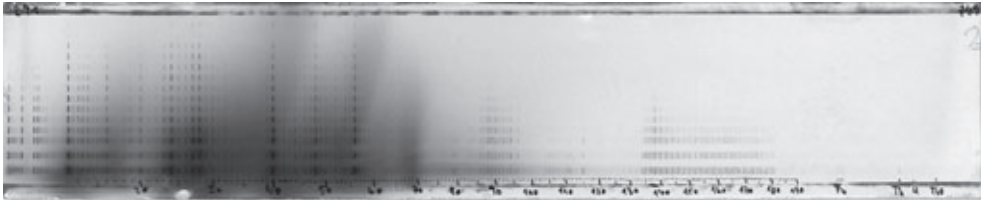
<sup>76</sup> Heinrich Hintenberger: Massenspektroskopische Analyse von Mineralen und Gesteinen. In: *Die Naturwissenschaften* 56 (1969), S. 262–267, hier S. 262.

<sup>77</sup> Errechnung des Mehrbedarfs in den Haushaltsvoranschlägen 1969 und 1970, Abt. Massenspektr. und Kosmochemie, Anlage S. 37c (MPG-Archiv, Abt. II, Rep. 1A, IB Chemie 1.2: Kuratorium).

<sup>78</sup> Reinhardt, Lax, Heller: Interview mit Jochum (wie Anm. 63). – Vgl. Hintenberger: Massenspektroskopische Analyse (wie Anm. 76).

<sup>79</sup> Vgl. Klaus D. Schuy, Heinrich Hintenberger: Massenspektroskopische Festkörperuntersuchungen verbesserter Reproduzierbarkeit mit dem Gleichstrom-Abreißfunken im Vakuum zur Ionenerzeugung. In: *Zeitschrift für Naturforschung* 18a (1963), S. 926–941.





*Abb. 4-4: Massenspektrum von Mondgestein 10003, 1969, Apollo 11, AEI-MS7 Massenspektrometer, Fotoplattenummer 749, Probennummer 291, aufgenommen in der massenspektroskopischen Abteilung. Die ‚Belichtungszeiten‘ steigen von oben nach unten, so dass auch sehr geringe Mengen nachgewiesen werden können. Die fleckartige Schwärzung entsteht durch Streuionen bei längerer Exposition. Unten sind die Massenzahlen von Hand mit Tinte aufgetragen. Die Schwärzung der einzelnen Linien wurde dann mit dem Densitometer bestimmt. Die Auflösung betrug in diesem Fall etwa 1 : 2.000.*

Ionenbildung im Hochfrequenzfunken durchgeführt“ und aufgrund von deren Ergebnissen eine Ionenquelle entwickelt, auf die auch ein Patent genommen wurde.<sup>80</sup>

1964 tat Hintenberger einen bemerkenswerten weiteren Schritt. Waren bis dahin alle Massenspektrometer im Eigenbau konstruiert worden, schaffte er nun eines der kommerziell erhältlichen, doppelfokussierenden Massenspektrometer, das MS 7 der englischen Firma AEI, an. Dies hatte seinen Grund wohl darin, dass dadurch die aufwändige Instrumentenentwicklung abgekürzt werden konnte, auch war hier eher an die Reihenuntersuchungen von Meteoriten zu denken.<sup>81</sup> In den nächsten Jahren wurden Methoden mit diesem Instrument von Hintenberger und seinem wissenschaftlichen Mitarbeiter Winfried Berghof (\* 1940), unter Mithilfe der technischen Mitarbeiter Sigmar Specht und Michael Seufert (\* 1949), am Mainzer Institut etabliert.

Mit Hilfe der Funkenmassenspektrometrie wurden 1969 vorläufige Multielementanalysen des Mondgesteins durchgeführt. Es war sozusagen ein Test, ob sich das Verfahren auch für die Konzentrationsbestimmung von Mondproben eignen würde (Abb. 4-4).<sup>82</sup> Klaus Peter Jochum (\* 1943), der seit Beginn seiner Doktorarbeit 1969 mit der Funkenmassenspektrometrie vertraut ist, beschrieb diese als sehr arbeitsaufwändig, hauptsächlich

<sup>80</sup> Bericht (wie Anm. 62).

<sup>81</sup> Klaus Peter Jochum: Drei Jahrzehnte Funkenmassenspektrometrie (SSMS) im Bereich Geo- und Kosmochemie am Max-Planck-Institut für Chemie Mainz. In: Ders., Brigitte Stoll, Michael Seufert: 20 Jahre Arbeitstagung „Festkörpermassenspektrometrie (1977–1997)“, 2. überarbeitete Aufl. Mainz 1998, S. 1–58, hier S. 3. – Vgl. auch Reinhardt, Lax, Heller: Interview mit Jochum (wie Anm. 63).

<sup>82</sup> Reinhardt, Lax, Heller: Interview mit Jochum (wie Anm. 63).





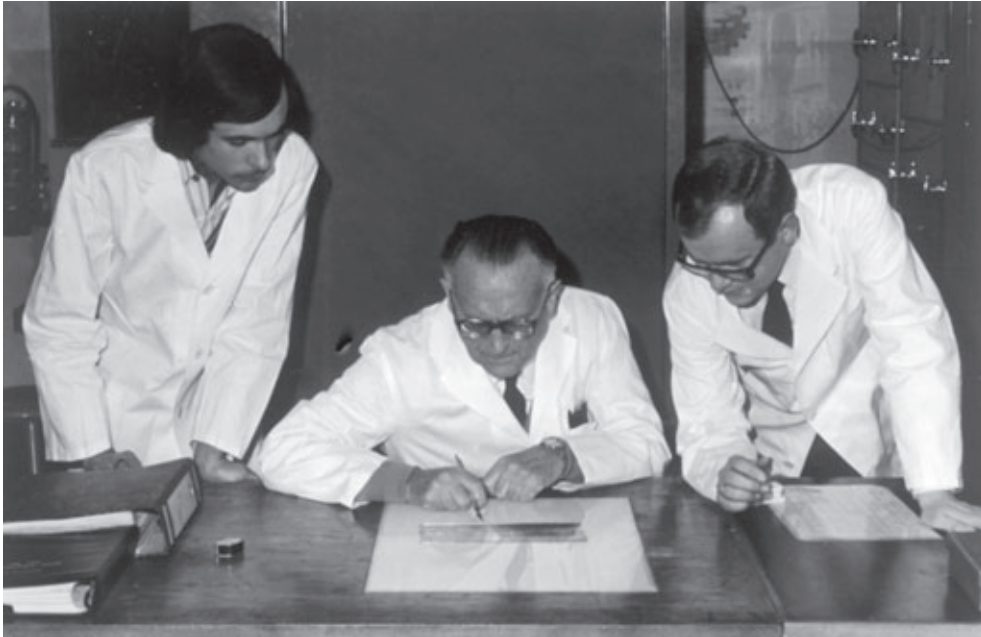
*Abb. 4-5: Michael Seufert beim Bedienen des Funkenmassenspektrometers MS 7, im Januar 1970. Direkt vor ihm das Fenster der Funkenionenquelle.*

wegen der Bestimmung der Schwärzungen der Massenlinien und der Erstellung nicht-linearer Schwärzungskurven.<sup>83</sup> Die MPI-Mitarbeiter Jochen Franzen und Klaus Dieter Schuy hatten Grundlagen für eine computergestützte Auswertung geschaffen, und Winfried Berghof etablierte die Methode 1970 zu einem Verfahren, das es auch für Steinmeteorite erlaubte, eine Isotopenanalyse vorzunehmen. Dennoch war die Fehleranfälligkeit zunächst recht hoch.<sup>84</sup> Nachdem 1971 auch der elektrometrische Nachweis ergänzend eingeführt wurde, wurde das Verfahren zu einer recht genauen und sehr empfindlichen Methode ausgearbeitet; hier war vor allem Klaus Peter Jochum beteiligt. 1974 wurde ein zweites AEI Massenspektrometer mit einer höheren Massenauflösung angeschafft, das MS702R.<sup>85</sup> In den folgenden Jahrzehnten wurde die Funkenmassenspektrometrie kontinuierlich weiter entwickelt, insbesondere durch die Anwendung der sehr

<sup>83</sup> Jochum: Drei Jahrzehnte (wie Anm. 81), S. 3 f.

<sup>84</sup> Ebda., S. 4. – Vgl. Winfried Berghof: Massenspektroskopische Spurenanalyse an Steinmeteoriten. Univ.-Diss. Mainz 1971.

<sup>85</sup> Jochum: Drei Jahrzehnte (wie Anm. 81), S. 17.



*Abb. 4-6: Michael Seufert, Heinrich Hintenberger und Winfried Berghof bei der Identifizierung der Massenlinien auf der Fotoplatte, 1970.*

genauen Isotopenverdünnungsmethode, und weitgehend automatisiert.<sup>86</sup> Die Detektion mit Fotoplatten blieb bis Mitte der 1990er Jahre Standard und wurde dann durch eine eigenentwickelte elektrometrische Methode ersetzt, die die Ionenströme selektiv verstärkte, die sogenannten Channeltrons. Die Funkenionenquelle wurde bis in die 2000er Jahre eingesetzt, ehe sie ganz durch ein anderes – viel schnelleres – massenspektrometrisches Verfahren der Laserablations-ICP-Massenspektrometrie ersetzt wurde.<sup>87</sup>

Hintenberger war ein Wissenschaftler, der bei aller hierarchischen Distanz zu den Mitarbeitern täglichen Kontakt zu den Ergebnissen der Laborarbeit hielt. Er musste jeden Tag neue Messergebnisse erhalten, um zufrieden zu sein. Gleichzeitig war er Leiter der Werkstatt. Diese Konstellation entsprach den Wünschen seiner Mitarbeiter, Doktoranden und Diplomanden, die oft auf Instrumentenentwicklung fokussiert waren und von

<sup>86</sup> Übersicht ebda., Tab. 1, S. 50.

<sup>87</sup> Reinhardt, Lax, Heller: Interview mit Jochum (wie Anm. 63).

der Werkstatt abhingen. Bis zu seinem Ausscheiden waren die meisten Massenspektrometer in der Abteilung Eigenbau des Instituts, was wie gesehen nicht mehr auf die Instrumente zutraf, mit denen Klaus Peter Jochum arbeitete, diese waren kommerzielle Spektrometer.<sup>88</sup> Mit der Meteoritenforschung war es Hintenberger gelungen, seine Methode an ein erfolgversprechendes neues Arbeitsgebiet anzudocken und seine Abteilung so langfristig zu verankern und auszubauen. Gegen Ende seiner Amtszeit, 1975, waren vier hochauflösende Massenspektrometer und darüber hinaus einige auf Edelgasanalyse in Meteoriten ausgelegte Massenspektrometer vorhanden. Insgesamt waren Stellen für fünf wissenschaftliche Assistenten und 9 ½ Stellen für technische Assistenten verfügbar. Zusätzlich arbeiteten sieben Stipendiaten, Doktoranden und Diplomanden, eine Sekretärin und ein bis zwei Gäste in der Abteilung.<sup>89</sup> Damit war sie nur geringfügig kleiner als die anderen Abteilungen.

Hintenberger hatte ursprünglich versucht, der Massenspektroskopie über den neuen, höchstaflösenden Massenspektrographen eine feste Verankerung in der Kernphysik zu geben. Als dies misslang, war seine Gruppe ausschließlich auf ein einziges Anwendungsfeld angewiesen, um die vorhandenen Instrumente auszulasten, aber vor allem, um erreichbare Ziele für die Weiterentwicklung der Methoden vorzugeben. Dieses Anwendungsfeld fand er in der Kosmochemie. Nachdem Paneth gestorben war, konnte er, da er als Direktor den verbliebenen Wissenschaftlern übergeordnet war, dominieren: Die Methode bestimmte weniger durch ihre inhärenten Charakteristika den Stil der Arbeiten, sondern durch die hierarchische Stellung des Vertreters der Methode. Damit stellte die Massenspektroskopie zumindest einen Partner für die sich etablierende Kosmochemie bereit und bildete eine wichtige Brücke für die Entwicklung dieser neuen Richtung am MPI, die später zu einer neuen Abteilung zu Kosmochemie unter Wänke und Begemann führen sollte und schließlich auch die Ausrichtung des MPI auf die Geochemie und die Atmosphärenchemie, in einer freilich offen angelegten Hinsicht, vorzeichnete.

1961 hatte sich angedeutet, dass ein Nachfolger Paneths nicht einfach gefunden werden konnte. Hans Eduard Suess (1909–1993), ein damals in den USA arbeitender Kernchemiker, hatte nach einem längeren Gastaufenthalt in Mainz abgesagt. Nachdem Mattauch zunächst einen Organiker, Theodor Wieland (1913–1995), damals in Frankfurt am Main, vorgeschlagen hatte, verwies die Chemisch-Physikalisch-Technische Sektion diesen

<sup>88</sup> Reinhardt, Lax, Heller: Interview mit Jochum (wie Anm. 63). – Vgl. auch Ludolf Schultz: Memorial for Heinrich Hintenberger. In: *Meteoritics* 26 (1991), S. 172.

<sup>89</sup> Beilage Abteilung Massenspektroskopie und Isotopenkosmologie (MPG-Archiv Abt. II, Rep. 1A, IB Chemie 1.5: Geo- und Kosmochemie 1975).

Vorschlag wieder an die Kommission zurück, mit dem Verweis, dass ein näher an den bestehenden Arbeitsgebieten des Instituts arbeitender Wissenschaftler gewonnen werden sollte.<sup>90</sup> Konsens unter den drei Direktoren Mattauch, Hintenberger und Wäffler war daraufhin, dass der Nachfolger „in erster Linie unter dem Gesichtspunkt des wissenschaftlichen Kontakts und der Zusammenarbeit mit der Massenspektroskopie und der Kernphysik“ ausgewählt werden sollte.<sup>91</sup> Mattauch war der Ansicht, dass dies am besten durch eine Berufung in der Kosmochemie oder der Kernchemie erreicht werden könne. In der Kosmochemie seien zwar „die gegenwärtigen experimentellen Möglichkeiten des Instituts [...] sehr gut“, nur schienen „geeignete Persönlichkeiten“ nicht in Aussicht zu stehen. Mattauch argumentierte hier für eine provisorische Lösung, das heißt für den Erhalt der bestehenden Gruppe um Wänke und Begemann unter Anschluss an eine bestehende Abteilung. (Dies geschah auch durch die Angliederung an die Abteilung Hintenbergers.) Waren für die Kosmochemie zwar die Instrumente, aber nicht die geeigneten Leiter vorhanden, so galt für die Kernchemie das genaue Gegenteil. Hier ergab „sich die Schwierigkeit, daß erfolgreiche Forschung auf diesem Gebiet heute nur unter Zuhilfenahme von Reaktoren oder großen Beschleunigern (oder am besten allen beiden) möglich ist“. In Mainz waren nun die Pläne für den Bau eines Linearbeschleunigers, des Linac, der gemeinsam mit der Universität Mainz genutzt werden sollte, bereits beschlossen, auch sollte die Universität, vor allem für die Arbeiten Straßmanns, einen Forschungsreaktor erhalten. „Damit könnte das Institut auch für einen Kernchemiker moderner Richtung attraktiv gestaltet werden, so daß man die Hoffnung nicht aufzugeben braucht, in absehbarer Zeit einen geeigneten Vertreter dieser Richtung zu finden.“<sup>92</sup> Diese Hoffnung war trügerisch, stand doch 1965 auch noch die Nachfolge von Mattauch an. So legte der Vorsitzende des Kuratoriums, der Vorstandsvorsitzende der Hoechst AG, Karl Winnacker (1903–1989), in einem privaten Schreiben an den Präsidenten der MPG, Adolf Butenandt (1903–1995), 1963 seine Sorgen über die Ausrichtung des Instituts offen: „Wenn auch die Meteoriten-Forschung fortgesetzt wird und in Zusammenhang mit den massenspektrographischen Arbeiten schöne Erkenntnisse bringt, so muß man doch wohl dabei bleiben, daß die Chemische Abteilung ohne eigentliche Führung ist.

<sup>90</sup> Niederschrift über die Sitzung der Kommission betr. Nachfolge Paneth in Würzburg am 25. 2. 1961 (MPG-Archiv, Abt. III, Rep. 28, Nr. 37-13). – Vgl. auch Carl Wagner, Vorsitzender der CPT-Sektion an Mattauch, 6. 3. 1963 (MPG-Archiv, Abt. III, ZA 95, Nr. 2: MPG 1. 1. 1955–Dez. 1962).

<sup>91</sup> Josef Mattauch: Max-Planck-Institut für Chemie. Memorandum für die Mitglieder der Kommission für die Paneth-Nachfolge, S. 8, Beilage zur Niederschrift über die Kommissionssitzung vom 25. 2. 1961 (MPG-Archiv, Abt. III, Rep. 28, Nr. 37-13).

<sup>92</sup> Ebda., S. 9.

Die physikalische Seite ist durch die massenspektrographischen Arbeiten, insbesondere auch durch den Bau des neuen Präzisions-Spektrographen mit sehr großer Auflösung in der ganzen Welt bekannt. Trotzdem sind viele Freunde des Instituts der Meinung, daß wir uns hier mit einem so großen Institut doch auf einem sehr engen Raum bewegen. Die Diskussionsbemerkungen, die Herr Prof. Hahn bei früheren Sitzungen gemacht hat, liefen in die gleiche Richtung.“<sup>93</sup>

#### 4.6 Organisatorische Neuausrichtung (1968–1978)

In den folgenden Jahren scheiterten zahlreiche Versuche, neue chemische Arbeitsrichtungen an das Mainzer MPI zu bringen, sogar die Schließung des Instituts wurde erwogen (vgl. den Beitrag von Meinrat O. Andreae in diesem Band). Die Massenspektroskopie selbst hatte nicht die Ausstrahlungskraft und das wissenschaftliche Prestige, um diese Lücke zu füllen. Zwar gab es Mitte der 1960er Jahre hauptsächlich in den USA erfolgreiche Versuche, die Massenspektroskopie auf die Organische Chemie auszudehnen, eine Arbeitsrichtung, die dann weiter in die Biochemie ausgriff.<sup>94</sup> Es hätte also durchaus Anknüpfungspunkte gegeben, die aber offenbar nicht erkannt wurden. Scheinbar wurde die Massenspektroskopie in der Chemisch-Physikalisch-Technischen-Sektion der MPG ausschließlich als physikalische Forschungstechnologie gesehen, deren Bezüge zur Chemie in der Kern-, Geo- und Kosmochemie lagen, aber nicht über diese hinausgingen. 1968 gelang schließlich der Befreiungsschlag, als mit dem Mainzer Meteorologen Christian Junge (1912–1996) eine neue Forschungsrichtung, die Atmosphärenchemie, an das Institut geholt wurde, die neben dem großen eigenständigen Potential auch Bezüge zu den bestehenden Abteilungen, hier auch der Massenspektroskopie, erkennen ließ (vgl. die Beiträge von Andreae und Ruprecht Jaenicke in diesem Band). So wurde von der Leitung der MPG in der Senatssitzung betont, dass die Atmosphärenchemie vor allem auf methodischem Gebiet Schnittmengen mit den bereits bestehenden Abteilungen aufwies.<sup>95</sup> Tatsächlich arbeiteten in Junges Abteilung zwei Arbeitsgruppen mit Massenspektroskopie, in der Reaktionskinetik unter Peter Warneck zur direkten Identifizierung

<sup>93</sup> Winnacker an Butenandt, 28. 1. 1963 (MPG-Archiv, Abt. II, Rep. 1A, IB Chemie 1.3: Kuratorium).

<sup>94</sup> Vgl. Carsten Reinhardt: *Shifting and Rearranging. Physical Methods and the Transformation of Chemistry*. Sagamore Beach 2006.

<sup>95</sup> Materialien für die Sitzung des Senats der MPG, 5. 3. 1968 in Stuttgart: betr. Punkt II.3 b 2) (Berufung Junges), Kopie (MPG-Archiv, Abt. II, Rep. 1A, PA Junge, Bd. 2).

von Reaktionsprodukten und in der Arbeitsgruppe Manfred Schidlowskis zur Bestimmung von Isotopenverhältnissen. Warneck verwendete sowohl ein selbst konstruiertes Photo-Ionisationsmassenspektrometer als auch ein Tandem-Massenspektrometer, hatte aber keine direkten Arbeitsbeziehungen zu Hintenbergers Abteilung.<sup>96</sup>

Nach dem Amtsantritt Junges wurde eine Satzung nach dem Kollegialprinzip erarbeitet, wonach die Leiter der selbstständigen Abteilungen und Wissenschaftlichen Mitglieder des Instituts gemeinsam in einem Gremium die Institutsleitung übernehmen sollten, wobei der Geschäftsführende Direktor, der das Institut nach außen vertrat, zunächst vom Präsidenten der MPG bestimmt wurde. Dabei war dieser aber an die Beschlüsse des Kollegiums gebunden.<sup>97</sup> Junge übernahm dieses Amt 1971, das mit der Satzung von 1973 nach dem Rotationsprinzip (drei Jahre, gewählt vom Kollegium) besetzt wurde. Damit war auch die Möglichkeit unterbunden, dass ein Institutsdirektor zu dominierend werden konnte, wie es unter Mattauchs Leitung der Fall gewesen war. Dieser hatte das MPI in eine einseitig physikalische Richtung geführt. Die massenspektroskopische Abteilung konnte keine inhaltliche Eigenständigkeit erreichen und blieb thematisch von der Kosmochemie abhängig; sie konnte aber trotz der nun fehlenden Dominanz des Abteilungsdirektors in Hinblick auf die ausgezeichneten, in der Welt fast einzigartigen experimentellen Möglichkeiten weiterhin erfolgreich betrieben werden. Die Kernphysik war im wesentlichen von dem gemeinsam mit der Universität betriebenen Linearbeschleuniger Linac abhängig, war aber wohl zu klein, um international auf Dauer anschlussfähig zu sein. Charakteristisch ist, dass sich die kernphysikalische und die massenspektroskopische Abteilung um Instrumente herum bildeten und wegen des Betriebs bzw. Aufbaus dieser Instrumente selbstständige Abteilungen wurden.

Durch die Arbeiten über das Mondgestein erhielt die massenspektroskopische Abteilung hohes Prestige, wobei sie darin aber auf einen einzelnen Anwendungsbereich fokussiert blieb; freilich war ihre internationale Spitzenstellung in diesem Spezialgebiet anerkannt. Darüber hinaus brachte nun die Entwicklung der Funkenmassenspektrometrie eine erhebliche Erweiterung des Untersuchungsgebietes. Mit ihrer Hilfe konnte man durch die Meteoritenforschung sozusagen eine Elementkartierung des Sonnensystems vorneh-

<sup>96</sup> E-Mail Peter Warneck an Carsten Reinhardt, 15. 8. 2012.

<sup>97</sup> Die entsprechende Neufassung der Satzung wurde zunächst zurückgestellt, durfte aber bereits praktiziert werden (MPG-Archiv, Abt. II, Rep. 1A, Protokoll der 62. Senatssitzung vom 9. 3. 1969, S. 42. – Ebda., IB Chemie 1.2: Kuratorium. – Ebda., PA Junge, Bd. 2, Schreiben Butenands vom 10. 3. 1969.) – Junge wird erst im Verzeichnis der Organe und Institute der MPG vom 1. 1. 1971 offiziell als geschäftsführend bezeichnet.

men. Dies bot genug Spielraum, um die Ausgliederung der Meteoritenforschungsgruppe um Wänke zu verkraften. Von 1969 an arbeiteten zwei Abteilungen auf dem Gebiet, wobei sich Wänke mit der Multielementanalyse nach vorangegangener Neutronenaktivierung von der Massenspektroskopie methodisch unabhängig machte (vgl. den Beitrag von Palme in diesem Band). Ab Ende der 1970er Jahre sollte die Funkenmassenspektrometrie auch für den neuen Arbeitsschwerpunkt des MPI für Chemie eine ideale Untersuchungsmethode bilden.

1976, unter dem Vorzeichen der Emeritierungen Junges, Wäfflers und Hintenbergers, wurde die neue Arbeitsrichtung des MPI auf „Geochemie im weitesten Sinne“ festgelegt.<sup>98</sup> Die Abteilung für Massenspektroskopie wurde 1978 geschlossen, wobei Hintenberger wie üblich auch für eine Übergangszeit nach seiner Emeritierung Techniker und Arbeitsmöglichkeiten bekam. Friedrich Begemann, der zum Wissenschaftlichen Mitglied und zum Direktor der Abteilung Isotopenkosmologie ernannt worden war, übernahm für zwei Jahre die verbleibenden Arbeitsgruppen zur Massenspektroskopie, bevor eine davon 1980 in die neu gegründete Abteilung Geochemie unter Albrecht W. Hofmann einging.

Der aus den USA berufene Hofmann forschte über die Geochemie des Erdmantels, vor allem zu radiogenen Isotopen in ozeanischen Basalten. Als hauptsächliche Untersuchungsmethode wurde hier, unter anderen von dem aus den USA mit nach Mainz gekommenen William White, die Thermionenmassenspektrometrie etabliert. In dieser Richtung arbeitete dann ebenfalls Hans Voshage. Auch Wolfgang Todt befasste sich mit geochronologischen Fragestellungen unter Zuhilfenahme massenspektrometrischer Methoden. Klaus Peter Jochum brachte die Funkenmassenspektrometrie in die Abteilung ein, die er auf die neuen Anwendungen in der Mantelgeochemie ausrichtete. Unter Hofmann war die Massenspektrometrie der wesentliche methodische Eckpfeiler der Abteilung für Geochemie.<sup>99</sup> In Begemanns Abteilung zur Isotopenkosmologie verblieben

<sup>98</sup> Vgl. Vermerk Dr. Marsch, 22. 10. 1976, für Reimar Lüst (MPG-Archiv, Abt. II, Rep. 1A, IB Chemie 1.6: Fachbeirat Geochemie). – Anlage zur Kuratoriumssitzung am 9. 11. 1976 (MPG-Archiv, Abt. II, Rep. 1A, IB Chemie 1.2: Kuratorium). – Gesprächsprotokoll vom 1. 12. 1977 (Generalverwaltung, Betriebsrat, MPIC Verwaltung). – Reimar Lüst an Wäffler, Entwurf, 7. 10. 1976. – Auszug aus dem Senatsprotokoll der MPG, 19. 11. 1976, mit dem Vermerk, das MPI für Chemie „auf den Bereich der Geochemie im weitesten Sinne auszurichten und bei künftigen Berufungen eine stärkere Integration und Kooperation der Forschungsrichtungen sicherzustellen“ (alles MPG-Archiv, Abt. II, Rep. 1A, IB Chemie 1.8: Korrespondenz 1975–1979).

<sup>99</sup> Lax, Reinhardt, Heller: Interview mit Jochum (wie Anm. 63).



aus Hintenbergers alter Abteilung Ludolf Schultz und Hartwig Weber.<sup>100</sup> In dieser Zeit wurde die Entscheidung getroffen, den nicht operativ einsetzbaren, großen Massenspektrographen abzureißen. Schultz, teilweise in Zusammenarbeit mit Ulrich Ott, führte in Begemanns Abteilung die massenspektroskopischen Edelgasbestimmungen in Meteoriten weiter fort. Diese Arbeiten trugen mit zur Entdeckung der prä-solaren Materie bei, wodurch Einblicke in die Vorgeschichte des Sonnensystems möglich wurden. In dieser Richtung wird am MPI auch heute noch mit stark veränderten massenspektroskopischen Methoden durch Peter Hoppe gearbeitet, der 1997 von der Universität Bern nach Mainz kam.<sup>101</sup>

Mit Hintenbergers Emeritierung und der Schließung der Abteilung für Massenspektroskopie war eine 30 Jahre währende Dominanz der Methode über die Problemstellung zu Ende gegangen. Die massenspektroskopisch arbeitenden Teams wurden als Arbeitsgruppen den thematisch orientierten Abteilungen der Geochemie und der Kosmochemie zugewiesen; auch in der Abteilung Atmosphärenchemie wurde – neben vielen anderen Methoden – mit Massenspektroskopie gearbeitet. Es war nun nicht mehr so, dass sich die methodisch ausgerichteten Abteilungen Problemfelder und Fragestellungen aneigneten. Die Massenspektroskopie war zu einer Methode, wenn auch zu einer wichtigen, unter mehreren geworden, sie stand nicht mehr im Mittelpunkt der Ausrichtung des ganzen Instituts wie bis 1965 oder zumindest einer Abteilung wie bis 1978.

#### 4.7 Klammer des Instituts?

Ob die Massenspektroskopie während der 40 Jahre währenden Selbstständigkeit am KWI/MPI für Chemie eine Verklammerung oder eher eine Umklammerung der bestehenden Arbeitsgebiete bildete, kann hier nicht abschließend bewertet werden; wahrscheinlich war beides der Fall. Ursprünglich als Forschungstechnologie für Kernchemie und Kernphysik entwickelt, hat die Massenspektroskopie eine erstaunliche Zähigkeit und Langlebigkeit bewiesen, sie hat alle Krisen und Umbrüche des Instituts überstanden. Freilich war es ihr nicht gelungen, sich als autonomes Forschungsfeld zu behaupten. Dies wäre wohl nur erreichbar gewesen, wenn die hochfliegenden Pläne eines ultrapräzisen Massenspektrographen erfolgreich hätten verwirklicht werden können. Dadurch hätte

<sup>100</sup> Lax, Reinhardt, Heller: Interview mit Jochum (wie Anm. 63) und E-Mail Klaus Peter Jochum an Carsten Reinhardt, 20. 8. 2012.

<sup>101</sup> E-Mail Herbert Palme an Carsten Reinhardt, 16. 8. 2012.

die Methode eventuell ein solches Eigengewicht entwickeln können, dass sie selbstständig geblieben wäre. Ebenfalls wurden die Chancen verpasst, das MPI und die Methode auf neue Anwendungsfelder, die Organische Chemie und die Biochemie, auszurichten. Hier waren es wohl interne forschungsstrategische Interessen der MPG, die dies verhinderten. Letztendlich wäre eine Kombination von Teilchenbeschleuniger und Massenspektrometer, wie sie Ende der 1970er Jahre vor allem in den USA entwickelt wurde, eine für den Standort Mainz sehr gut passende Möglichkeit gewesen. Diese Entwicklung kam für die Abteilungen bzw. Gruppen in der Massenspektroskopie und der Kernphysik aber zu spät, um noch ernsthaft erwogen zu werden. Die beiden klassischen Möglichkeiten für eine Methode, kognitive Dominanz zu erreichen, nämlich zum einen das Höher-schrauben der instrumentellen Entwicklung als Selbstzweck und zum anderen die Erschließung immer neuer Anwendungsbereiche, führten nach vier Jahrzehnten am MPI für Chemie also nicht mehr zu einer erfolgreichen Fortsetzung.

Dennoch lässt sich abschließend festhalten, dass die Massenspektroskopie eine erstaunliche Variabilität und Flexibilität bewiesen hat. Von der Kernchemie zur Kosmochemie zur Geochemie läuft ihre Entwicklung in einer fast bruchlos erscheinenden Weise. Dies wurde ihr durch das Prinzip ermöglicht, das es den Direktoren am Institut erlaubte, ihre Entscheidungen selbstständig zu treffen und die Methode über das Problem zu stellen. Organisatorische Hierarchie dominierte in diesem Fall, nicht die inhaltliche Problemstellung, zumindest bis Ende der 1960er Jahre. Ebenfalls eine wichtige Rolle spielte das Momentum einer bestehenden Infrastruktur, also der Werkstätten und der Instrumente und Maschinen, inklusive der mit ihnen arbeitenden Mechaniker und Wissenschaftler. Kernphysik und Kernchemie, die beiden ‚Flügel‘ des Instituts, waren durch Verzögerungen beim Aufbau ihrer Forschungsapparaturen in ihrer Schlagkraft beeinträchtigt. Darüber hinaus verließ 1953 Straßmann das Institut, und die Kernphysik wurde erst relativ spät, 1959, hierarchisch selbstständig. 1968 änderte sich die Lage, als mit der Atmosphärenchemie eine neue Forschungsrichtung an das Institut kam. Gleichzeitig wurde das Direktorial-Prinzip durch eine kollegiale Verfassung abgelöst. Damit löste sich mit der Dominanz des Direktors auch die Dominanz der Methode auf. Die weitere Entwicklung des MPI für Chemie in Mainz war seit Ende der 1970er Jahre auf die Problemstellungen der Atmosphären-, Geo- und Kosmochemie und nicht auf eine Methode ausgerichtet. Pluralität in der Methodenwahl und eine durch das Kollegium aller Wissenschaftlichen Mitglieder getragene Institutsleitung stützten das neue Paradigma.





## 5 Biogeochemische Forschung am Kaiser-Wilhelm-/ Max-Planck-Institut für Chemie

Meinrat O. A n d r e a e

cedit item retro, de terra quod fuit ante,  
in terras, et quod missumst ex aetheris oris,  
id rursum caeli rellatum templa receptant.  
nec sic interemit mors res ut material  
corpora conficiat, sed coetum dissupat ollis;  
inde aliis aliud coniungit et efficit, omnis  
res ut convertant formas mutentque colores<sup>1</sup>

Ebenso kehrt, was der Erde vorher entstammt ist, zur Erde  
Wieder zurück, und es steigt, was aus Äthers Höhen herabkam,  
Wieder empor und zurück empfängt es das Himmelsgewölbe.  
Denn es vernichtet der Tod nichts derart, daß er des Stoffes  
Urelemente zerstörte. Er trennt nur ihre Verbindung;  
Dann verbindet er weiter das ein' und andre und wirkt so,  
Dass er bei allen die Formen verkehrt und die Farben verändert<sup>2</sup>

### 5.1 Einleitung – Biosphäre und Biogeochemie

Lange Zeit galten die Lebewesen auf unserem Planeten als Passagiere, die sich den von geologischen und meteorologischen Gewalten geschaffenen Umweltbedingungen anpassen mussten und die nur einen dünnen, unbedeutenden Film auf der Oberfläche der Erde ausmachten. Der österreichische Geologe Eduard Suess (1831–1914) prägte den

<sup>1</sup> Titus Lucretius Carus: De Rerum Natura, 2. Buch, Vers 999–1005.

<sup>2</sup> Lukrez: Über die Natur der Dinge. Aus dem Lateinischen übersetzt von Herrmann Diels (1924), Neuauflage erschienen in: Philosophische Schriften, Band 12 (1957), Berlin, S. 90.



Begriff ‚Biosphäre‘ in seinem 1875 erschienen Buch „Die Entstehung der Alpen“: „Eines scheint fremdartig auf diesem großen, aus Sphären gebildeten Himmelskörper, nämlich das organische Leben. Aber auch dieses ist auf eine bestimmte Zone beschränkt, auf die Oberfläche der Lithosphäre. Die Pflanze, welche ihre Wurzeln Nahrung suchend in den Boden senkt und gleichzeitig sich atmend in die Luft erhebt, ist ein gutes Bild der Stellung organischen Lebens in der Region der Wechselwirkung der oberen Sphären und der Lithosphäre, und es lässt sich auf der Oberfläche des Festen eine selbständige Biosphäre unterscheiden. Sie dehnt sich jetzt über die trockene wie über die benetzte Oberfläche aus [...]“<sup>3</sup>

Er erwähnt die Biosphäre aber nur dieses eine Mal, im letzten Abschnitt seines kleinen Buches, und kommt auch in seinem großen geologischen Werk „Das Antlitz der Erde“ nicht wieder darauf zurück.<sup>4</sup> Sein Enkel, Hans Eduard Suess (1909–1993), war ein physikalischer Chemiker und Kernphysiker und wurde 1969 zum Auswärtigen Mitglied des Max-Planck-Instituts (MPI) für Chemie berufen, nachdem er 1960 einen Ruf als Direktor an das MPI in der Nachfolge von Friedrich Paneth abgelehnt hatte.<sup>5</sup> Er war von 1955 bis in die 1990er Jahre an der Scripps Institution of Oceanography und der University of California San Diego (also auch in den Jahren 1974 bis 1978, in denen ich als Doktorand an der Scripps Institution of Oceanography war) und leistete wichtige Beiträge zur <sup>14</sup>C-Datierung und zum atmosphärischen Kohlenstoffkreislauf – Kernthemen aktueller biogeochemischer Forschung. Eduard Suess verstand unter der Biosphäre die Zone auf der Oberfläche der Lithosphäre, in der ‚organisches Leben‘ präsent war. Aus seinen wenigen Worten geht nicht eindeutig hervor, ob er damit nur den Raum des organischen Lebens meinte oder ob er die Lebewesen selbst mit einschloss. Pierre Teilhard de Chardin (1881–1955), der Suess’ Buch von der Entstehung der Alpen gelesen hatte, verengte diesen Begriff, indem er ihn nur auf die Totalität der Lebewesen, auch ‚Biota‘ genannt, bezog.<sup>6</sup> Im Gegensatz dazu stehen die bahnbrechenden Arbeiten des ukrainisch-russischen Mineralogen und Geochemikers Vladimir Ivanovich Vernadsky (1863–1945), der den Begriff Biosphäre in so entscheidender Weise erweiterte, dass er zum Grundstein der Biogeochemie und Erdsystemwissenschaft werden konnte.<sup>7</sup>

<sup>3</sup> Eduard Suess: Die Entstehung der Alpen. Wien 1875, S. 159.

<sup>4</sup> Eduard Suess: Das Antlitz der Erde. Prag/Wien/Leipzig 1892.

<sup>5</sup> Protokoll der Berufungskommission vom 19. 1. 1961 (Archiv der MPG (künftig MPG-Archiv), Abt. II MPG, Rep. 1A Chemisch-Physikalisch-Technische Sektion, Chemie).

<sup>6</sup> Pierre Teilhard de Chardin: La Face de la Terre. Oeuvres. Tôme 3: La Vision du Passé. Paris 1961, S. 411–467.

<sup>7</sup> Владимир Иванович Вернадский (Vernadskii): Биосфера (Biosfera). Leningrad 1926. – Vladimir Ivanovich Vernadsky: The Biosphere (übersetzt von D.B. Langmuir). New York 1997.



Abb. 5.1: Eduard Suess.



Abb. 5-2: Vladimir Ivanovich Vernadsky.

Für Vernadsky umfasste die Biosphäre das gesamte globale Ökosystem, das heißt sowohl die Gesamtheit der Lebewesen wie auch deren Lebensraum. Sein Kerngedanke ist, dass „[...] das Leben ein nicht trennbares und nicht auflösbares Ganzes darstellt, in dem alle Teile untereinander und mit der leblosen Materie der Biosphäre verbunden sind“.<sup>8</sup> Das Leben ist für ihn die dominante geologische Kraft von der Stratosphäre bis in die Tiefen der Erdkruste, und diese Kraft wirkt durch biologisch gesteuerte geochemische, also ‚bio-geochemische‘ Prozesse. Photosynthetische Organismen fangen Sonnenenergie ein und wandeln sie in chemische freie Energie um, welche dann die Räder der geochemischen Kreisläufe in Bewegung setzt.<sup>9</sup> Lebendige Organismen beschleunigen um ein Vielfaches die Verwitterung von Gesteinen zu Böden, bilden andererseits wieder einen Großteil der marinen Sedimente (Diatomeen, Coccolithen, usw.) und damit das Ausgangsmaterial für die marine und kontinentale Erdkruste. So beeinflusst das Leben die Zusammensetzung der Erde durch die gesamte Erdkruste, und wie wir heute wissen, sogar den Erdmantel durch Subduktion mariner Sedimente. Werden die Überreste biologischen Materials in Sedimenten begraben, so wird freie Energie von der Sonne in der Erdkruste als

<sup>8</sup> Ebda., S. 148.

<sup>9</sup> Ebda., S. 47 ff., 58 f. und 107 f.

Kohle, Erdöl oder Erdgas gespeichert.<sup>10</sup> „Strahlungsenergie, die durch das Wirken der lebenden Materie auf das Innere des Planeten immer tiefer eindringt, hat die Erdkruste durch alle Tiefen verändert, die der Beobachtung zugänglich sind.“<sup>11</sup> Vernadsky erkannte, dass die Gase, aus denen die Atmosphäre besteht ( $O_2$ ,  $N_2$ ,  $CO_2$ ,  $H_2O$ ,  $CH_4$  usw.) das Produkt der ‚Atmung der Biosphäre‘ sind.<sup>12</sup> Damit beeinflusst das Leben sowohl die Temperatur an der Erdoberfläche durch den Treibhauseffekt als auch den Wasserkreislauf durch die Evapotranspiration. Selbst die Ozonschicht in der Stratosphäre, die die Lebewesen vor schädlicher UV-Strahlung schützt, könnte nicht existieren ohne den Sauerstoff aus der Photosynthese: „Das Leben erzeugt sowohl den freien Sauerstoff in der Erdkruste als auch das Ozon, das vor der schädlichen kurzwelligigen Strahlung der Himmelskörper schützt.“<sup>13</sup> In seinem kleinen Buch diskutiert Vernadsky einen Großteil der Themen heutiger biogeochemischer Forschung am MPI für Chemie: Die Rolle der Biosphäre in den Kreisläufen von Calcium, Silicium, Phosphor, Schwefel, Stickstoff; den Einfluss von Prozessen in Böden auf die Zusammensetzung von Flüssen und Meerwasser; die zentrale Rolle der Bodenfeuchte für biogeochemische Prozesse; die Emission von  $H_2S$  und  $NH_3$  in die Atmosphäre; das Wechselspiel von oxidierenden und reduzierenden Mikroorganismen bei der Umwandlung von Schwefel- und Stickstoffverbindungen; die Rolle von Bakterien und Pilzsporen als Bioaerosole usw. Sogar die Verwendung von Isotopen zur Erforschung biogeochemischer Prozesse ist schon angedeutet.<sup>14</sup>

Leider war Vernadsky seiner Zeit um Jahrzehnte voraus, und seine Arbeiten waren, besonders im Westen, bis in die 1980er Jahre weitgehend vergessen. Seine Leistung wurde hauptsächlich in den ökologischen Wissenschaften gewürdigt, wo der Begriff ‚Ökosystem‘ analog zu Vernadskys Biosphäre auch die Gesamtheit von Lebewesen und Lebensraum umfasst. So schreibt George Evelyn Hutchinson (1903–1991): „The concept [biosphere] played little part in scientific thought, however, until the publication, first in Russian in 1926 and later in French in 1929 (under the title *La Biosphère*), of two lectures by the Russian mineralogist Vladimir Vernadsky. It is essentially Vernadsky’s concept, developed about 50 years after Suess wrote, that we accept today.“<sup>15</sup> Es ist also diese Gesamtheit von Lebewesen und Lebensraum, die heute in den Wissenschaften der Erde mit dem Begriff ‚Biosphäre‘ bezeichnet wird.

<sup>10</sup> Ebda., S. 136 f.

<sup>11</sup> Ebda., S. 88.

<sup>12</sup> Ebda., S. 70 ff.

<sup>13</sup> Ebda., S. 120.

<sup>14</sup> Ebda., S. 86.

<sup>15</sup> George Evelyn Hutchinson: *The Biosphere*. In: *Scientific American* 223 (1970), S. 45–53.



Abb. 5-3: James (Jim) Lovelock.



Einige Jahrzehnte später als Vernadsky entwickelte James E. (Jim) Lovelock (\* 1919) die Gaia-Hypothese, in der er noch über den Begriff einer als System verstandenen Biosphäre hinausgeht.

Er hatte sich in den sechziger Jahren darüber Gedanken gemacht, wie man Leben auf fernen Planeten entdecken könnte. Er ging dabei von einer thermodynamisch basierten Definition des Lebens aus, wie es auch Vernadsky und Erwin Schrödinger (1887–1961)<sup>16</sup> ähnlich verstanden hatten: „Life is one member of the class of phenomena which are open or continuous reaction systems able to decrease their entropy at the expense of substances or energy taken in from the environment and subsequently rejected in a degraded form.“<sup>17</sup> Er schlug deshalb vor, dass das Vorhandensein einer Atmosphäre, in der die Gase weit entfernt vom thermodynamischen Gleichgewicht sind, ein untrügliches Zeichen für das Vorhandensein von Leben auf einem Planeten wäre. In den nächsten

<sup>16</sup> Erwin Schrödinger: *What is life?* Cambridge/Großbritannien 1944.

<sup>17</sup> James E. Lovelock: *A physical basis for life detection experiments*. In: *Nature* 207 (1965), S. 568–570.

*Abb. 5-4: Christian Junge.*

Jahren entwickelte Lovelock zusammen mit Lynn Margulis (1938–2011) diesen Gedanken weiter. Wenn das Leben die Zusammensetzung der Atmosphäre kontrolliert, so Lovelock, dann auch das Klima, die Zusammensetzung der Gewässer, die ganze physische Umwelt. Er folgerte, dass die Biosphäre also mehr ist als die Summe seiner Teile und nannte diesen Super-Organismus ‚Gaia‘, nach der griechischen Göttin der Erde.<sup>18</sup> Ein Kerngedanke der Gaia-Hypothese ist, dass das Leben seine physische Umwelt nicht nur gewissermaßen blind beeinflusst, sondern dass es aktiv die Umweltbedingungen regelt und zu seinen Gunsten optimiert.<sup>19</sup> Besonders dieser teleologische Aspekt der Gaia-Hypothese wird oft heftig kritisiert.<sup>20</sup> Lovelock stellte 1973 seine Gedanken auf dem ‚International Symposium on Trace Gases‘ in Mainz einem breiten wissenschaftlichen

<sup>18</sup> James E. Lovelock: Gaia as seen through the atmosphere. In: *Atmospheric Environment* 6 (1972), S. 579 f.

<sup>19</sup> James E. Lovelock, Lynn Margulis: Atmospheric homeostasis by and for the biosphere. The gaia hypothesis. In: *Tellus* 26 (1974), S. 2–10.

<sup>20</sup> Z.B. George C. Williams: Gaia, nature worship and biocentric fallacies. In: *Quarterly Review of Biology* 67 (1992), S. 479–486. – James W. Kirchner: The Gaia hypothesis: Fact, theory, and wishful thinking. In: *Climatic Change* 52 (2002), S. 391–408.

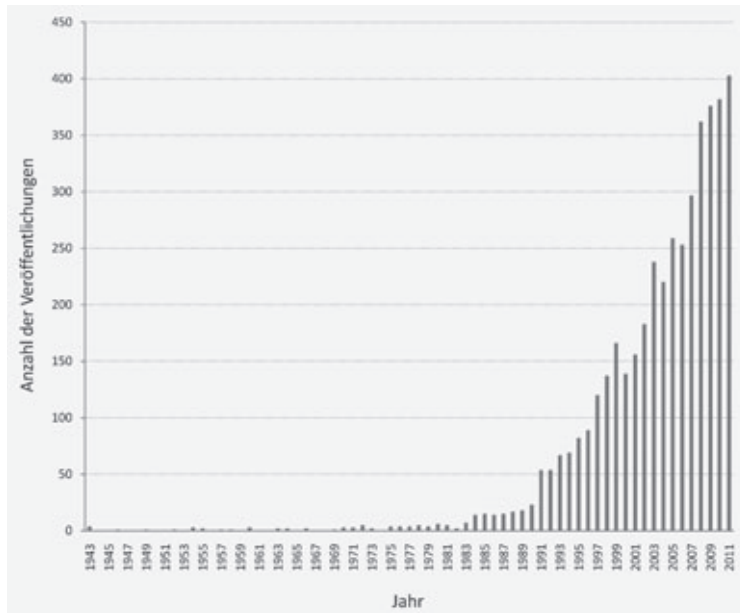


Abb. 5-5: Jährliche Anzahl der Veröffentlichungen, bei denen „Biogeochemistry“ im Titel oder Abstract vorkommt.

Publikum vor, dem viele führende Atmosphärenwissenschaftler angehörten. Leiter des Symposiums war der damalige Direktor des MPI für Chemie, Christian Junge (1912–1996).

In der Folge hatte Lovelocks systemarer, integrativer Ansatz großen Einfluss auf die Entwicklung in den Erdwissenschaften, in denen heute das Konzept eines gesamtheitlichen ‚Systems Erde‘ selbstverständlich scheint. Überraschend ist, dass Lovelock und Margulis trotz aller Ideenverwandtschaft die Arbeiten Vernadskys lange Zeit unbekannt blieben. In seiner Besprechung der verkürzten englischen Ausgabe von Vernadskys ‚Biosphäre‘ bekennt James Lovelock: „When Lynn Margulis and I introduced the Gaia hypothesis in 1972 neither of us was aware of Vernadsky’s work and none of our much more learned colleagues drew our attention to the lapse. We retraced his steps and it was not until the 1980s that we discovered him to be our most illustrious predecessor.“<sup>21</sup>

<sup>21</sup> James E. Lovelock: Pehistory of Gaia (Review of “The Biosphere” by V. Vernadsky). In: New Scientist 17. 7. 1986, S. 51.

Der Begriff ‚Biogeochemie‘ taucht zuerst in einer Schrift Vernadskys auf,<sup>22</sup> in der er 1923 die Einrichtung eines ‚bio-geochemical laboratory‘ vorschlug. Vernadsky richtete 1926 in Leningrad die ‚Forschungsgruppe Lebende Materie‘ ein, die 1928 in das Biogeochemische Laboratorium der Akademie der Wissenschaften umgewandelt wurde. Nach dem Umzug der Sowjetischen Akademie der Wissenschaften von Leningrad nach Moskau in der Mitte der 1930er Jahre entstand daraus am 20. März 1947 das Vernadsky-Institut für Geochemie und Analytische Chemie.<sup>23</sup> Vernadsky verwendete den Begriff ‚Biogeochemie‘ relativ selten in ‚Биосфера‘ (1926), doch ab 1935 wird er zentraler Bestandteil mehrerer seiner Veröffentlichungen.<sup>24</sup> In Thomson-Reuters Web of Science Index findet sich ‚biogeochemistry‘ zum ersten Mal 1943 in G. Evelyn Hutchinson’s Artikel über ‚The biogeochemistry of aluminum [...]‘.<sup>25</sup> Der Begriff blieb bis in die Mitte der 1980er Jahre relativ selten, gewann aber in der Folge zunehmend an Bedeutung, so dass heute jährlich über 400 Veröffentlichungen mit ‚biogeochemistry‘ im Titel oder Abstract publiziert werden. Ein Überblick über die Ursprünge und Entwicklung der Biogeochemie findet sich bei Eville Gorham.<sup>26</sup>

Als wissenschaftliche Disziplin untersucht die Biogeochemie heute die biologischen, chemischen, physikalischen und geologischen Prozesse, die den Raum der Biosphäre von der oberen Atmosphäre bis tief in die Erdkruste gestalten.<sup>27</sup> Ein besonderer Schwerpunkt liegt dabei auf der Untersuchung der biogeochemischen Kreisläufe der ‚Elemente des Lebens‘: Kohlenstoff, Stickstoff, Schwefel und Phosphor. Spurenelementkonzentrationen und Isotopenhäufigkeiten werden in der biogeochemischen Forschung oft als Indikatoren (Tracer) für Stoffflüsse und Prozesse verwendet.

Nach dieser ideengeschichtlichen Einleitung wenden wir uns der Entwicklung biogeochemischer Forschungsarbeiten am MPI für Chemie zu. Die Erforschung von Schadstoffen in Wasser und Luft gehörte zum ursprünglichen Mandat des Instituts, geriet jedoch lange in Vergessenheit. In den Anfangsjahren spielten biochemische Arbeiten eine wich-

<sup>22</sup> Vladimir Vernadsky: A plea for the establishment of a bio-geochemical laboratory. The Marine Biological Station at Port Erin (Isle of Man) Annual Report. In: Transactions of the Liverpool Biological Society 37 (1923), S. 38–43.

<sup>23</sup> Academician E. Galimov, URL: <http://intranet.geokhi.ru/en/Institute/Home.aspx>, retrieved: 27. 7. 2012.

<sup>24</sup> Bibliography. In: Vernadsky: The Biosphere (wie Anm. 7).

<sup>25</sup> G. Evelyn Hutchinson: The biogeochemistry of aluminum and of certain related elements. In: Quarterly Review of Biology 18 (1943), S. 1–29.

<sup>26</sup> Eville Gorham: Biogeochemistry – its origins and development. In: Biogeochemistry 13 (1991), S. 199–239.

<sup>27</sup> William H. Schlesinger: Biogeochemistry: An analysis of global change. San Diego 1997.

tige Rolle. Bald jedoch traten sie hinter die Erforschung radioaktiver Prozesse, die Massenspektrometrie und die Kosmochemie zurück. Erst in den 1970er Jahren kamen mit der Atmosphärenchemie wieder biogeochemische Fragestellungen ins Blickfeld des Instituts, die sich dann in der Folgezeit zu einem Kernthema der Forschung am MPI für Chemie entwickelten.

## 5.2 Frühe Arbeiten zur biologischen Chemie

Es kann kaum überraschen, dass Zusammenhänge zwischen Biologie und Chemie schon bei der Konzipierung und Gründung des Instituts einen wichtigen Schwerpunkt bildeten. War doch Emil Fischer (1852–1919), der eine treibende Kraft hinter der Gründung des Instituts war, für seine Arbeiten über die Struktur und Synthese von Zuckern und Purinen 1902 mit dem Nobelpreis ausgezeichnet worden. Zu diesen Substanzgruppen gehören Glukose und Fruktose bzw. Adenin und Guanin, wesentliche Bausteine der metabolischen Zyklen. Purin wurde danach als Zwischenverbindung in der Entstehung des Lebens postuliert.<sup>28</sup> Später untersuchte Fischer Aminosäuren und Proteine und synthetisierte kleinere Peptide. In den Jahren 1908 bis 1919 erforschte er Stoffe aus Eichengallen und Flechten;<sup>29</sup> sicher hätte er sich gefreut zu wissen, dass physiologische und biogeochemische Prozesse in Eichen und Flechten in den letzten Jahrzehnten Forschungsgegenstand meiner Abteilung waren. Fischers Vision ging jedoch weit über die bloße Charakterisierung von Naturstoffen hinaus. Er glaubte, dass die Chemie „das wahre Land der unbegrenzten Möglichkeiten“ sei,<sup>30</sup> und hatte schon vor 100 Jahren den Traum von der synthetischen Biologie, der auch heute wieder die Max-Planck-Gesellschaft (MPG) zu Institutsgründungen beflügelt: „So sehe ich denn, halb im Traum, eine chemisch-synthetische Biologie entstehen, die der Lebewelt ebenso gründlich ins Hand-

<sup>28</sup> Stanley L. Miller: The endogenous synthesis of organic compounds. In: André Brack (Hrsg.): *The Molecular Origins of Life*. Cambridge/Großbritannien 1998, S. 59–85.

<sup>29</sup> Emil Fischer: Synthese von Depsiden, Flechtenstoffen und Gerbstoffen. In: *Berichte der Deutschen Chemischen Gesellschaft* 46 (1913), S. 3253–3289. – Ders.: Synthese von Depsiden, Flechtenstoffen und Gerbstoffen. II. In: *Ebda.* 52 (1919), S. 809–829.

<sup>30</sup> Emil Fischer: Neuere Erfolge und Probleme der Chemie. In: *Internationale Wochenschrift für Wissenschaft, Kunst und Technik* 5 (1911), abgedruckt in: Ders.: *Untersuchungen auf verschiedenen Gebieten. Vorträge und Abhandlungen allgemeinen Inhalts*. Hrsg. von Max Bergmann. Berlin 1924, S. 757–771, hier S. 758.

werk pfuscht, wie es die Chemie, Physik und Technik in der leblosen Natur schon lange tun.“<sup>31</sup> Fischer, Walther Nernst (1864–1941) und Wilhelm Ostwald (1853–1932) verfassten 1905 unter Mitwirkung einer Vielzahl von Chemikern aus der Wissenschaft und Industrie die „Denkschrift über die Begründung einer chemischen Reichsanstalt“, in der die Aufgaben einer solchen Institution definiert waren. Darin wurden der Reichsanstalt bereits Aufgaben gestellt, die auch heute noch Gegenstand der Umweltchemie in Wasser und Luft sind: „[...] Analyse von Wasser [...] mit Rücksicht auf die Frage der Reinhaltung der Wasserläufe, ferner an die ebenso bedeutsame Analyse der Luft besonders auch mit Rücksicht auf die Beurteilung der Schäden, die durch die Verschlechterung der Atmosphäre herbeigeführt werden.“<sup>32</sup> Dieser Vorschlag wurde insbesondere von der Deutschen Chemischen Gesellschaft unterstützt, die vorschlug, dass die Reichsanstalt Grenzwerte für Schadstoffe, wie Schwefeldioxid, Fluorwasserstoff und Stickoxide, in der Luft festlegen sollte.<sup>33</sup> Die deutsche chemische Industrie, repräsentiert im Verein Deutscher Chemiker, war damals zu der Einsicht gelangt, „dass die Frage der Luft- und Wasserverunreinigung eine von den Existenzfragen der Industrie wird“.<sup>34</sup> Luftschadstoffe wurden für Rauchsäden, Rußverschmutzung, „saure Dämpfe“, und „die dicken Nebel, die die Fabrikstädte im Herbst, Winter und Frühling einhüllen“, verantwortlich gemacht. Bis es allerdings zur Gründung des Kaiser-Wilhelm-Institutes für Chemie (KWI) im Jahre 1911 kam, das sich aus den Vorschlägen zur Chemischen Reichsanstalt entwickelte, war diese Themenstellung längst wieder aus dem Aufgabenbereich des Instituts verschwunden.<sup>35</sup> In Fischers Rede anlässlich der konstituierenden Sitzung der Kaiser-Wilhelm-Gesellschaft (KWG) am 11. Januar 1911, in der er seine Vision für die Forschungsziele der Kaiser-Wilhelm-Institute darlegte, ist hauptsächlich von Themen die Rede, die den Nutzen von Forschung und Innovation für industrielle und landwirtschaftliche Produktion untermauern sollen: Ammoniak- und Salpetersäuresynthese, Herstellung von Metallen durch Elektrolyse, Vergasung von Kohle, Synthese von Arzneimitteln, Farbstoffen,

<sup>31</sup> Emil Fischer: Die Kaiser-Wilhelm-Institute und der Zusammenhang von organischer Chemie und Biologie. Vortrag aus Anlaß des Besuchs der Institute durch den Vorstand des Deutschen Museums gehalten zu Berlin-Dahlem am 18. Oktober 1915. In: Ders.: Untersuchungen (wie Anm. 30), S. 796–809, hier S. 808.

<sup>32</sup> In: Vorschläge betreffend die Begründung einer chemischen Reichsanstalt. Privatdruck 1906, S. 23–45.

<sup>33</sup> Berichte der Deutschen Chemischen Gesellschaft 39 (1906) 1, S. 315–320.

<sup>34</sup> Walther Hempel in der Rede zur 25. Hauptversammlung des Vereins deutscher Chemiker in Freiburg i.Br. 1912. In: Zeitschrift für Angewandte Chemie 25 (1912), S. 1156 f.

<sup>35</sup> Über weitere Hintergründe und Umstände, die zur Gründung des KWI für Chemie führten, vgl. auch den Beitrag von Jeffrey A. Johnson in diesem Band.

Kautschuk usw.<sup>36</sup> Allerdings wird auch die Forschung im Grenzgebiet zwischen Biologie und Chemie begeistert erwähnt, mit Willstätters Arbeiten als einem herausragenden Beispiel, sowie die Untersuchung der Radioaktivität, mit der Otto Hahn an Fischers Institut als Privatdozent beschäftigt war. Dies wird wohl damit zusammenhängen, dass Fischer plante, Richard Willstätter (1872–1942) und Otto Hahn (1879–1968) zur Berufung als Abteilungsleiter vorzuschlagen.<sup>37</sup>

Neben der Erforschung der Grundlagen der Radiochemie interessierte sich Hahn durchaus auch für geologische und geochemische Themen. Insbesondere befasste er sich mit verschiedenen Methoden zur Nutzung von Radioaktivität für die geologische Altersbestimmung (Helium, Thorium-Blei, Uran-Blei, pleochroitische Höfe). Im Gegensatz zu Vernadsky aber, der das Leben als ‚die‘ geologische Kraft schlechthin auffasste, erklärte Hahn das geologische Geschehen im Laufe der Erdgeschichte als ein Produkt der Radioaktivität. Die durch den radioaktiven Zerfall von Uran und Thorium in der Erdkruste freigesetzte Wärme führt zu einem zyklischen Aufschmelzen der Basaltschicht unter Ozeanen und Kontinenten, welche wiederum die tektonische Bewegung der Kontinente antreibt. Auch das Leben ist abhängig von der Radioaktivität: „Der Vulkanismus sorgt für den zum Leben notwendigen Ersatz der dauernd verbrauchten freien Kohlensäure; er ersetzt das Material, ohne das organisches Leben, pflanzliches wie tierisches, nicht existieren kann. Fassen wir unsere Betrachtungen zusammen, so können wir sagen: Ohne Radium kein Vulkanismus; ohne Vulkanismus kein Leben, also ohne Radium kein Leben mehr auf unserem Planeten!“<sup>38</sup>

Von den Wissenschaftlichen Mitgliedern aus den Anfangsjahren des KWI für Chemie stand Willstätter, dessen Arbeitsgebiet die Chemie von Naturstoffen aus Pflanzen umfasste, der Biologie am nächsten. Seine Arbeiten über Chlorophyll und verwandte Stoffe brachten dem Institut und der KWG 1915 den ersten Nobelpreis. Willstätter extrahierte in reiner Form die Farbstoffe aus riesigen Mengen von Blüten, Beeren und Wurzeln, die auf einem zum Institut gehörigen Freigelände angebaut wurden. Er kristallisierte diese Farbstoffe, die sogenannten Anthocyane, und klärte ihre Struktur auf. Willstätter ging von diesen rein chemischen Arbeiten weiter zur Pflanzenphysiologie, untersuchte die CO<sub>2</sub>-Assimilation im lebenden Blatt und erstellte eine Theorie der Photosynthese.<sup>39</sup> Die Zunahme der militärisch orientierten Forschung erschwerte seine

<sup>36</sup> Abgedruckt in Fischer: Neuere Erfolge (wie Anm. 30).

<sup>37</sup> Zur Entwicklung der radioaktiven Abteilung mit Hahn und Meitner vgl. auch den Beitrag von Horst Kant in diesem Band.

<sup>38</sup> Otto Hahn: Was lehrt uns die Radioaktivität über die Geschichte der Erde? Berlin 1926, S. 34.

<sup>39</sup> Zusammengefasst in „Untersuchungen über die Assimilation der Kohlensäure“ (zusammen mit A. Stoll).



Arbeiten am KWI für Chemie. „My students were actually planning to extend and complete the investigations of the series of the basic pigments when the World War broke out and destroyed the leisure time of the scientific workshops. The cultures in the flowerbeds at Dahlem were neglected, and soon we were carrying baskets full of purple-red asters to the hospitals for the wounded soldiers.“<sup>40</sup>

Nachdem Willstätter 1916 an die Universität München gewechselt war, um die Nachfolge Adolf von Baeyers (1835–1917) anzutreten, trat an seine Stelle am 1. April 1916 Alfred Stock (1876–1946), der bis dahin Ordinarius für anorganische Chemie an der Technischen Hochschule in Breslau gewesen war. Stock erforschte die Chemie der Verbindungen von Silizium und Bor, einschließlich deren Hydriden und organometallischen Verbindungen. Er beschäftigte sich auch mit den Zerfallsgleichgewichten von Kohlenoxysulfid (COS), einer Verbindung, deren biogeochemischer Kreislauf auch heute noch in meiner Abteilung untersucht wird. Querbeziehungen zwischen der Chemie und Biologie, wenn auch nicht der Biogeochemie, wurden nach dem Weggang Willstätters erst wieder ab dem Frühjahr 1921 untersucht, als Kurt Hess (1888–1961) die Organisch-chemische Abteilung übernahm. „Hess und seine Mitarbeiter befassten sich vor allem mit dem Studium der Cellulose, der im Leben von Tier und Pflanze und auch in industriell-wirtschaftlicher Hinsicht ja eine besondere Bedeutung zukommt.“<sup>41</sup> Fritz Straßmann (1902–1980) leitete nach Hahns Weggang bis 1953 die radiochemische Abteilung. Interessanterweise wurde diese durch die Umstände nach dem Krieg zur Erforschung biochemisch-medizinischer Fragestellungen ‚gezwungen‘: „Die in den Militärgesetzen vorgeschriebenen Einschränkungen [...] lenkten die Arbeiten aber auch auf das Gebiet der biochemischen Untersuchungen unter Verwendung radioaktiver Indikatoren.“<sup>42</sup> Straßmanns Abteilung wurde 1953 von Friedrich A. Paneth (1887–1958) übernommen, der die Meteoritenforschung und Kosmochemie ans MPI für Chemie brachte.

Nach dem Tod Paneths 1958 begann ein Jahrzehnt fruchtloser Versuche, einen Nachfolger an das Institut zu berufen. Protokolle der Chemisch-Physikalischen Sektion (künftig CPT-Sektion) der MPG und verschiedener Sektionskommissionen<sup>43</sup> zeigen, dass unter-

<sup>40</sup> Richard Willstätter: On plant pigments. Rede zur Verleihung des Nobelpreises 1915, gehalten am 3. 6. 1920. In: Nobel Lectures Chemistry 1901–1921. Amsterdam u.a. 1966, S. 301–312, hier S. 311.

<sup>41</sup> Otto Hahn: Das Kaiser-Wilhelm-Institut für Chemie. Wandlungen einer Forschungsstätte. In: Jahrbuch der Max-Planck-Gesellschaft 1951, S. 175–190.

<sup>42</sup> Fritz Straßmann: Kriegsende und Nachkriegszeit. Chemische Abteilung. In: Ebda., S. 191–195, hier S. 194.

<sup>43</sup> MPG-Archiv, Abt. II, Rep. 1A Generalverwaltung, PA Junge. – Ebda., CPT-Sektion, Protokolle. – Ebda., Rep. 25 MPI für Chemie, Nr. 15, W–Z.

schiedliche Personen und Gruppierungen in der Gesellschaft auseinanderstrebende Vorstellungen verfolgten: Die einen wollten eine Fortsetzung der kosmochemischen Arbeiten, andere einen Kernphysiker, wieder andere wollten die ‚richtige‘ anorganische Chemie zurück ans Institut bringen. Erging dann nach langen Diskussionen ein Ruf, so war keiner der Kandidaten bereit, an das MPI für Chemie nach Mainz zu kommen. Nach der Emeritierung Mattauchs 1965 trieb das Institut dem Untergang zu. Am 17. Mai 1966 stellte Werner Heisenberg (1901–1976), Geschäftsführender Direktor des MPI für Physik und Astrophysik, zur Diskussion, „das Institut in Mainz als ‚künftig wegfallendes Institut‘ zu kennzeichnen und seine Auflösung beim Ausscheiden der älteren Abteilungsleiter ins Auge zu fassen“.<sup>44</sup> Am 6. April 1967 wurde die Auflösung des Instituts in der ‚Zukunftskommission für das MPI für Chemie‘ ernsthaft diskutiert.<sup>45</sup> In einem Brief an den Vorsitzenden der CPT-Sektion Werner Köster (1896–1989) wies Reimar Lüst (\* 1923), Direktor am MPI für Physik und Astrophysik, Mitglied des Wissenschaftsrates und später Präsident der MPG, auf den schlechten Ruf des Instituts im Wissenschaftsrat hin und beklagte, dass es dadurch die MPG belaste.<sup>46</sup> Vielleicht hat nur sein Beiname ‚Otto-Hahn-Institut‘ das MPI für Chemie vor der Schließung bewahrt. Köster schrieb an Adolf Butenandt (1903–1995), den Präsidenten der MPG: „Zum Schluss weise ich auf eine andere psychologische Hemmung hin, das Institut zu schließen. Sie zielt auf unseren Ehrenpräsidenten, dessen Namen das Institut trägt.“<sup>47</sup>

### 5.3 Biologische Aspekte der Chemie der Atmosphäre

Um zu überleben, musste das Institut einen neuen Anfang machen und sich neue Gebiete erobern. In der Zukunftskommission war am 24. Februar 1966 der „[...] hervorragende Meteorologe der Universität Mainz, Herr Junge [...]“ erwähnt worden, im Zusammenhang mit der angedachten Berufung von Johannes Geiss (\* 1926) als Kosmochemiker.<sup>48</sup> Christian Junge war 1962 vom Air Force Cambridge Research Center in den USA als

<sup>44</sup> Protokoll der Kommission „Zukunft des MPI für Chemie“ vom 17. 5. 1966 (MPG-Archiv, Abt. II, Rep. 1A Institutsbetreuung (künftig IB), Chemie 0.5).

<sup>45</sup> Protokoll der Kommission „Zukunft des MPI für Chemie“ vom 6. 4. 1967 (Ebda.).

<sup>46</sup> Brief Lüst an Köster, 3. 4. 1967 (Ebda.).

<sup>47</sup> Brief Köster an Butenandt, 14. 4. 1967 (Ebda.).

<sup>48</sup> Protokoll der Kommission „Zukunft des MPI für Chemie“ vom 24. 2. 1966 (Ebda.).

Ordinarius des Instituts für Meteorologie an die Universität Mainz berufen worden. Am 23. Februar 1968 schlug der neue Vorsitzende der CPT-Sektion, Wolfgang Gentner (1906–1980), der Zukunftskommission vor, Junge zum Direktor des MPI für Chemie zu berufen. Die Kommission schloss sich diesem Vorschlag am selben Tage an.<sup>49</sup> Die Sektion unterstützte ebenfalls die Berufung Junges. Am 5. März 1968 erfolgte der Beschluss des Senats der MPG,<sup>50</sup> und am 1. Oktober 1968 nahm Junge seine Tätigkeit als Direktor des MPI für Chemie auf.

Junges eigene Forschung hatte sich bisher mit den Eigenschaften und der Verbreitung von atmosphärischen Aerosolen beschäftigt, er war aber mit allen damals bekannten Aspekten der Chemie der Atmosphäre vertraut. Sein enzyklopädisches Buch ‚Air Chemistry and Radioactivity‘ war ein wichtiger Meilenstein der Entwicklung dieses Gebiets zur wissenschaftlichen Disziplin.<sup>51</sup> In diesem Buch diskutierte er auch die Kreisläufe der atmosphärischen Gase und wies auf die Bedeutung biogeochemischer Prozesse hin. Junge beschrieb im Detail den Austausch von CO<sub>2</sub> zwischen Biosphäre und Atmosphäre. Als Junge sein Buch verfasst hatte, lagen gerade einmal drei Jahre der CO<sub>2</sub>-Messungen vor, die Charles David Keeling (1928–2005) 1957 begonnen hatte. Sie zeigten einen ausgeprägten Jahreszyklus, den Junge als Resultat des biologischen Jahresrhythmus der Biosphäre erkannte. Er beschreibt auch den langfristigen Anstieg des atmosphärischen CO<sub>2</sub> durch die Verbrennung fossiler Brennstoffe, der damals durch die Arbeiten von Guy Stewart Callendar (1898–1964),<sup>52</sup> Roger Revelle (1909–1991) und Suess<sup>53</sup> bekannt geworden war. In den folgenden Abschnitten stellt Junge die biologischen Quellen von Schwefelwasserstoff (H<sub>2</sub>S), Wasserstoff (H<sub>2</sub>), Lachgas (N<sub>2</sub>O), den Stickoxiden (NO und NO<sub>2</sub>), Ammoniak (NH<sub>3</sub>) und Methan (CH<sub>4</sub>) vor. Er betont auch die wichtige Rolle der Oxidation biogener Terpene bei der Bildung organischer Aerosole. Man kann also davon ausgehen, dass Junge zum Zeitpunkt seiner Berufung an das MPI für Chemie mit der Wichtigkeit biogeochemischer Prozesse für die Zusammensetzung der Atmosphäre sehr gut vertraut war.

In seinem Buch aus dem Jahr 1963 schrieb Junge noch über Kohlenstoffmonoxid: „The biosphere does not produce CO [...]“ Es bestand aber schon der Verdacht, dass die Bio-

<sup>49</sup> Sitzung vom 23. 2. 1968 (MPG-Archiv, Abt. II, Rep. 1A CPT-Sektion, Protokolle).

<sup>50</sup> MPG-Archiv, Abt. II, Rep. 1A, PA Junge.

<sup>51</sup> Christian E. Junge: *Air Chemistry and Radioactivity*. New York 1963.

<sup>52</sup> Guy Stewart Callendar: On the amount of carbon dioxide in the atmosphere. In: *Tellus* 10 (1958), S. 243–248.

<sup>53</sup> Roger Revelle, Hans Eduard Suess: Carbon dioxide exchange between atmosphere and ocean and the question of an increase of atmospheric CO<sub>2</sub> during the past decades. In: *Tellus* 9 (1957), S. 18–27.

sphäre eine CO-Senke sein könnte: „[A] possibility is the earth's surface, where bacterial activities are known to oxidize CO. However, it is difficult to estimate global destruction rates on the basis of laboratory experiments.“<sup>54</sup> In Mainz begann Junge den CO-Kreislauf systematisch zu untersuchen. Er betreute die Diplomarbeit von Wolfgang Seiler (\* 1940), der ein Messinstrument zur kontinuierlichen Messung niedriger CO-Konzentrationen entwickelte.<sup>55</sup> Seiler und Junge machten Messungen in der oberen Troposphäre, indem sie Seilers Instrument in einem Flugzeug der Lufthansa an die Kabinenventilation anschlossen. Der Artikel über diese Messungen wurde im Oktober 1968 eingereicht, schon mit dem MPI für Chemie als Adresse der Autoren.<sup>56</sup> Noch immer schrieben sie „[...] we do not know of any efficient process of removal of CO from the atmosphere.“ Zum 1. Januar 1969 wurde Seiler als Doktorand am MPI für Chemie angestellt, wo er im Rahmen seiner Dissertation systematische CO-Messungen zu Land, Luft, und Wasser durchführte.

Junge war von 1967 bis 1975 Präsident der internationalen Commission on Atmospheric Chemistry and Radioactivity (CACR; eine Kommission der International Association of Meteorology and Atmospheric Sciences), die 1971 in Commission on Atmospheric Chemistry and Global Pollution (CACGP) umbenannt wurde. In dieser Eigenschaft war er an der Organisation des ‚International Symposium on Atmospheric Trace Constituents and Atmospheric Circulation‘ im September 1969 in Heidelberg beteiligt und Gastgeber des International Symposium on Trace Gases im April 1973 in Mainz. Die Veröffentlichungen aus diesen Symposien zeigen die zunehmende Bedeutung biogeochemischer Themen in der Atmosphärenchemie und am MPI für Chemie. Von drei Artikeln aus dem MPI für Chemie im Sonderband zu dem Symposium 1969 beschreibt einer Messungen zur biologischen Produktion von N<sub>2</sub>O in Böden,<sup>57</sup> der zweite eine Messmethode für das zum Teil biogene Gas Wasserstoff,<sup>58</sup> und der dritte Seilers Untersuchungen über CO.<sup>59</sup> Er identifiziert den bakteriellen Abbau von organischem Material im Meerwasser

<sup>54</sup> Christian Junge: Air chemistry (wie Anm. 51), S. 96 und 98.

<sup>55</sup> Wolfgang Seiler, Christian Junge: Entwicklung eines Messverfahrens zur Bestimmung kleiner Mengen Kohlenoxid (CO). In: Meteorologische Rundschau 20 (1967), S. 175 f.

<sup>56</sup> Wolfgang Seiler, Christian Junge: Decrease of carbon monoxide mixing ratio above the polar tropopause. In: Tellus 21 (1969), S. 447–449.

<sup>57</sup> K. Schütz, C. Junge, R. Beck, B. Albrecht: Studies of atmospheric N<sub>2</sub>O. In: Journal of Geophysical Research 75 (1970), S. 2230–2246.

<sup>58</sup> U. Schmidt, W. Seiler: A new method for recording molecular hydrogen in atmospheric air. In: Ebda., S. 1713–1716.

<sup>59</sup> W. Seiler, C. Junge: Carbon monoxide in the atmosphere. In: Ebda., S. 2217–2226.

als „[...] a huge source of CO in the atmosphere“ und beschreibt erste Messungen zum bakteriellen Abbau von CO in Böden.

Das ‚International Symposium on Trace Gases‘ im April 1973 in Mainz war ein wichtiger Meilenstein in der atmosphärischen Biogeochemie. Von den 36 Artikeln im Konferenzband behandeln 14 zumindest teilweise biogeochemische Kreisläufe von Spurengasen.<sup>60</sup> Aus dem MPI für Chemie kamen vier Artikel, davon drei mit biogeochemischem Bezug: Ulrich Schmidt über H<sub>2</sub>,<sup>61</sup> Wolfgang Seiler über CO<sup>62</sup> und Jürgen Hahn über N<sub>2</sub>O.<sup>63</sup> Auf dieser Konferenz stellte Jim Lovelock seine Gaia-Hypothese einer Zuhörerschaft vor, unter der sich eine Vielzahl der führenden Köpfe des jungen Wissenschaftszweiges der Luftchemie und der Biogeochemie befand: Christian Junge, Paul Crutzen, Wallace Broecker (\* 1931), James Lodge (1926–2001), Hans-Walter Georgii (\* 1924), Dieter Ehhalt, Reinhold Rasmussen, Peter Warneck, Wolfgang Seiler, Bert Bolin (1925–2007), Tony Cox, Douglas Whelpale, A.W. Castleman, Stuart Penkett (\* 1939), Peter Brimblecombe (\* 1949), um nur einige zu nennen. Viele der Themen, die später in meinen Forschungsarbeiten im Vordergrund stehen werden, tauchten schon auf diesem Symposium auf: Rei Rasmussen berichtete über Emissionen von Schwefelgasen, darunter auch Dimethylsulfid, aus Pflanzen und Algen;<sup>64</sup> Nguyen Ba Cuong über SO<sub>2</sub> und Sulfat über dem Südlichen Ozean;<sup>65</sup> Jim Lodge über die Luftchemie in den feuchten Tropen Amerikas;<sup>66</sup> W.L.F. Brinkmann vom Instituto Nacional de Pesquisas da Amazonia (INPA) über Schwefelemissionen aus Überflutungsgebieten Amazoniens;<sup>67</sup> Wally Broecker über Gasaustausch zwischen Luft und Meer.<sup>68</sup> Ich selbst ahnte damals noch nichts von alledem – zu der Zeit arbeitete ich noch in Göttingen an meiner Diplomarbeit über Schwefel- und Kohlenstoffisotope in hochmetamorphen, kristallinen Gesteinen. Einer meiner

<sup>60</sup> C. Junge, P. Goldsmith: International Symposium on Trace Gases. In: *Tellus A*, 26 (1974) Nr. 1–2, S. 1–1.

<sup>61</sup> U. Schmidt: Molecular hydrogen in the atmosphere. In: *Ebda.*, S. 78–90.

<sup>62</sup> W. Seiler: The cycle of atmospheric CO. In: *Ebda.*, S. 116–135.

<sup>63</sup> J. Hahn: The North Atlantic Ocean as a source of atmospheric N<sub>2</sub>O. In: *Ebda.*, S. 160–168.

<sup>64</sup> R.A. Rasmussen: Emission of biogenic hydrogen sulfide. In: *Ebda.*, S. 254–260.

<sup>65</sup> N. Ba Cuong, B. Bonsang, G. Lambert: The atmospheric concentration of sulfure dioxide and sulfate aerosols over antarctic, subantarctic areas and oceans. In: *Ebda.*, S. 241–249.

<sup>66</sup> J.P. Lodge, P.A. Machado, J.B. Pate, D.C. Sheesley, A.F. Wartburg: Atmospheric trace chemistry in the American humid tropics. In: *Ebda.*, S. 250–253.

<sup>67</sup> W.L.F. Brinkmann, U.D.M. Santos: The emission of biogenic hydrogen sulfide from Amazonian floodplain lakes. In: *Ebda.*, S. 261–267.

<sup>68</sup> W. S. Broecker, T.-H. Peng: Gas exchange rates between air and sea. In: *Ebda.*, S. 21–35.

Tab.1: Übersicht über die Spurengase von Reinfluft

Bestandteil und Angabe über Kreislauf und Konzentration				Aufenthaltszeit	Quellen	Senken	
Permanente Gase	Ar	Akkumulation in der Erdatmosphäre ①		—	—	—	
	Ne						
	Kr						
	Xe						
Gase mit nachweisbarem Kreislauf	Konzentration durch Akkumulation bedingt	N <sub>2</sub>	Hauptbestandteile der Atmosphäre ②		-10 <sup>6</sup> J	M	M
		O <sub>2</sub>			-10 <sup>4</sup> J	F	M, CH
	Kreislauf ausschließlich oder überwiegend biologisch bedingt	CO <sub>2</sub>	315 ppm	Konzentration im ppm-Bereich ③	-15 J	M, B, A	F
		H <sub>2</sub>			-2 J	M	M, (CH)
		N <sub>2</sub> O			-2 J	M	M, (CH)
		CH <sub>4</sub>			-2 J	M	M, (CH)
		CO			-1 J	M, A	M, CH
	Kreislauf teils biologisch, teils chemisch-physikalisch bedingt	NO-NO <sub>2</sub>		Konzentration im ppb-Bereich ④	-5 bis 30 T	M?	chem. Umsetzung, z.T. an Aerosolen, Auswaschen durch Niederschläge
		NH <sub>3</sub>				M, CH?	
		H <sub>2</sub> S-SO <sub>2</sub>				M	
	Kreislauf chemisch physikalisch bedingt	H <sub>2</sub> O		⑤	10 T	Verdunstung	Niederschlag
		O <sub>3</sub>			-0,3 J	Fotolytisch	chem. Zerstörung am Erdboden
		He			-10 <sup>7</sup> J	Produktion durch Radioaktivität im Boden	Entweichen in den Interplanet. Raum
Rn, Th			-4 T			Radioaktiver Zerfall in der Atmosphäre	
Höhere Kohlenwasserstoffe (außer CH <sub>4</sub> ) Cl, I, Hg in gasförmigen Verbindungen wahrscheinlich viele andere Spurengase in sehr geringer Konzentration			⑥	Konzentration im ppb-Bereich und darunter			

J = Jahr  
T = Tag

M = Mikrobiologisch  
B = Biologisch

A = Anthropogen  
F = Fotosynthese

CH = chemisch  
(CH) = Senke von geringer Bedeutung

Abb. 5-6: Systematische Einteilung der atmosphärischen Spurengase.





*Abb. 5-7: Wolfgang Seiler auf der  
'Meteor'-Fahrt 56/1 im Oktober 1980.*

Betreuer, Heimo Nielsen, der Leiter des Zentrallabors für Geochemie der Isotope, war allerdings unter den Teilnehmern und sprach über die Isotopenzusammensetzung atmosphärischer Schwefelverbindungen.<sup>69</sup>

In den Folgejahren wurde die biogeochemisch orientierte Atmosphärenchemie zu einem zentralen Thema der Abteilung Junges. Wolfgang Seiler leitete weitgehend selbstständig die Arbeitsgruppe ‚Atmosphärische Spurengase‘<sup>70</sup> und forschte mit seinen Mitarbeitern über die biogene Produktion und Oxidation von CO, H<sub>2</sub> und N<sub>2</sub>O in Böden, die Produktion von CO in höheren Pflanzen, die Emissionen von CH<sub>4</sub> aus Reisfeldern und

<sup>69</sup> H. Nielsen: Isotopic composition of the major contributors to atmospheric sulfur. In: Ebda., S. 213–221.

<sup>70</sup> Christian Junge: Zeugnis für Wolfgang Seiler 15. 7. 1979, Personalakte Seiler (MPI für Chemie).



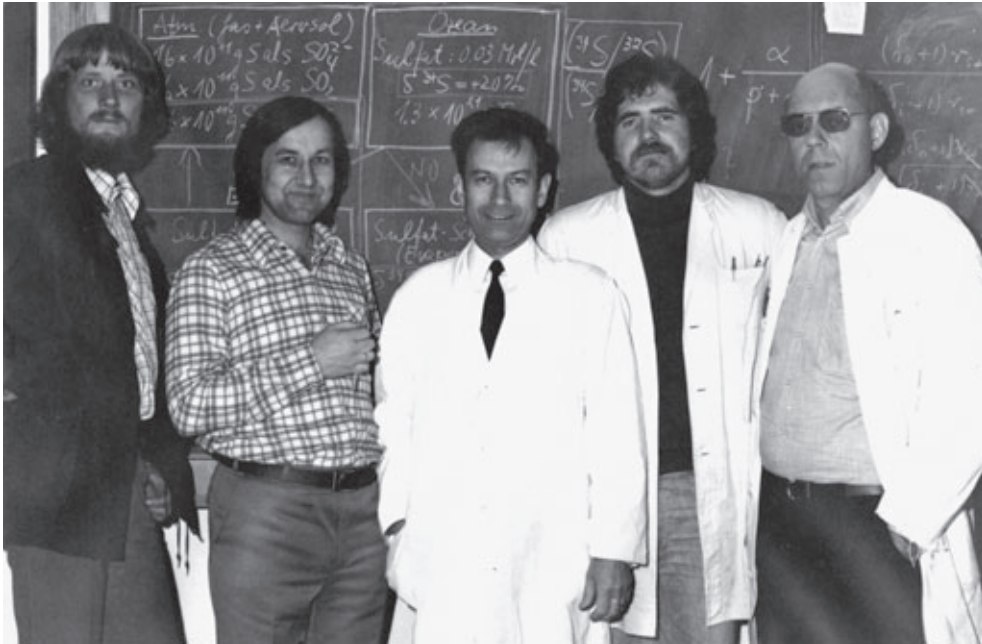


Abb. 5-8: Arbeitsgruppe Paläoatmosphäre: Peter Appel, Jürgen Hahn, Manfred Schidlowski, Hans Wontk und Rudolf Eichmann.

Termitenbauten, und die photochemische Erzeugung und mikrobielle Oxidation von CO in den Ozeanen. Sein wichtigster Mitarbeiter war Ralf Conrad (\* 1949), der im Januar 1978 als Mikrobiologe in Seilers Gruppe eintrat und bis Januar 1986, kurz nach dem Weggang Seilers Ende Dezember 1985, an diesen Themen arbeitete.

Mein erster persönlicher Kontakt mit Seiler kam anlässlich der nächsten CACGP-Tagung in Boulder, Colorado, im August 1979 zustande. Ich besuchte ihn und Paul Crutzen im National Center for Atmospheric Research (NCAR) in Boulder und erfuhr dort über ihre Arbeit an einem Artikel über Emissionen aus Vegetationsfeuern<sup>71</sup> und die Flugzeugmesskampagnen nach Brasilien, die für die Sommermonate 1979 und 1980 geplant waren. Diese Begegnung sollte für meine wissenschaftliche Entwicklung und meine Karriere von großer Bedeutung sein. Der Kontakt mit Seiler führte dann auch zu meiner

<sup>71</sup> Wolfgang Seiler, Paul J. Crutzen: Estimates of gross and net fluxes of carbon between the biosphere and the atmosphere from biomass burning. In: Climatic Change 2 (1980), S. 207–247.

Teilnahme an der Fahrt des Forschungsschiffes ‚Meteor‘ im Oktober/November 1980, auf der ich auch Ralf Conrad und andere Mitglieder der Abteilung Luftchemie kennenlernte.

Neben der Arbeitsgruppe Seiler bestanden in Junges Abteilung noch drei Gruppen: Ruprecht Jaenicke leitete die Gruppe ‚Atmosphärische Aerosole‘, Peter Warnecks Gruppe ‚Reaktionskinetik‘ forschte über die Kinetik atmosphärisch relevanter Reaktionen in der Gasphase und Manfred Schidlowskis Gruppe ‚Paläoatmosphäre‘ untersuchte die Biogeochemie von Kohlenstoff in Gesteinen aus der Frühzeit der Erde.

Der Ausgangspunkt von Schidlowskis Arbeiten am MPI für Chemie war das Interesse Junges an der Geschichte des Sauerstoffs in der Erdatmosphäre. Die Idee Junges, diese über das Vorkommen von Mikrometeoriten in Gesteinen zu dokumentieren, blieb aber ohne Erfolg.<sup>72</sup> Schidlowskis Gruppe verfolgte das Thema dann durch Kohlenstoff- und Sauerstoff-Isotopenmessungen in präkambrischen Gesteinen weiter und leistete wichtige Beiträge zur Erforschung der Geschichte des Lebens auf der Erde. In dieser Gruppe arbeitete auch Jürgen Hahn, der sich nach seinen Arbeiten über Lachgas der Untersuchung organischer Verbindungen in Sedimenten sowie den Kohlenwasserstoffen in der Atmosphäre widmete. In Zusammenarbeit mit Grigorios Ketseridis aus der Gruppe Jaenicke untersuchte Hahn die organischen Bestandteile in Aerosolen. Als Christian Junge am 31. Dezember 1978 seine aktive Dienstzeit als Direktor am MPI für Chemie beendete, hinterließ er eine Abteilung, in der biogeochemische Themen neben der Reaktionskinetik und Aerosolforschung einen großen Stellenwert einnahmen.

#### 5.4 Biogeochemische Forschung in der Abteilung Crutzen

Paul Jozef Crutzen (\* 1933) wurde am 15. Juni 1978 zum Wissenschaftlichen Mitglied berufen<sup>73</sup> und trat am 1. Juli 1980 seine Stelle als Direktor am MPI für Chemie an. Sein Forschungsschwerpunkt war zunächst die Chemie der Stratosphäre; später wendete er sich auch vermehrt troposphärischen Prozessen zu. Die Modellierung der chemischen Prozesse in der Troposphäre nahm in seinen Arbeiten eine zentrale Stelle ein. Biogeochemische Arbeiten wurden in den Gruppen Seiler und Schidlowski mit den oben beschrie-

<sup>72</sup> Peter Warneck, persönliche Mitteilung am 18. 4. 2012.

<sup>73</sup> Protokoll der 90. Senatssitzung der MPG vom 15. 6. 1978 (MPG-Archiv, Abt. II., Rep 1A Senat, Protokolle).

benen Themen fortgesetzt, bis Seiler Ende 1985 an das Institut für Atmosphärische Umweltforschung in Garmisch-Partenkirchen überwechselte und die Gruppe Schidlowski 1987 von der neugegründeten Abteilung Biogeochemie am MPI für Chemie übernommen wurde.

Neben der Erforschung atmosphärisch-chemischer Prozesse, die im Mittelpunkt der Arbeiten in der Abteilung Luftchemie standen, initiierte Crutzen auch eine Reihe von Projekten mit biogeochemischen Themen. Seine Feldmessungen zu den Emissionen aus Biomasseverbrennung haben gezeigt, wie wichtig diese für die Chemie der Atmosphäre sind, aber auch wie wenig systematische Informationen über die Emissionsraten einer Vielzahl von Gasen aus Vegetationsfeuern verfügbar sind. Mit seinen Doktoranden Jürgen Lobert, Wei-Min Hao und Thomas Kuhlbusch wurde in Crutzens Abteilung in der zweiten Hälfte der 1980er Jahre ein Verbrennungslabor eingerichtet, in dem erstmals solche Emissionsmessungen gemacht wurden. Um etwa dieselbe Zeit begann sich Crutzen auch vermehrt für den atmosphärischen Methankreislauf zu interessieren. Dazu wurden neben den rein atmosphärischen Untersuchungen auch Emissionsmessungen aus Mülldeponien durchgeführt.

In den 1990er Jahren erwachte auch sein Interesse an der Erforschung der tropischen Atmosphäre wieder, wo er ja schon 1979/80 mit seinen Messkampagnen von NCAR aus Pionierarbeit geleistet hatte. In Zusammenarbeit mit Eugenio Sanhueza vom Instituto Venezolano de Investigaciones Científicas (IVIC), Venezuela, führte seine Abteilung eine Reihe von Messungen in den venezolanischen Savannen durch, in denen der Austausch von CO und Stickoxiden mit Böden und Vegetation untersucht wurden. Gegen Ende der 1990er Jahre organisierte er eine Flugmesskampagne nach Surinam, wo in Zusammenarbeit mit der Abteilung Biogeochemie im Rahmen des Projektes CLAIRE-98 (Cooperative LBA Airborne Experiment) der Einfluss des tropischen Regenwalds auf die Chemie der Atmosphäre erforscht wurde. Hier kam ein wichtiges neues Messinstrument zum Einsatz, das Protonen-Transfer-Reaktions-Massenspektrometer (PTRMS), das es möglich macht, eine Vielzahl organischer Spurengase mit hoher Zeitauflösung in Echtzeit zu messen. Weitere Themen mit biogeochemischem Bezug in Crutzens Abteilung waren die Emissionen aus der Nutztierhaltung und aus der Verwesung von Pflanzen.

Neben der Forschung in seiner eigenen Abteilung erwarb sich Crutzen große Verdienste um die Entwicklung der Biogeochemie am MPI für Chemie und in der MPG durch seine Initiativen zur Einrichtung der Abteilung Biogeochemie am MPI für Chemie in den 1980er Jahren und später des MPI für Biogeochemie in Jena. Crutzen wußte um die wichtige Rolle, die die Biosphäre für die Chemie der Atmosphäre spielt und wollte daher die biogeochemische Forschung am Institut weiter ausbauen. Dies wurde gerade durch

den Weggang von Seiler und Conrad 1985 bzw. 1986 besonders dringend. Die am Institut vorhandenen Ressourcen machten es möglich, die neue Abteilung Biogeochemie einzurichten. Als Direktor wurde ich, Meinrat O. Andreae (\*1949), am 20. November 1986 berufen;<sup>74</sup> ich trat meine Stelle am 1. Mai 1987 an.

Paul Crutzens aktive Dienstzeit endete am 31. Oktober 2000. Er übergab seinem Nachfolger, Jos Lelieveld, eine Abteilung, deren Schwerpunkt klar im Bereich der ‚eigentlichen‘ Atmosphärenchemie liegt, an der aber auch die Wechselwirkungen zwischen Biosphäre und Atmosphäre untersucht werden, sowohl innerhalb der Abteilung als auch in Zusammenarbeit mit der Abteilung Biogeochemie.

## 5.5 Meinrat O. Andreae – Abteilung Biogeochemie

### 5.5.1 Von der Chemie zur Geochemie

Während meiner Gymnasialzeit entdeckte ich meine Liebe zur Chemie. Zunächst durch einen Chemiekasten, bis dann schließlich Herrmann Römpps „Chemische Experimente, die gelingen“ zu meiner Bibel wird. Als später mein aktives Interesse für organische Synthese in meiner elterlichen Wohnung und unserem Wochenendhaus öfter den häuslichen Frieden belastet, baut mein Vater mit mir zusammen am Rande unseres Wochenendgrundstücks (in den Wiesen nahe dem Städtchen Peiting bei Schongau, Oberbayern) ein Laborhäuschen aus Betonziegeln, damit die Belastung und Gefährdung meiner Umwelt in Grenzen gehalten werden können. Dort lerne ich, organische Verbindungen zu synthetisieren und klassische analytische Trennungsgänge zu ‚kochen‘. Im Augsburger Peutinger-Gymnasium genieße ich die großzügige Unterstützung meines Chemielehrers Dr. Ludwig Wolfrum, der mir auch außerhalb der Unterrichtszeit das Labor der Schule zugänglich machte

Im Sommer 1968, in der Zeit zwischen dem Abitur und dem Beginn des Wintersemesters an der Universität, gehe ich mit einem Stipendium der ZIS-Stiftung für Studienreisen auf eine Reise nach Island. Die Stipendienbedingungen sind ungewöhnlich: Der Stipendiat bekommt 300 DM und ein Empfehlungsschreiben der Organisation. Alle Mittel, die er zusätzlich braucht, muss er sich auf der Reise selbst verdienen. Er muss ein selbstgewähltes Forschungsprojekt durchführen und am Ende darüber einen Bericht schreiben.

<sup>74</sup> Protokoll der 114. Senatssitzung der MPG vom 20. 11. 1986, S. 19 (Ebda.).

Mein Forschungsgegenstand sind die heißen Quellen Islands. Von August bis Oktober 1968 bin ich in Island, verdiene Geld als Hilfskraft in einer Gärtnerei, lerne die Sprache, und reise zu Hydrothermalzonen im Westen und Südwesten Islands. Dort kartiere ich die heißen Quellen und messe pH-Werte und Temperaturen mit einem selbstgebauten elektrischen Thermometer, das bis zu 30 Meter tief in den Geysiren versenkt werden kann. Aus heutiger Sicht glaube ich, dass dieses Projekt ein wichtiger Meilenstein meiner Entwicklung war. Ich entdeckte dabei meine Freude an der Feldforschung und an erdwissenschaftlichen Fragestellungen. Daneben lernte ich, ein Projekt von Anfang bis Ende selbstständig zu planen und durchzuführen, und gewann das Selbstvertrauen, das aus dem Gelingen eines solchen Wagnisses erwächst.

Zurück aus Island beginne ich im Wintersemester 1968 mit dem Chemiestudium an der Universität (Technische Hochschule) Karlsruhe. Die ersten Semester sind eine eher enttäuschende Erfahrung. Neben nicht besonders spannenden Vorlesungen verbringt man viel Zeit mit Grundpraktika, in denen man in großen Labors die klassischen qualitativen und quantitativen Analysengänge ‚kocht‘. Es gibt kaum persönlichen Kontakt mit Professoren und Assistenten, und eigenes wissenschaftliches Arbeiten scheint in unendlicher Ferne zu liegen. Da trifft es sich gut, dass ich durch einen Studienkollegen von der Existenz einer Arbeitsgruppe Geochemie im Mineralogischen Institut höre. In der kleinen Gruppe ergibt sich schnell Kontakt mit den jungen wissenschaftlichen Mitarbeitern, besonders mit dem neun Jahre älteren Rolf Emmermann (\* 1940), der damals als kürzlich promovierter Assistent im Mineralogischen Institut tätig ist. Schon im Sommersemester 1969 wechsele ich mein Studienfach zur Mineralogie, unter deren Dach die Geochemie angesiedelt ist.

Nach dem Vordiplom im Sommer 1970 schreibe ich mich an der Georg-August-Universität Göttingen ein, wo die geochemische Abteilung von dem damals wohl bekanntesten deutschen Geochemiker, Karl Hans Wedepohl (\* 1925), geleitet wird. Er gibt mir ein Promotionsthema (Geochemische und isotopengeochemische Untersuchungen an hochgradig metamorphen Gesteinen aus dem Arendal-Gebiet, Südnorwegen), bei dem ich mit zwei Elementen Bekanntschaft mache, denen ich in verschiedenen Formen über meine ganze wissenschaftliche Karriere immer wieder begegnen werde: Kohlenstoff und Schwefel. Nach vorbereitenden Studien mache ich mich schließlich mit dem Vorschlaghammer im Kofferraum auf nach Norwegen, wo ich das Glück habe, dass gerade mitten durch mein Untersuchungsgebiet eine neue Straße gebaut wird. Dank der dafür nötigen Sprengungen ist frisches Gestein leicht zugänglich und nach ein paar Wochen des Sammelns und Kartierens komme ich mit einem voll beladenen Wagen zurück. Die Untersuchung dieser Gesteine aus tiefen Schichten der Erdkruste öffnet mir den Zugang zur

*Abb. 5-9: Karl Hans Wedepohl.*

Biogeochemie. Der grafithaltige Marmor aus meinem Arbeitsgebiet nahe Arendal war vor gut einer Milliarde Jahren aus einem Karbonatsediment und dem darin enthaltenen organischen Material entstanden. Ein pyrithaltiger Gneis war zuvor ein schlammiges Sediment, in dem Bakterien Sulfat zu Sulfid reduziert hatten. In diesen harten, kristallinen Gesteinen finden sich immer noch die geochemischen Spuren ihrer Entstehung in biologisch geformten sedimentären Ökosystemen.

Auf der Suche nach einem tieferen Verständnis, wie biologische Prozesse die Struktur und Zusammensetzung von Sedimenten beeinflussen, aus denen später Gesteine werden, besuche ich von 1972 bis 1974 die Vorlesungen von Dieter Meischner (1934–2012), der seit 1970 Professor und Vorsteher der Abteilung Sediment-Geologie war, und von seinem Mitarbeiter Jürgen Schneider (\* 1938), damals Habilitand in Meischners Abteilung. Besonders genieße ich die Exkursionen ins Gelände, bei denen man die Detektivarbeit des Geowissenschaftlers lernt, der aus wenigen Spuren ‚Täter und Tathergang‘ geologischer Prozesse rekonstruieren muss. Der Ozean, den ich auf der Überfahrt nach Island als raue Naturgewalt kennengelernt hatte, fasziniert mich jetzt als Gegenstand wissen-



*Abb. 5-10: Auf dem Forschungskutter BIOS der Meeresbiologischen Station Rovinj vor der Küste Sloweniens (vorn, liegend: Dieter Meischner; sitzend: Jürgen Schneider, stehend v.l.: Henning Uffendorde und Josef Paul), zwischen 1968 und 1970.*



schaftlicher Betrachtung. Eine Exkursion ins Wattenmeer an der Nordsee und später ein ökologisch-sedimentologischer Kurs an der Meeresstation in Portorož an der slowenischen Adriaküste wecken meine Begeisterung für die Meereskunde. Auf Tauchgängen und Ausfahrten an Bord eines gemieteten Fischkutters sehen wir, wie Organismen ihre Umwelt beeinflussen, indem sie Sedimente bilden und umwandeln oder auch, wie eine Art von Bohrmuscheln, Gesteine zersetzen.



*Abb. 5-11: Edward D. Goldberg vor der Küste bei La Jolla in Kalifornien, 1986.*



### 5.5.2 Von der Geochemie zur Biogeochemie

Während ich meine Diplomarbeit zum Abschluss bringe, mache ich mir Gedanken über meine nächste Station. Australien lockt mich, da dort am Baas Becking Geobiological Laboratory (BBGL) in Canberra unter Philip Trudingers (1927–2010) Leitung erforscht wird „[...] how sunlight, algae, microorganisms, seawater, sediment, reefs, rocks and time interacted to generate an ore body“, wie es im Gründungsdokument des BBGL heißt. Doch Anfang 1973 lerne ich Tracey Wynn Shafer (\* 1952) kennen, die als Austauschstudentin von der University of California San Diego nach Göttingen gekommen war. Sie erzählt mir von diesem wunderbaren Institut am Pazifikstrand, der Scripps Institution of Oceanography, und überzeugt mich, dass dies der perfekte Ort für meine Doktorarbeit wäre. Ich erkundige mich also bei Prof. Wedepohl, ob er mich an einen Kollegen dort empfehlen könnte. Er antwortet, dass er dort zwei Kollegen gut kenne, Edward D. ‚Ed‘ Goldberg (1921–2008) und Harmon Craig (1926–2003), aber dass ich mich von vorneherein fest für den einen oder den anderen entscheiden müsste. Wenn ich

einmal bei einem von den beiden wäre, hätte ich keine Chance, zum anderen zu wechseln. Auf meine Frage, wen er mir denn empfehlen würde, antwortet Wedepohl: „Ich glaube, Sie würden besser zu Goldberg passen.“

So komme ich denn im Herbst 1974 nach La Jolla an die Scripps Institution of Oceanography. Mein erster Besuch dort verläuft etwas merkwürdig. Ich komme am späten Nachmittag ins Institut, finde Goldbergs Tür verschlossen und suche nach jemandem, der mir Auskunft geben könnte. Ein paar Türen weiter finde ich jemanden, dem ich erkläre, dass ich Goldbergs neuer Doktorand sei und nach ihm suche. Mein Gegenüber antwortet, dass er, Ray Weiss, wissenschaftlicher Mitarbeiter von Harmon Craig sei und dass es besser wäre, wenn wir nicht zusammen gesehen würden. Aber nachdem ich schon einmal da bin, klärt er mich über die berühmte Fehde zwischen Craig und Goldberg auf und empfiehlt mir, nicht zwischen die Fronten zu geraten. Seitdem waren Ray und ich immer gute Freunde, auch wenn unsere Chefs davon nichts wissen durften. Interessanterweise schaffe ich es auch, Harmon Craigs Respekt zu gewinnen, und wir hatten immer ein gutes Verhältnis.

In den folgenden Tagen unterhalte ich mich mit Goldberg über meine wissenschaftlichen Interessen und er vermag mich für ein Promotionsthema zu begeistern, das auf einer vor kurzem veröffentlichten Arbeit von John M. Wood basierte.<sup>75</sup> In diesem Artikel hatte Wood vorgeschlagen, dass Arsen von Bakterien in Sedimenten reduziert und methyliert werden könne und dadurch das flüchtige (und hochgiftige) Trimethylarsin entstehen könne. Wenn dies in die Atmosphäre entweiche, könnte das die beobachtete Anreicherung des Arsens in atmosphärischen Aerosolen erklären. In meiner Doktorarbeit sollte ich untersuchen, ob sich in anoxischen Sedimenten solche flüchtigen Methylarsenverbindungen bilden und ob sich diese auch im Meerwasser und in der Atmosphäre über dem Meer finden lassen. Das charismatische Element Arsen hatte also in mir einen neuen Anhänger gefunden. Ohne es zu ahnen, trete ich in die Fußstapfen von Adolf von Baeyer, dem Lehrer Willstätters, der 1858 in Heidelberg bei Robert Bunsen (1811–1899) über ‚De arsenici cum methylo conjunctionibus‘ promovierte<sup>76</sup> und von Emil Fischer, einem der Väter des KWI für Chemie, der 1881 einen Artikel über die Bestimmung des Arsens veröffentlichte.<sup>77</sup> Ich entwickle Analysemethoden, die es erlauben, die chemischen For-

<sup>75</sup> J.M. Wood: Biological cycles for toxic elements in environment. In: Science 183 (1974), S. 1049–1052.

<sup>76</sup> Friedrich Klemm: Baeyer, Adolf Johann Friedrich Wilhelm Ritter von. In: Neue Deutsche Biographie 1 (1953), S. 534–536, Onlinefassung: URL: <http://www.deutsche-biographie.de/pnd118646346.html>.

<sup>77</sup> Emil Fischer: Scheidung und Bestimmung des Arsens. In: Liebigs Annalen der Chemie 208 (1881), S. 182–195.

men des Arsens auch in kleinsten Mengen zu bestimmen und finde damit auch Methylarsenverbindungen im Meerwasser; wenn auch nicht das erhoffte flüchtige Trimethylarsin. Um das Porenwasser von Sedimenten zu untersuchen, baue ich mit Ross O. Barnes (\* 1946), einem ehemaligen Doktoranden Goldbergs, ein Gerät, das eine einen Meter lange Lanze in den Meeresboden stößt, an welcher Filterelemente angebracht sind. Durch den Druck des darüber liegenden Meerwassers wird Porenwasser in Probenröhrchen gepresst, diese werden automatisch verschlossen, und gasdicht wieder an Bord gebracht. Auf einer Reihe von ozeanographischen Fahrten auf Schiffen der Forschungsflotte von Scripps sammle ich Proben von Meerwasser und Porenwasser aus Tiefen bis zu 6.000 Meter im Pazifik. Entgegen meiner Ausgangshypothese findet sich das methylierte Arsen aber nicht in den Porenwässern, sondern hauptsächlich in den obersten Schichten des Meeres. Diese Verteilung legt nahe, dass nicht Bakterien, sondern planktonische Algen das Arsen methylieren, was ich durch Laborstudien bestätigen kann. Das methylierte Arsen durchläuft dann die marine Nahrungskette, die ich mit meinem Freund und Kollegen David Klumpp bis zu einem Hummer verfolge, der auf Institutskosten als Probenmaterial beschafft wird. Glücklicherweise wird nur etwa ein Gramm des Gewebes für die Analyse benötigt ...

Die Resultate meiner Arbeiten gehen in mehrere Veröffentlichungen ein. Einer davon will ich den Titel ‚Arsenic speciation in seawater and interstitial waters: The influence of biogeochemical interactions on the chemistry of a trace element‘ geben. Der Artikel wird von der Zeitschrift ‚Limnology and Oceanography‘ angenommen, doch die Herausgeberin Yvette Edmondson bedeutet mir, dass der Titel so nicht akzeptabel sei, da es keine Wissenschaft namens ‚Biogeochemistry‘ gäbe. Also werden aus ‚biogeochemical interactions‘ dann ‚biological-chemical interactions‘.<sup>78</sup> Bei meinen Messungen der Methylarsenverbindungen war mir in den Chromatogrammen ein Peak aufgefallen, der mit den Arsenverbindungen korrelierte, aber kein Arsen enthielt. Aus den chromatographischen Eigenschaften kann ich schließen, dass es sich um eine flüchtige organische Verbindung handeln muss, die auch Schwefel oder Stickstoff enthält. Aber welche? Ich erinnere mich an einen Besuch im chemischen Institut der Technischen Universität München bei meinem Cousin Helmut Saitner, der dort Chemie studierte und der schon während meiner Gymnasialzeit immer mein Vorbild als Chemiker gewesen war. Dort beobachtete ich, wie ein Lebensmittelchemiker Substanzen verfolgte, indem er am Auslass seines Gas-

<sup>78</sup> M.O. Andreae: Arsenic speciation in seawater and interstitial waters: The influence of biological-chemical interactions on the chemistry of a trace element. In: *Limnology and Oceanography* 24 (1979), S. 440–452.

chromatographen schnüffelte, demnach seine Nase als Detektor nutzte. Ich versuche also denselben Trick mit meiner unbekanntem Substanz und bemerke in der Tat einen eigentümlichen Geruch. Der Vergleich durch das Riechen an Flaschen mit bekannten Verbindungen zeigt schnell, dass es sich um Dimethylsulfid (DMS) handeln muss, das bei meiner Analyse aus Dimethylsulfoxid (DMSO) entstanden ist. Daraufhin gebe ich also in Zukunft bei meinen Eichstandards immer DMSO mit dazu und habe nach meiner Promotion einen schönen Datensatz über DMSO, über den sich eine zusätzliche Veröffentlichung schreiben lässt. Es lohnt sich demnach manchmal für einen Chemiker, einen guten Riecher zu haben. Das wusste übrigens auch schon Emil Fischer, der die Empfindlichkeit seiner Nase für die Schwefelverbindung Methylmerkaptan experimentell untersuchte und herausfand, dass er schon einige Picogramm (billionstel Gramm) riechen konnte.<sup>79</sup> Meine Nase braucht etwa tausendmal mehr DMS, um darauf anzusprechen.

### 5.5.3 An der Florida State University, Tallahassee

Nach der Promotion (17. Juni 1978) gelingt es mir, sofort eine Stelle als Assistant Professor am Oceanography Department der Florida State University (FSU) in Tallahassee, Florida, zu bekommen. Im Sommer 1978 mache ich meinen ersten Besuch zu Hause in Augsburg seit vier Jahren und heirate dort Tracey W. Shafer. Ende August 1978 trete ich meine Stelle an der Florida State University zum Vorlesungsbeginn des Herbstsemesters an. Den Schwerpunkt meines Vorlesungs- und Forschungsprogramms widme ich den Einflüssen biologischer Prozesse auf die chemische Zusammensetzung des Meerwassers. Von den Methylverbindungen des Arsens gelange ich zu denen des Antimons, des Germaniums und des Zinns. Gleichzeitig untersuche ich das Vorkommen und den Ursprung flüchtiger Schwefelverbindungen im Meerwasser: DMS, Methylmerkaptan, Kohlenstoffdisulfid, Schwefelwasserstoff usw. Es zeigt sich, dass DMS die mengenmäßig bei weitem wichtigste Verbindung ist. Eine Substanz, die schon 1935 von Paul Haas im Seetang gefunden worden war, der sie ebenfalls durch Geruchsvergleich mit kommerziellem DMS identifiziert hatte.<sup>80</sup> Lovelock hatte dann 1972 DMS in Meerwasserproben

<sup>79</sup> Emil Fischer, Franz Penzoldt: Ueber die Empfindlichkeit des Geruchssinnes. In: Liebigs Annalen der Chemie 208 (1881), S. 131–136.

<sup>80</sup> Paul Haas: The liberation of methyl sulphide by seaweed. In: Biochemical Journal 29 (1935), S. 1297–1299.



*Abb. 5-12: John W. Winchester.*

gefunden und vorgeschlagen, dass es eine wichtige Rolle im Schwefelkreislauf spielen könne.<sup>81</sup>

In den ersten Jahren an der FSU ist John W. ‚Jack‘ Winchester (\*1929) mein engster Kollege, der ebenfalls als Professor im Oceanography Department tätig ist. Sein Enthusiasmus und seine Freude an der Forschung stecken mich an und so beginne ich mich mehr mit seinem Forschungsobjekt, den atmosphärischen Aerosolen, zu beschäftigen. Dabei fügt es sich glücklich, dass er sich besonders für das Sulfat in den Feinstaubteilchen interessiert und hierfür sehr empfindliche Messmethoden entwickelt hat.

Ich entschließe mich also, systematisch das Vorkommen der Schwefelsubstanz DMS im Meerwasser, deren Entweichen in die Atmosphäre und die Umwandlung des DMS in atmosphärisches Sulfat-Aerosol zu untersuchen. Die erste größere Expedition zu diesem Thema verdanke ich dem Umstand, dass ich 1979 in Boulder Wolfgang Seiler kennengelernt hatte und von ihm eingeladen worden war, an der ‚Meteor‘-Fahrt von Hamburg nach Montevideo im Herbst 1980 teilzunehmen. Die Messungen mache ich zusammen mit Heinz Bingemer (\* 1951) von der Universität Frankfurt, der später mein Mitarbeiter am MPI für Chemie wird. In den Folgejahren dehne ich die Messungen von DMS in Wasser und Luft und von Sulfat-Aerosolen in der maritimen Reinluft auf weite Bereiche

<sup>81</sup> J.E. Lovelock, R.J.Vorname Maggs, R.A. Rasmussen: Atmospheric dimethyl sulphide and the natural sulphur cycle. In: Nature 237 (1972), S. 452 f.



Abb. 5-13: Robert Charlson, James Lovelock, Meinrat O. Andreae und Steve Warren (die Autoren der CLAW-Hypothese) in San Diego, 1988.

des Atlantiks und Pazifiks aus. Schließlich kann ich zeigen, dass DMS aus planktonischen Meeresalgen die wichtigste natürliche Quelle von Aerosolteilchen über den Ozeanen ist. Zur selben Zeit ist Jim Lovelock auf der Suche nach einem Mechanismus, mit dem die Biosphäre das Klima regeln könnte. Er entwickelt ein Konzept namens ‚Daisyworld‘ (‚Gänseblümchenwelt‘). Diesem Modell zufolge reguliert die Natur das Vorkommen von hellen oder dunklen Gänseblümchen auf der Oberfläche eines Planeten, um so den Planeten heller oder dunkler zu machen und seine Temperatur zu regeln.<sup>82</sup> Eine brillante Idee, aber wo sind die Gänseblümchen? Als Lovelock von meinen DMS- und Sulfatarbeiten hört, fällt ihm ein, dass das helle Sulfat-Aerosol die Rolle der hellen Gänseblümchen einnehmen könnte. Robert J. ‚Bob‘ Charlson trägt die Idee bei, dass die Wirkung der Sulfatpartikel durch deren Rolle als Wolkenkondensationskeime noch verstärkt werden könne. So entsteht eine Hypothese, nach der das Meeresplankton durch Emission

<sup>82</sup> A.J. Watson, J.E. Lovelock: Biological homeostasis of the global environment: The parable of Daisyworld. In: Tellus Series B-Chemical and Physical Meteorology 35 (1983), S. 284–289.

von DMS, dessen Umwandlung in Sulfat-Aerosol und wiederum dessen Einfluss auf die Wolken das Weltklima regulieren könnte. Nach den Autoren des Artikels, in dem diese Idee vorgestellt wird (Charlson, Lovelock, Andreae und Warren),<sup>83</sup> bekommt sie den Namen ‚CLAW-Hypothese‘. Dieser Artikel wurde bis heute über 2.000-mal zitiert und war der Auslöser für die intensive wissenschaftliche Beschäftigung mit der Rolle der Aerosole im Klimasystem, die Ende der 1980er Jahre auflebte.

Auf jener folgenreichen ‚Meteor‘-Fahrt im Herbst 1980 mache ich noch eine weitere überraschende Beobachtung. Die Luftstaubfilter, die in der Nähe Europas von Ruß grau gefärbt sind, zeigen in der Luft vor Afrika die braune Farbe des Saharastaubs und werden dann in den Tropen reinweiß. Doch in der Nähe des Äquators sind sie plötzlich wieder rußgrau und das mitten im Atlantik, weit weg von allen Kontinenten! Qualm aus den Schloten des eigenen oder anderer Schiffe kann ausgeschlossen werden, aber woher sonst können die Rußpartikel kommen? Ich erinnere mich an Diskussionen, die ich bei meinem Besuch 1979 bei Paul Crutzen in Boulder hatte, in denen er von den Vegetationsfeuern in den Tropen erzählte. Und wirklich lässt sich mit meteorologischen Modellen errechnen, dass die Luftmassen, die die ‚Meteor‘ im Äquatorial-Atlantik durchquerte, aus den Brandregionen Afrikas und Südamerikas gekommen waren. Diese Beobachtungen erwecken mein Interesse an der Rolle der Biomasseverbrennung für die Zusammensetzung der Atmosphäre, ein Thema, das mich bis heute begleitet.

Nachdem der Schwefelkreislauf über dem Meer weitgehend geklärt ist, ergibt sich eine Gelegenheit, die Rolle der Vegetationsemissionen für den atmosphärischen Schwefelkreislauf über den Kontinenten zu erforschen. Wir hatten 1984 auf einer Flugzeugmesskampagne der NASA über dem tropischen Atlantik Schwefelgasmessungen durchgeführt und wurden eingeladen, auch bei der Kampagne 1985 über dem Amazonasbecken wieder dabei zu sein. Auch hier gibt es eine Überraschung. Der Auslöser für diese Expedition waren die ersten Messungen von Kohlenstoffmonoxid (CO) aus dem Weltraum, die eine gewaltige CO-Fahne gezeigt hatten, die aus dem Amazonasbecken über den Pazifik hinaus driftet. Man spekulierte, dass dieses CO von der Oxidation großer Mengen an Kohlenwasserstoffen herrühren könnte, die von der Regenwaldvegetation emittiert wird. Zufällig ist meine Messstation im Flugzeug direkt hinter dem Cockpit, sodass ich den Piloten oft über die Schultern schauen kann. Dabei höre ich, wie sie sich über die Luftqualität beklagen und sich darüber wundern, dass es hier braune Dreckschichten wie über Amerika gebe! Daraufhin überrede ich das Science Team, dort mal hindurchzuflie-

<sup>83</sup> R.J. Charlson, J.E. Lovelock, M.O. Andreae, S.G. Warren: Oceanic phytoplankton, atmospheric sulphur, cloud albedo, and climate. In: Nature 326 (1987), S. 655–661.



gen, und wirklich sind die Messwerte einiger Schadstoffe, besonders des CO, in den braunen Schichten am Anschlag der Instrumente. Als ich vorschlage, das könne doch aus der Biomasseverbrennung kommen, ist der Expeditionsleiter keineswegs erfreut. Man sei doch nicht hier, um „air pollution“ zu untersuchen und sowieso seien die nächsten Feuer Hunderte bis Tausende Kilometer weit entfernt. Aus systematischen Messungen während der nächsten Flüge wird jedoch klar, dass es sich in der Tat um Rauch aus den Rodungsfeuern am Südrand des Amazonas handelt.<sup>84</sup>

Und wieder einmal zeigt sich, wie weitreichend der Einfluss der Feuer auf die Atmosphäre ist. Eine Lektion, die wir immer wieder lernen müssen; zum Beispiel 1988 im Kongo und 1999 über dem Indischen Ozean.

#### 5.5.4 Kontakte mit Paul Crutzen und der Ruf ans MPI für Chemie

Nach meinem ersten Kontakt mit Paul Crutzen im Herbst 1979 sehen wir uns in der Woche vom 2. bis 7. Mai 1982 in Berlin-Dahlem wieder, anlässlich der Dahlem-Konferenz ‚Atmospheric Chemistry‘, die von Ed Goldberg organisiert wurde.

In der Working Group on Tropospheric Gases, Aerosols, and Photochemical Reactions sind Paul Crutzen, F.S. ‚Sherry‘ Rowland (1927–2012) und Mario Molina (\* 1943), die zusammen 1995 den Nobelpreis für Chemie bekommen sollten. In derselben Gruppe ist als ‚junger deutscher Wissenschaftler‘ Franz Meixner, mein späterer Mitarbeiter am MPI für Chemie. Ich bin Rapporteur der Gruppe ‚Biogenic Contributions to Atmospheric Chemistry‘, in der auch Jim Lovelock und Peter Liss (\* 1942) mitarbeiten. Die Teilnehmerliste der Konferenz ist ein Who-is-Who der Atmosphärenchemie zu Anfang der 1980er Jahre; alle aktuellen Themen werden diskutiert: die Chemie in Wolken- und Regenwasser, biogeochemische Kreisläufe von Schwefel, Kohlenstoff und Stickstoff, Biomasseverbrennung, flüchtige organometallische Verbindungen, die Radikalreaktionen in der Atmosphäre, und vieles mehr.<sup>85</sup>

Mein nächster Kontakt mit Crutzen findet im Januar 1984 statt, als wir vom International Council of Scientific Unions (ICSU) eingeladen werden, ein Kapitel über ‚Atmospheric

<sup>84</sup> M.O. Andreae, E.V. Browell, M. Garstang, G.L. Gregory, R.C. Harriss, G.F. Hill, D.J. Jacob, M.C. Pereira, G.W. Sachse, A.W. Setzer, P.L.S. Dias, R.W. Talbot, A.L. Torres, S.C. Wofsy: Biomass-burning emissions and associated haze layers over Amazonia. In: *Journal of Geophysical Research* 93 (1988), S. 1509–1527.

<sup>85</sup> E.D. Goldberg (Hrsg.): *Atmospheric Chemistry*. Berlin/Heidelberg/New York 1982.

*Abb. 5-14 und 5-15: Teilnehmer der Dablen Konferenz  
„Atmospheric Chemistry“, 1982*



*(v.l.n.r., stehend: Reinhard Zellner, Ruprecht Jaenicke, Stu Penkett, Frank Arnold, Pat Zimmermann, Hiromi Niki, Franz Meixner; sitzend: Ralph Cicerone, Paul Crutzen, Sherry Rowland, Mario Molina, Donald Hornig).*



*(v.l.n.r., stehend: Neil Anderson, Fabrizio Bruner, Heinz Bingemer, Ulrich Schmidt, Fred Brinckman, Bo Jørgensen, Dieter Ehhalt; sitzend: Peter Liss, Jim Lovelock, Wolfgang Balzer, Rolf Hallberg, Andy Andreae).*

Chemistry‘ zu schreiben, das als Hintergrunddokument für das im September 1984 geplante ICSU Symposium in Ottawa dienen soll.<sup>86</sup> Auf diesem Symposium soll ein großes internationales Forschungsprogramm, das ‚International Geosphere-Biosphere Program‘ (IGBP), ins Leben gerufen werden. Ich schreibe einen ersten Entwurf, basierend auf einem Artikel Crutzens<sup>87</sup> und meinen Ideen über die Kreisläufe von Schwefel und Stickstoff und die Wechselwirkungen zwischen Ozean und Atmosphäre. Dann nehme ich im Juni 1984 an einem Autorenworkshop in Woods Hole, Massachusetts, teil, auf dem heiß über das zukünftige IGBP diskutiert wird und aus dem weitere Forschungsvisionen in das gemeinsame Kapitel mit Crutzen einfließen, der leider in Woods Hole nicht dabei sein kann. Dafür vertritt er uns auf dem Symposium in Ottawa und gegen Ende 1984 ist das Kapitel fertig, das viele der Ideen enthält, die später im Fokus des ‚International Global Atmospheric Chemistry‘ (IGAC) Core Projects des IGBP stehen werden.<sup>88</sup>

Inzwischen haben meine erfolgreichen Arbeiten über die biogeochemischen Kreisläufe methylierter Metallverbindungen im Ozean und besonders über den Schwefelkreislauf zu meiner Beförderung zum Associate Professor (1982) und zum Erlangen der Tenure im August 1983 geführt. Ich mache dann, was für einen jungen Professor an diesem Punkt seiner Karriere üblich ist: Ich beantrage ein Freisemester, das ich je zur Hälfte an der Universität Antwerpen und an der Universität Frankfurt verbringen will. Mein Antrag wird genehmigt und im September 1984 beginne ich meinen Aufenthalt in Antwerpen. Im Oktober unterbreche ich meine Arbeiten dort, um an dem NATO Advanced Research Workshop ‚Biogeochemical Cycling of Sulfur and Nitrogen in Remote Areas‘ in St. Georges, Bermuda, teilzunehmen. Hier bin ich Chairman der Working Group on Emissions, während Crutzen die Sulfur Cycling Session leitet. Im Nachhinein berichtet meine Frau Tracey, die mich auf den Workshop begleitet hatte, dass Crutzen mich mit „auffälligem Interesse“ beobachtet hätte.

Der geplante Aufenthalt in Frankfurt im Winter 1985 kommt aufgrund fehlender Finanzmittel nicht zustande, und ich bin gezwungen, schnell eine Alternative am National Center for Atmospheric Research in Boulder Colorado zu organisieren. Vor der Rückkehr in die USA im Januar 1985 besuche ich noch einige Universitäten und Forschungseinrichtungen in Deutschland, halte Vorträge, spreche mit Kollegen. Dabei festigt sich

<sup>86</sup> Brief von Paul Crutzen, 21. 1. 1984.

<sup>87</sup> P.J. Crutzen: Atmospheric interactions – homogeneous gas reactions of C, N, and S containing compounds. In: B. Bolin, R.B. Cook (Hrsg.): SCOPE 24: The major biogeochemical cycles and their interactions. New York 1983, S. 68–112.

<sup>88</sup> P.J. Crutzen, M.O. Andreae: Atmospheric chemistry. In: T.F. Malone, J.G. Roederer (Hrsg.): Global Change. Cambridge 1985, S. 75–113.

mein Entschluss, meine wissenschaftliche Karriere in den USA fortzusetzen und keinesfalls an eine deutsche Universität zurückzukommen. Zu eng erscheint alles hier, zu viel besser sind die Chancen in den USA. Auf den Rat von Bob Charlson hin hatte ich mich schon zu Beginn des Jahres 1984 für eine Professur am Chemistry Department der University of Washington (UW), Seattle, beworben, was Anfang Oktober 1984 zu einem sehr positiv verlaufenden Vorstellungsgespräch in Seattle führt. Der letzte Halt meines Deutschlandbesuchs, am 3. und 4. Januar 1985, führt mich nach Mainz zu einem Besuch am MPI für Chemie. Ich halte einen Vortrag über den Schwefelkreislauf, bei dem ich auch halb im Scherz die CLAW-Hypothese erwähne, über die ich mit Charlson in Bermuda diskutiert hatte. Nach dem Vortrag lädt Crutzen mich zu einem Gespräch in sein Büro ein und fragt mich ziemlich unvermittelt, ob ich mir vorstellen könne, Direktor einer neuen Abteilung am MPI für Chemie zu werden. Ich bitte um Bedenkzeit, um mit meiner Frau zu sprechen und über meine Zukunft nachzudenken. In einem Brief an Crutzen vom 23. Januar 1985 erkläre ich mich dann bald bereit zu kandidieren, obwohl mir bei dem Gedanken, die USA zu verlassen, nicht ganz wohl ist. Noch ahne ich nicht, wie langsam die Mühlen der MPG mahlen werden. Während der Berufungsprozess der MPG seine Bahnen zieht, kommt gegen Ende 1985 der Ruf nach Seattle. Auch hier bitte ich um Bedenkzeit und informiere die University of Washington (UW) von meinem laufenden Verfahren bei der MPG. Doch Anfang Sommer 1986 zwingt die UW mich, eine Entscheidung zu treffen. Am 2. Juli sage ich dort zu, und zehn Tage später kommt endlich das Angebot der MPG. So muss ich am 14. Juli in Seattle wieder absagen, was verständlicherweise dort einige Verstimmung hervorruft. Im Mai 1987, fast zweieinhalb Jahre nach dem ersten Gespräch mit Paul Crutzen, kann ich dann meine Stelle in Mainz antreten.

### 5.5.5 Die Abteilung Biogeochemie am MPI für Chemie

Schon bei meinem Berufungsgespräch mit dem MPG-Präsidenten, Heinz A. Staab, muss ich wieder für die Anerkennung des Begriffs ‚Biogeochemie‘ werben. Mein Vorschlag, meiner neuen Abteilung diese Bezeichnung zu geben, stößt auf Befremden – offenbar hat man von einem solchen Wissenschaftsgebiet noch nichts gehört. Aber letztlich einigt man sich, dass ein Direktor im Einvernehmen mit dem Institut selbst über den Namen seiner Abteilung entscheiden kann. In den ersten Mainzer Jahren basiert meine Forschung auf den Fragestellungen, denen ich schon in La Jolla und Tallahassee nachgegangen war. Den Schwefelkreislauf zwischen Atmosphäre und terrestrischer und mariner Biosphäre



*Abb. 5-16: Die Abteilung Biogeochemie auf Schloss Ringberg, 1992.*

untersuche ich zusammen mit meinem ersten wissenschaftlichen Mitarbeiter, Heinz Bingerer. Eine Arbeitsgruppe unter Jürgen Kesselmeier erforscht die Beziehungen zwischen Pflanzenphysiologie und Spurengasaustausch mit der Atmosphäre. Hinzu kommen die Arbeitsgruppen von Manfred Schidlowski und Peter Warneck, die aus der Abteilung Luftchemie in die Biogeochemie verlegt werden. Die beiden letzteren Gruppen werden in den folgenden Jahren ihre Arbeiten über die Isotopengeochemie von Gesteinen aus der Frühzeit der Erde bzw. die Reaktionskinetik in atmosphärischen Gas- und Wasserphasen weiterführen, mit denen sie schon in der Abteilung Crutzen beschäftigt waren. Mein Ziel für die Struktur der Abteilung Biogeochemie ist es, eine Gruppe von wissenschaftlichen Mitarbeitern zusammenzubringen, die im Team wichtige Themen bearbeiten und deren gemeinsame Expertise die Schnittstelle zwischen der terrestrischen und marinen Biosphäre und der Atmosphäre so weit wie möglich abdeckt. Diese Kernthemen sind:

- Die Bildung flüchtiger Schwefelverbindungen im Ozean und deren Austausch mit der Atmosphäre,
- Die Umweltchemie alkylierter Verbindungen von Metallen und metalloiden Elementen,
- Die Bildung und Verbreitung klimawirksamer Aerosole, insbesondere des marinen Sulfataerosols, des Rußkohlenstoffs und organischer Aerosolkomponenten,
- Der Einfluss der Biomasseverbrennung auf Atmosphäre und Ökosysteme,
- Der Austausch von Spurengasen zwischen terrestrischen Ökosystemen und der Atmosphäre, einschließlich der Rolle pflanzenphysiologischer und mikrometeorologischer Prozesse und
- Die Rolle tropischer Regenwälder und Savannen im Spurenstoffhaushalt der Atmosphäre.

Dabei ist es offensichtlich, dass viele dieser Themen in wechselseitigem Bezug stehen. So findet zum Beispiel ein Großteil der Biomasseverbrennung in den Tropen statt und ist eine wichtige Quelle klimawirksamer Aerosole. Eine Übersicht über die wissenschaftlichen Mitarbeiter in der Abteilung Biogeochemie und ihre Arbeitsgebiete findet sich in Tabelle 1 am Ende dieses Beitrags.

#### *5.5.5.1 Die Bildung flüchtiger Schwefelverbindungen im Ozean und deren Austausch mit der Atmosphäre*

Mein Umzug nach Mainz fällt in die gleiche Zeit wie die Veröffentlichung des Artikels über die CLAW-Hypothese.<sup>89</sup> Wir hatten damals die Hoffnung, dass es eine einfache Korrelation geben müsste zwischen einer vom Satelliten aus messbaren Konzentration des marinen Phytoplanktons im Meerwasser und der DMS-Konzentration. Mittels meteorologischer Variablen ließe sich dann der Fluss von DMS aus dem Meer in die Luft errechnen, und danach die Bildung des biogenen Sulfat-Aerosols. Leider stellte sich heraus, dass die DMS-Konzentration im Meerwasser das Resultat eines ungeheuer komplexen Systems ist, in dem die Artenzusammensetzung des Phytoplanktons und die Wechselwirkungen zwischen Phyto-, Zoo- und Bakterioplankton eine wichtigere Rolle spielen als einfache Variablen, wie die Gesamtmenge an Phytoplankton. Als ich sehe, wie Gruppen mit viel mehr Expertise in Meeresökologie und Biochemie, als wir in unserer Abteilung jemals zusammenbringen könnten, sich in der Komplexität dieser Zusam-

<sup>89</sup> R.J. Charlson et al: Oceanic phytoplankton (wie Anm. 83).



menhänge verstricken, entschieße ich mich mit einigem Bedauern dieses eigentlich faszinierende Gebiet zu verlassen. Bis heute gibt es kein prozessbasiertes Modell, das marine DMS-Konzentrationen vorhersagen könnte. In einem Paper mit Jamie Kettle bringe ich noch einmal alle damals vorhandenen DMS-Daten zusammen und demonstriere endgültig, dass es keine Korrelationen zwischen DMS und einfachen Bezugsgrößen, wie der Chlorophyllkonzentration gibt.<sup>90</sup> Ganz im Gegensatz zu diesem Thema, das sich in der Komplexität verlor, stehen unsere Arbeiten zur Bildung von Carbonylsulfid (COS) im Seewasser. Hier können wir zeigen, dass diese flüchtige Schwefelverbindung aus gelöstem organischen Material im Meerwasser durch photochemische Prozesse gebildet wird. Die Konzentrationen im Meerwasser lassen sich durch ein relativ einfaches prozessbasiertes Modell beschreiben, das nur Größen benötigt, die man mittels Fernerkundung ermitteln kann.

#### 5.5.5.2 *Die Umweltchemie alkylierter Verbindungen von Metallen und metalloiden Elementen*

Diese Arbeiten setze ich am MPI für Chemie zuerst nur in sehr kleinem Rahmen fort, beschränkt auf Untersuchungen des Verhaltens von Organozinnverbindungen in Süßwasserökosystemen. Als Spyridon Rapsomanikis 1990 als wissenschaftlicher Mitarbeiter in die Abteilung kommt, werden diese Arbeiten auf Untersuchungen von Organozinn in Organismen und Sedimenten ausgedehnt. Später kommen noch Untersuchungen von Methylquecksilberverbindungen in Fischen und Pilzen hinzu, doch ab 1995 stellen wir diesen Arbeitsbereich zugunsten von Studien über Methan, Lachgas und COS im Meerwasser ein. Nach dem Ausscheiden von Rapsomanikis im Jahre 1997 werden diese Arbeiten noch unter meiner Leitung abgeschlossen und um 2002 beenden wir unsere Forschung im marinen Bereich.

<sup>90</sup> A.J. Kettle, M.O. Andreae, D. Amouroux, T.W. Andreae, T.S. Bates, H. Berresheim, H. Bingemer, R. Boniforti, M.A.J. Curran, G.R. DiTullio, G. Helas, G.B. Jones, M.D. Keller, R.P. Kiene, C. Leck, M. Levasseur, M. Maspero, P. Matrai, A.R. McTaggart, N. Mihalopoulos, B.C. Nguyen, A. Novo, J.P. Putaud, S. Rapsomanikis, G. Roberts, G. Schebeske, S. Sharma, R. Simó, R. Staubes, S. Turner, G. Uher: A global database of sea surface dimethylsulfide (DMS) measurements and a simple model to predict sea surface DMS as a function of latitude, longitude and month. In: *Global Biogeochemical Cycles* 13 (1999), S. 399–444.





*Abb. 5-17: Sammeln von Rauchproben während der SAFARI-92 Kampagne im Kruger Nationalpark, Südafrika.*

### *5.5.5.3 Die Bildung und Verbreitung klimawirksamer Aerosole, insbesondere des marinen Sulfat-Aerosols, des Rußkohlenstoffs und organischer Aerosolkomponenten*

Aus dem marinen DMS entsteht in der Atmosphäre Sulfat-Aerosol, das gemäß der CLAW-Hypothese eine wichtige Rolle als Wolkenkondensationskeim (Cloud Condensation Nuclei, CCN) spielt. Wir wollen diesen Zusammenhang experimentell untersuchen und planen an einer Schiffsexpedition von Kapstadt nach Hamburg im März 1989 teilzunehmen, bei der ich mit meiner Frau Tracey die Konzentrationen von DMS im Seewasser und der Luft messen will und James Hudson vom Desert Research Institute, Nevada, die CCN-Messungen durchführen soll. Doch Hudson schickt sein Gerät zu spät nach Kapstadt ab, und es kommt nicht an, bevor die ‚Polarstern‘ in See sticht. Da unsere Messungen ohne die CCN-Daten auch nicht viel Sinn haben würden, sagen wir

unsere Teilnahme an der Fahrt ebenfalls ab. Doch da wir schon einmal in Südafrika sind, beschließen wir, die Gelegenheit zu einer Reise durch Südafrika und Südwestafrika (heute Namibia) zu nutzen. Auf dieser Reise lernen wir diese faszinierende Region kennen und lieben und machen uns Gedanken, ob wir nicht hier ein Forschungsprogramm aufbauen sollten, das unsere bisherigen Arbeiten in den tropischen Regenwäldern in Richtung der trockeneren Savannenregionen erweitern könnte. Dies wird drei Jahre später in Form der SAFARI-92-Expedition Wirklichkeit.

Zur Untersuchung der Zusammenhänge zwischen DMS, Sulfat-Aerosol und CCN kommt es dann erst zwei Jahre nach der geplatzten ‚Polarstern‘-Fahrt, im Februar und März 1991 auf einer ‚Meteor‘-Fahrt von Vitoria (Brasilien) nach Pointe Noire (Congo), auf der wir nachweisen können, dass Sulfat aus DMS die Hauptmasse der CCN in der Reinluft über dem tropischen Atlantik stellt.<sup>91</sup> Beim Aerosol Characterization Experiment 2 (ACE-2) im Sommer 1997 über dem Nordatlantik beobachten wir, dass diese natürliche, biogene CCN-Population über weiten Gebieten der Ozeane von industriell emittierten Sulfat-Aerosolen überlagert ist.<sup>92</sup> Als noch weiter verbreitet als das Sulfat stellt sich eine andere anthropogene Aerosolkomponente heraus. Auf einem WMO-Workshop im Sommer 1979 in Boulder hatte ich spekuliert, dass Rußkohlenstoff eine wichtige Rolle im atmosphärischen Aerosol spielt und vielleicht sogar das Klima beeinflusst.<sup>93</sup> Die Begegnung mit dem Rußkohlenstoff in den Aerosolproben vom äquatorialen Atlantik auf der Meteor-Fahrt 1980 bringt dann den Beweis, dass sich die Rußpartikel weltweit in der Atmosphäre verbreiten können. Ich entwickle Methoden, um Ruß durch eine optische Messung und Gesamtkohlenstoff im Feinstaub durch eine kernphysikalische Technik (PESA: Proton Elastic Scattering Analysis) zu bestimmen und wende diese auf Proben aus entlegenen Ozeangebieten an. Dabei zeigt sich, dass die Biomasseverbrennung in den Tropen einen äußerst wichtigen Beitrag zum Staubgehalt der Atmosphäre beiträgt und dass organische Verbindungen im Aerosol eine wichtige Komponente darstellen. Seit dem Rückgang der Schwefelemissionen aus der Verbrennung fossiler Brennstoffe,

<sup>91</sup> M.O. Andreae, S.J. de Mora, W. Elbert: Biogenic sulfur emissions and aerosols over the tropical South Atlantic. 3. Atmospheric dimethylsulfide, aerosols and cloud condensation nuclei. In: *Journal of Geophysical Research* 100, Iss. D6 (1995), S. 11335–11356.

<sup>92</sup> M.O. Andreae, W. Elbert (et al.), R. Gabriel, D.W. Johnson, S. Osborne, R. Wood: Soluble ion chemistry of the atmospheric aerosol and SO<sub>2</sub> concentrations over the eastern North Atlantic during ACE-2. In: *Tellus* 52B (2000), S. 1066–1087.

<sup>93</sup> M.O. Andreae: Graphitic elemental carbon in the atmosphere. WMO Conference on Atmospheric Pollution Relative to Climate. In: WMO Spec. Environ. Report No. 14, WMO Publ. No. 549 (1980), S. 133–139.

der in den 1980er Jahren begann, sind Kohlenstoffverbindungen sogar die mengenmäßig dominierende Komponente in Feinstaub. Bis heute erforschen wir in unserer Abteilung die für die Emission und Bildung organischer Aerosolkomponenten verantwortlichen Prozesse, die globale Verbreitung von Ruß- und organischen Aerosolen sowie ihre chemischen und physikalischen Eigenschaften. Am Anfang hatte man dabei noch die Vorstellung, dass das organische Aerosol ein mehr oder weniger inertes Material sei, das durch die Atmosphäre reist, bis es durch Regen oder andere Vorgänge wieder entfernt wird. In den letzten Jahrzehnten entsteht dann ein völlig anderes Bild, bestimmt von einer ungeheuren Vielfalt organischer Verbindungen im Aerosol, die mit immer hochentwickelteren Verfahren chemisch identifiziert werden.<sup>94</sup> Heute gelingt es uns sogar, die Verteilung chemischer Verbindungen innerhalb einzelner Partikel, die kleiner als ein Tausendstel Millimeter sind, zu bestimmen.<sup>95</sup> Paradoxerweise benutzen wir zur Messung der kleinsten Teilchen die größte ‚Lampe‘, nämlich ein Elektronensynchrotron mit einem Durchmesser von etwa 60 Metern, in dem Elektronen mit 99.999996 Prozent Lichtgeschwindigkeit unterwegs sind und Röntgenlicht mit einer Intensität erzeugen, die einem Milliardenfachen des Sonnenlichts entspricht. Gleichzeitig wächst unser Verständnis für die Komplexität der Bildung und des Abbaus dieser Verbindungen. Zum Teil werden sie direkt von der Biosphäre in die Luft abgegeben, wie beispielsweise Pilzsporen und Bakterien. Zum anderen Teil bilden sie sich in der Luft durch photochemische Reaktionen aus biogenen gasförmigen Verbindungen, wie zum Beispiel Isopren und Terpene.<sup>96</sup> In den wenigen Gebieten der Erde, die heute noch so etwas wie einen Naturzustand der Atmosphäre repräsentieren, stellen biogene organische Partikel die Hauptzahl der CCN,

<sup>94</sup> M.O. Andreae: A new look at aging aerosols. In: *Science* 326 (2009a), S. 1493 f.

<sup>95</sup> C. Pöhlker, K.T. Wiedemann, B. Sinha, M. Shiraiwa, S. Gunthe, M. Smith, H. Su, P. Artaxo, Q. Chen, Y. Cheng, W. Elbert, M.K. Gilles, A.L.D. Kilcoyne, R.C. Moffet, M. Weigand, S.T. Martin, U. Pöschl, M.O. Andreae: Biogenic potassium salt particles as seeds for secondary organic aerosol in the Amazon. In: *Ebda.* (2012).

<sup>96</sup> U. Pöschl, S.T. Martin, B. Sinha, Q. Chen, S.S. Gunthe, J.A. Huffman, S. Borrmann, D.K. Farmer, R.M. Garland, G. Helas, J.L. Jimenez, S.M. King, A. Manzi, E. Mikhailov, T. Pauliquevis, M.D. Petters, A.J. Prenni, P. Roldin, D. Rose, J. Schneider, H. Su, S.R. Zorn, P. Artaxo, M.O. Andreae: Rainforest aerosols as biogenic nuclei of clouds and precipitation in the Amazon. In: *Ebda.*, 329 (2010), S. 1513–1516.

deren Konzentration über solchen kontinentalen Reinluftgebieten vergleichbar niedrig ist wie über den entlegenen Ozeanen.<sup>97</sup>

Die Einsicht in die Komplexität der Wechselwirkungen zwischen Gas-, Flüssig- und Festphasen in der Atmosphäre, die besonders bei den organischen Aerosolen augenfällig wird, hat das MPI für Chemie veranlasst, die Gründung einer neuen Abteilung ‚Multiphasenchemie‘ voranzutreiben. Hier sollen theoretisch und experimentell folgende Themen angegangen werden: Kinetik und Thermodynamik der Wechselwirkungen zwischen Spurengasen und kondensierten Aerosolphasen, Herkunft und chemische Reaktionen biogener Partikel, die Rolle der Aerosole bei der Wolkenbildung und die Beziehungen zwischen Aerosolpartikeln und Gesundheit. Ulrich Pöschl wird vom Institut als Direktor dieser neuen Abteilung vorgeschlagen. Am 13. Juli 2012 stimmt die CPT-Sektion diesem Antrag zu und am darauffolgenden Tag beschließt der Senat der MPG einen Ruf an Pöschl ergehen zu lassen, der ihn zum 1. Oktober annimmt.

#### 5.5.5.4 *Der Einfluss der Biomasseverbrennung auf Atmosphäre und Ökosysteme*

Die wichtigsten Entdeckungen über die Rolle der Vegetationsfeuer haben wir auf Kampagnen gemacht, die sich eigentlich nicht mit diesem Thema beschäftigten. Das ist schon bei der oben erwähnten Meteor-Fahrt 1980 durch den äquatorialen Atlantik der Fall, wo sich die weite Verbreitung des Rauchs über den Ozeanen zeigt. Auf der ABLE-2A Kampagne 1985 im Amazonasbecken werden wir davon überrascht, wie stark der Einfluss der Feuer am Rand des Beckens noch 1.000 Kilometer entfernt in seinem Zentrum ist. Im Februar 1988 gehen wir in den Kongo-Regenwald, um die Emissionen von Schwefel- und anderen Spurengasen zu untersuchen und sie anschließend mit denen aus dem Amazonaswald zu vergleichen. Wieder ist die Luft trüb, wieder will niemand wahrhaben, dass das etwas mit Vegetationsfeuern zu tun haben soll. Erst als ich mit meinem Finger an der Vorderkante des Tragflügels unseres Forschungsflugzeuges entlangfahre und allen meine rußgeschwärzte Fingerkuppe zeige, legen sich die Zweifel. Das Forschungsziel der CITE-3-Flugexpeditionen an die brasilianische Ostküste (August/September 1989) ist die Validierung der verschiedenen Messmethoden für Schwefelgase. Und auch hier ist die Luft über dem Atlantik voller Qualm, diesmal von den Feuern im

<sup>97</sup> M.O. Andreae: Correlation between cloud condensation nuclei concentration and aerosol optical thickness in remote and polluted regions. In: Atmospheric Chemistry and Physics 9 (2009b), S. 543–556.

südlichen Afrika, deren Rauch der Passat über den Atlantik bläst. Nach so vielen Zufallsbegegnungen mit dem Rauch aus der Biomassenverbrennung ist es Zeit, gezielt die Emissionen aus Vegetationsfeuern zu untersuchen. Die erste, kleinere Kampagne dieser Art machen wir im Januar 1991 in der Elfenbeinküste (FOS-DECAFE), wo wir Rauch aus kontrollierten Savannenfeuern vom Boden aus und mit einem speziell ausgerüsteten kleinen Flugzeug untersuchen.<sup>98</sup> Gleichzeitig laufen die Vorbereitungen für SAFARI-92, einem viel umfassenderen Experiment im südlichen Afrika. Im Kruger Nationalpark brennen wir gezielt Savannenflächen ab und fliegen mit einer eigens umgebauten und instrumentierten DC-3 durch die Rauchwolken. Dann geht es weiter mit dem Flieger zu Messungen über Swasiland, Zimbabwe, Zambia, Namibia, Angola und Botswana. Andere Gruppen führen detaillierte Untersuchungen am Boden über Kohlenstoffbilanz und Feuerökologie im Kruger-Park durch.<sup>99</sup>

In den folgenden Jahren wenden wir uns der Untersuchung von Rodungsfeuern im Amazonaswald zu. Meist geschieht dies nicht auf Kampagnen, die sich ausschließlich den Vegetationsfeuern widmen, sondern in integrierten Projekten. Darin werden sowohl die ‚freiwillige‘ Emission von Aerosolen und Spurengasen aus der Biosphäre als auch die ‚gewaltsame‘ durch das Feuer erforscht. Auf dem nächtlichen Rückflug von einem Workshop im Herbst 1996 in Brasilien fällt mir die Abkürzung für die erste dieser Kampagnen ein: CLAIRE – ‚Cooperative LBA Airborne Regional Experiment‘. Es ist vielleicht kein reiner Zufall, dass Claire auch der Name meiner 1994 geborenen Tochter (Claire Marianne Andreae) ist. Im Flug über Surinam auf 10 Kilometern Höhe während der Kampagne CLAIRE-98 durchfliegen wir eine Rauchsicht, die sich mit meteorologischen Modellen zu Feuern im Amazonasgebiet zurückverfolgen lässt: der erste Nachweis, dass Rauch aus Vegetationsfeuern bis in die obere Troposphäre vordringen kann.<sup>100</sup> Dies wird durch das experimentelle Feuer auf der Insel Bor in der sibirischen Tundra am

<sup>98</sup> G. Helas, J. Lobert, D. Scharffe, L. Schäfer, J. Goldammer, J. Baudet, A.-L. Ajavon, B. Ahoua, J.-P. Lacaux, R. Delmas, M.O. Andreae: Airborne measurements of savanna fire emissions and the regional distribution of pyrogenic pollutants over western Africa. In: *Journal of Atmospheric Chemistry* 22 (1995), S. 217–239.

<sup>99</sup> B.W. van Wilgen, M.O. Andreae, J.G. Goldammer, J.A. Lindesay (Hrsgg.): *Ecological and Atmospheric Effects of Savanna Fires in Southern Africa*. Johannesburg 1997.

<sup>100</sup> M.O. Andreae, P. Artaxo, H. Fischer, S.R. Freitas, J.M. Gregoire, A. Hansel, P. Hoor, R. Kormann, R. Krejci, L. Lange, J. Lelieveld, W. Lindinger, K. Longo, W. Peters, M.d. Reus, B. Scheeren, M.A.F. Silva Dias, J. Ström, P.F.J. van Velthoven, J. Williams: Transport of biomass burning smoke to the upper troposphere by deep convection in the equatorial region. In: *Geophysical Research Letters* 28 (2001), S. 951–954.

6. Juli 1993 spektakulär bestätigt, bei dem eine Rauchsäule bis an den unteren Rand der Stratosphäre aufsteigt. Weitere Amazonasexpeditionen im Jahr 1999 (EUSTACH) und 2001 (CLAIRE-2001) liefern zusätzliche Informationen über Vegetationsfeuer. Im Jahr 2002 gelingt dann der nächste Schritt, die Verknüpfung zwischen dem Rauch-Aerosol, der Wolkenphysik und der Niederschlagsbildung auf der Kampagne SMOCC-2002. Vergleichsflüge durch Wolken in der Reinluft des westlichen Amazonasbeckens und der rauchgeladenen Luft im südlichen Amazonas zeigen, dass die Rauchpartikel Extreme befördern: Milder Regen wird unterdrückt und Starkregen mit Blitz und Hagel verstärkt.<sup>101</sup> Insbesondere in der Form von Waldbränden sind Vegetationsfeuer nicht nur wichtige Faktoren in der Atmosphärenchemie und der Ökologie, sie bedrohen auch menschliches Leben und Eigentum. Mit den Beziehungen zwischen Feuerökologie und Katastrophenschutz befasst sich seit 1990 eine Außenstelle der Abteilung Biogeochemie unter der Leitung von Johannes Goldammer, die an der Universität Freiburg angesiedelt ist.

#### 5.5.5.5 *Der Austausch von Spurengasen zwischen terrestrischen Ökosystemen und der Atmosphäre*

Als ich 1987 von der zweiten Amazonaskampagne (ABLE-2B) nach Mainz zurückkomme, bin ich entschlossen, den Spurenstoffaustausch zwischen terrestrischer Vegetation und Atmosphäre zu einem Kernthema meiner neuen Abteilung zu machen. Da diese Arbeiten ein fundiertes Verständnis pflanzenphysiologischer Prozesse voraussetzen, gewinne ich 1988 den Botaniker Jürgen Kesselmeier als Mitarbeiter. Unsere ersten Arbeiten widmen sich den Schwefelgasen  $H_2S$ , DMS, und COS. Besonders COS stellt sich als interessant heraus: Wegen seiner Ähnlichkeit zu  $CO_2$  wird es von Pflanzen aufgenommen, zerfällt aber schnell im Pflanzenstoffwechsel. So ist es als Tracersubstanz einsetzbar, mit der man die  $CO_2$ -Aufnahme durch die Vegetation verfolgen kann. Da in den letzten Jahren Methoden entwickelt wurden, mit denen sich COS in Sekundenauflösung messen lässt, wollen wir in den nächsten Jahren versuchen diese Technik zur Echtzeitmessung der Photosyntheseleistung einzusetzen.

Mitte der 1990er Jahre beginnen wir, uns vermehrt mit den Emissionen von biogenen Kohlenwasserstoffen (Isopren und Terpenen), organischen Säuren und Aldehyden zu

<sup>101</sup> M.O. Andreae, D. Rosenfeld, P. Artaxo, A.A. Costa, G.P. Frank, K.M. Longo, M.A.F. Silva-Dias: Smoking rain clouds over the Amazon. In: Science 303 (2004), S. 1337–1342.



beschäftigen. Unsere Feldstudien zu diesem Thema beginnen in einem europäischen Gemeinschaftsprojekt auf dem Landgut Castelporziano des italienischen Staatspräsidenten, integrieren sich aber bald in unsere anderen Arbeiten im Amazonaswald. Um den Fluss von Spurenstoffen zwischen Atmosphäre und Vegetation quantitativ zu erfassen, braucht man sowohl ein tiefes Verständnis der komplexen physikalischen und chemischen Vorgänge innerhalb der turbulenten Grenzschicht wie auch ausgefeilte Messtechniken. Beides bringt Franz Meixner mit, der 1991 vom damaligen Fraunhofer-Institut für Atmosphärische Umweltforschung (unter der Leitung von Wolfgang Seiler) ans MPI für Chemie in die Abteilung Biogeochemie wechselt. Er steigt sofort in die gerade laufenden Vorbereitungen zur SAFARI-92 Expedition ein und übernimmt den Außenposten auf dem Flughafen in Victoria Falls, Zimbabwe. Damit beginnt eine bis heute dauernde Zusammenarbeit mit Forschern in diesem Land. Meixners nächster Schwerpunkt sind die EUSTACH-Kampagnen 1999 im Amazonas,<sup>102</sup> gefolgt von Feldexperimenten im Bayerischen Wald, bei denen der Austausch der Stickstoffgase NO und NO<sub>2</sub> sowie von Ozon untersucht wird. Weniger Glück hat er in China: Nach einigen erfolgreichen kleineren Experimenten plant er eine große Kampagne auf einer Oase in der Wüste Gobi, wo Stickoxidemissionen untersucht und mit Satellitenmessungen verglichen werden sollen. Doch irgendwie erweckt dieses Projekt das Misstrauen der chinesischen Geheimdienste, und kaum sind die Messungen aufgebaut, wird unsere Gruppe von den Männern mit den schwarzen Sonnenbrillen gezwungen, sie wieder abzubauen. Dann wird sie aus dem Land geschickt – Berufsrisiko der Forschung in Ländern wie China. Im Frühjahr 2001 beginnt in Meixners Gruppe eine junge Studentin mit ihrer Diplomarbeit – Ivonne Trebs, die sich gleich an der CLAIRE-2001 Kampagne in Manaus beteiligen soll, und zwar mit Messungen auf einem Boot auf dem Rio Negro in der Abluft der Großstadt Manaus. Bei SMOCC-2002 übernimmt sie im Rahmen ihrer Doktorarbeit die Messungen von stickstoffhaltigen Spurengasen und Aerosolen auf der Ranch Fazenda Nossa Senhora im brasilianischen Bundesland Rondonia, die sie erfolgreich zu Ende bringt, trotz der Schwierigkeiten, die mit dem Betrieb hochempfindlicher Instrumente auf einer tropischen Rinderweide verbunden sind. Trebs gelingt es 2009, ein Minerva-Stipendium der MPG zu bekommen, mit dem sie eine eigene Arbeitsgruppe zur Erforschung des Stickstoffkreislaufs aufbauen kann.

<sup>102</sup> M.O. Andreae, P. Artaxo, C. Brandão, F.E. Carswell, P. Ciccioli, A.L. da Costa, A.D. Culf, J.L. Esteves, J.H.C. Gash, J. Grace, P. Kabat, J. Lelieveld, Y. Malhi, A.O. Manzi, F.X. Meixner, A.D. Nobre, C. Nobre, M.d.L.P. Ruivo, M.A. Silva-Dias, P. Stefani, R. Valentini, J. von Jouanne, M.J. Waterloo: Biogeochemical cycling of carbon, water, energy, trace gases and aerosols in Amazonia: The LBA-EUSTACH experiments. In: *Journal of Geophysical Research* 107 (2002), S. 33-1–33-25.





*Abb. 5-18: Vorexpedition im Amazonaswald nördlich Manaus, Uatumã-Camp, August 2010*

#### *5.5.5.6 Die Rolle tropischer Regenwälder und Savannen im Spurenstoffhaushalt der Atmosphäre*

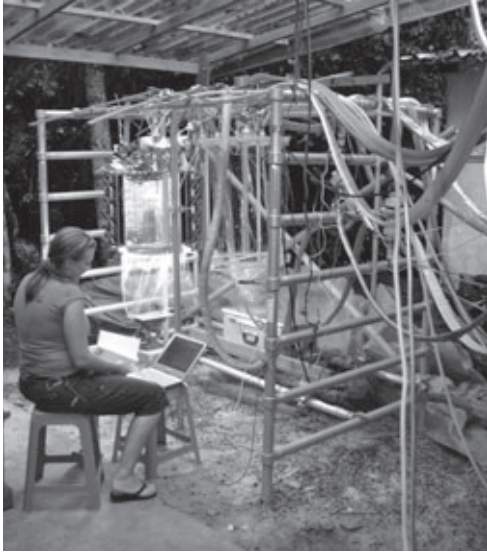
Auf dem Flug von Puerto Rico nach Manaus am 12. Juli 1985 sehe ich beim Blick aus dem Fenster der NASA Electra zum ersten Mal den Amazonaswald und ahne nicht, dass mich diese Region bis zum Ende meiner wissenschaftlichen Laufbahn nicht mehr loslassen wird. An den ersten zwei Amazonaskampagnen (ABLE-2A, 1985, und ABLE-2B, 1987), die von der NASA durchgeführt werden, nehme ich noch als Professor der Florida State University teil. Schon auf diesen Kampagnen zeigen sich uns die zwei Seiten der Amazonasregion, die das wissenschaftliche Arbeiten hier so spannend machen: Einerseits kann man hier noch vom Menschen beinahe unbeeinflusste Bedingungen vorfinden, während man in anderen Teilen des Amazonas durch die Brandrodung extrem belastete Luft antrifft. So eignet sich dieses Gebiet hervorragend, um menschliche Einwirkungen auf Atmosphäre und Ökosysteme zu erforschen. Als Max-Planck-Institut sind wir für solche Forschung hervorragend aufgestellt, da wir über lange Zeiträume planen können und nicht von den fluktuierenden Prioritäten der Forschungsförderung abhängig sind.

Auch können wir mit den Verzögerungen, die beim Arbeiten in Entwicklungsländern unweigerlich eintreten, besser umgehen als eine Gruppe, die nur über kurzfristige Projektförderung finanziert wird.

Nach den großen ABLE-Kampagnen im Amazonasgebiet reizt uns zunächst der Vergleich mit dem Kongo-Regenwald. Mit französischen Kollegen führen wir 1988 die Kampagne DECAFE-88 in der Volksrepublik Kongo durch, deren Hauptforschungsziel der Biosphären-Atmosphären-Austausch ist. Die nächste Kampagne, FOS-DECAFE, geht 1991 in die Elfenbeinküste und ist den Emissionen aus Savannenfeuern am Rande des Kongowaldes gewidmet. Wir haben zunächst große Hoffnungen, hier im tropischen Afrika langfristige Kooperationen aufzubauen, die aber durch die ungünstigen politischen Entwicklungen bitter enttäuscht werden. So gehen unsere nächsten Kampagnen in die Savannengebiete des südlichen Afrika (SAFARI-92) und wir planen, für unsere Arbeiten im tropischen Regenwald wieder an den Amazonas zu gehen. Das gelingt uns 1998 durch die CLAIRE-98 Kampagne in Brasilien und Surinam, auf die 1999, 2001 und 2004 die schon oben erwähnten Expeditionen EUSTACH, CLAIRE-2001 und SMOCC-2002 folgen. Um die Mitte der 2000er Jahre, nach 20 Jahren Amazonasforschung, haben wir zwar eine Menge über das Reinluft-Aerosol in diesem Gebiet gelernt, aber eine Grundfrage ist noch immer unbeantwortet: Was ist die Quelle der Partikel in der Luft über dem Amazonaswald? Diese Frage steht im Mittelpunkt der Expedition AMAZE-08, die im Regenwald nördlich von Manaus stattfindet. Die Ergebnisse zeigen, dass zwei Mechanismen dominieren: Die ‚großen‘ Teilchen, mit Durchmessern über einem Mikrometer, bestehen zum Großteil aus Pilzsporen und anderem biologischen Material, während die kleineren Teilchen durch die atmosphärische Oxidation von biogenen Kohlenwasserstoffen gebildet werden.<sup>103</sup> Gegenwärtig untersuchen wir die genauen Mechanismen, über die die Bildung dieser Partikel abläuft.

Der Amazonaswald wird häufig als große Kohlenstoffsene beschrieben, die einen wichtigen Anteil des anthropogen emittierten CO<sub>2</sub> aufnehmen soll. Wir haben uns deshalb immer wieder mit der Frage beschäftigt, ob sich dies durch Messungen bestätigen lässt. In der Tat hatten die Messungen im Projekt EUSTACH 1999 suggeriert, dass der Wald durch die Photosynthese große Mengen Kohlenstoff schluckt. Als es sich zeigt, dass diese CO<sub>2</sub>-Aufnahme vielleicht nur durch Messartefakte vorgetäuscht wird, versuchen wir es 2001 mit einer anderen Methode. Durch häufig wiederholte Vertikalprofile, die vom Flugzeug aus gemessen werden, lässt sich der CO<sub>2</sub>-Gehalt der Atmosphäre bilanzieren und daraus eine CO<sub>2</sub>-Aufnahme oder Abgabe der Vegetation berechnen. Messungen in

<sup>103</sup> Pöschl et al.: Rainforest aerosols (wie Anm. 96).



*Abb. 5-19: Nina Knothe misst Spurengasaustausch im Labor der Max-Planck-Außenstelle Manaus, 2007.*

der Region um Manaus während CLAIRE-2001 zeigen, dass der Wald in etwa im Gleichgewicht ist und  $\text{CO}_2$  netto weder aufnimmt noch abgibt.<sup>104</sup> Die BARCA-Kampagnen 2008/2009 reichen über einen großen Teil des Amazonasbeckens und kommen zu demselben Schluss.

Da diese Messungen immer nur eine Momentaufnahme darstellen, wollen wir zukünftig zu Langzeitmessungen übergehen. Dazu planen wir, einen 300 Meter hohen Mast mitten im Amazonas zu errichten, von dem aus wir auf viele Jahre hinaus  $\text{CO}_2$  und andere wichtige Spurengase und Aerosole messen wollen (ATTO: Amazonian Tall Tower Observatory). Hier kommt uns zugute, dass das MPI für Chemie 2007 die Außenstelle Manaus übernommen hat, die ursprünglich 1969 von Harald Sioli, dem früheren Direktor am MPI für Limnologie in Plön, auf dem Campus des Instituto Nacional de Pesquisas da Amazonia gegründet worden war.<sup>105</sup>

<sup>104</sup> J. Lloyd, O. Kolle, H. Fritsch, S.R. de Freitas, M.A.F. Silva Dias, P. Artaxo, A.D. Nobre, A.C. de Araújo, B. Kruijt, L. Sogacheva, G. Fisch, A. Thielmann, U. Kuhn, M.O. Andreae: An airborne regional carbon balance for Central Amazonia. In: *Biogeosciences* 4 (2007), S. 759–768.

<sup>105</sup> Vgl. Eckart Henning, Marion Kazemi: Chronik der Kaiser-Wilhelm-/Max-Planck-Gesellschaft zur Förderung der Wissenschaften 1911–2011. Daten und Quellen. Berlin 2011, S. 464 (28. Mai 1969 Vereinbarung zur Außenstelle Manaus).



*Abb. 5-20: Die Außenstelle Manaus.*

Durch die Umwandlung dieses Instituts in ein MPI für Evolutionsbiologie hatte die Außenstelle ihre Relevanz für Plön verloren und wurde an unser Institut übertragen. Gegenwärtig (Juli 2012) sind die Vorbereitungen für ATTO im Gange und wir warten darauf, dass das brasilianische Bundesland Amazonas die letzten 14 Kilometer Straße baut, die den geplanten Turmstandort an die nächste Wasserstraße anschließen sollen. Das ‚kalte‘ Pendant zum tropischen ATTO, den sibirischen Messturm ZOTTO (Zotino Tall Tower Observatory), betreiben wir schon seit 2006 am Jenissei-Fluss zusammen mit dem MPI für Biogeochemie in Jena.

### 5.5.5.7 *Isotopenbiogeochemie und Paläoklimaforschung*

Das Institut musste aufgrund verschiedener Konsolidierungsmaßnahmen die beiden Abteilungen Isotopenkosmologie (Friedrich Begemann) und Kosmochemie (Heinrich Wänke) nach der Emeritierung Begemanns 1995 zu einer Abteilung verschmelzen. Deren Restgruppen werden nach der Emeritierung Wänkes 1996 von der Abteilung Geochemie (Albrecht W. Hofmann) übernommen. Als 2007 auch Hofmann in den Ruhestand geht, und kein Nachfolger innerhalb einer gemeinsamen Berufung mit der Universität gefunden werden kann, werden die verbliebenen Gruppen der Geochemie und Kosmochemie in die Abteilung Biogeochemie überführt. Die Arbeiten der kosmochemischen Gruppe unter der Leitung von Ulrich Ott und der Hochdruckgruppe unter Mikhail Eremets werden bis zum Ruhestand der Gruppenleiter von diesen weitgehend in Eigenregie weitergeführt. Die geochemische Datenbank, die von vielen Nutzern weltweit in Anspruch genommen wird, bleibt unter der Leitung von Bärbel Sarbas. Die Arbeitsrichtungen der Gruppen unter Stephen Galer und Klaus Peter Jochum werden neu definiert. In der Gruppe Galer steht die Erforschung biogeochemischer Kreisläufe mit Isotopentracern im Vordergrund. Isotopensysteme der Elemente Cadmium, Calcium, Strontium, Chrom und Nickel geben Aufschlüsse über Nährstoffkreisläufe und Meereszirkulation. Der Staubtransport von der Sahara über den Atlantik in die Karibik und das Amazonasbecken wird mit Blei-, Neodymium- und Strontium-Isotopen untersucht. Die Gruppe Jochum widmet sich paläoklimatischen Fragestellungen. Mithilfe der Uran/Thorium-Methode werden Stalagmiten datiert, die Auskünfte über den Wandel der klimatischen Bedingungen in der Erdgeschichte geben können. Winzige Ostrakoden-Fossilien in Sedimenten aus Seen im tibetanischen Hochland enthalten ebenfalls Klimasignale, die bis in die letzte Eiszeit zurückgehen. Silizium-Isotope in den Skeletten von Tiefseeschwämmen speichern Informationen über die Geschichte der Ozeane.

### 5.5.6 Biogeochemie in Mainz, Marburg, Bremen und Jena

Die Abteilung Biogeochemie am MPI für Chemie in Mainz war die erste Abteilung mit dieser Bezeichnung in der MPG. Ihr folgen bald die Einrichtung von biogeochemischen Abteilungen an zwei neugegründeten Instituten der MPG, dem Institut für terrestrische Mikrobiologie in Marburg (Arbeitsaufnahme am 1. Januar 1991) und dem Institut für marine Mikrobiologie in Bremen (Arbeitsaufnahme am 1. April 1992), an deren Grün-



dung Mainzer Wissenschaftler beratend teilnehmen. Im Marburger Institut wird Ralf Conrad, ein ehemaliger Mitarbeiter des MPI für Chemie aus der Arbeitsgruppe Wolfgang Seilers, zum Direktor und Leiter der Abteilung Biogeochemie berufen.

Als sich durch die Wiedervereinigung Deutschlands die Möglichkeit zur Gründung neuer Institute in den neuen Ländern eröffnet, sehen Crutzen und ich eine Chance, die Biogeochemie in der MPG weiter auszubauen. Am 2. Mai 1994 findet ein Treffen statt, an dem Paul Crutzen und ich, sowie Lennart Bengtsson und Hartmut Graßl vom MPI für Meteorologie, Hamburg, teilnehmen. Als mögliche Themen für ein neu zu gründendes Institut werden vorgeschlagen:

- „1. Anpassung von Ökosystemen und Stoffkreisläufen an sich ändernde globale und regionale, klimatische und atmosphärenchemische Randbedingungen und deren Rückwirkungen auf Stoffkreisläufe, chemische Zusammensetzung der Atmosphäre und das Klima der Erde.
2. Paläohistorische Untersuchungen zum Systemkomplex Biosphäre/Klima/Biogeochemie/Atmosphärenchemie“.<sup>106</sup>

Das erste Thema wird favorisiert, aber die Teilnehmer stellen auch fest: „Das 2. Thema steht aber auch auf der Liste möglicher Themen für die weitere Entwicklung der Forschung am MPI für Chemie in Mainz.“ Vom 15. bis zum 18. Januar 1995 findet dann das ‚International Symposium on Biogeochemical Cycles and Global Change‘ statt, auf dem das Feld gesichtet wird und an dem als Redner auch die späteren Direktoren des MPI für Biogeochemie, Martin Heimann und Ernst-Detlef Schulze, vortragen. Am 22. November 1996 wird das Institut als ‚Max-Planck-Institut für die Erforschung globaler biogeochemischer Kreisläufe‘ gegründet<sup>107</sup> und nimmt am 1. September 1997 seine Arbeit auf. Schon am 14. November wird der etwas sperrige Name des Instituts auf ‚Max-Planck-Institut für Biogeochemie‘ verkürzt.<sup>108</sup> Hauptschwerpunkt des Jenaer Instituts sollen die biogeochemischen Kreisläufe langlebiger Verbindungen, besonders des CO<sub>2</sub>, sein, wohingegen sich die Abteilung Biogeochemie des MPI für Chemie mehr auf die Untersuchung biogeochemischer Austauschprozesse reaktiver Verbindungen konzentriert.

Das zweite vorgeschlagene Thema ‚Paläohistorische Untersuchungen zum Systemkomplex Biosphäre/Klima/Biogeochemie/Atmosphärenchemie‘ steht in engem Bezug zu dem neu entwickelten Themenbereich ‚Isotopenbiogeochemie und Paläoklimaforschung‘ in

<sup>106</sup> Protokoll des Treffens vom 2. 5. 1994 (im Besitz des Verfassers).

<sup>107</sup> Protokoll der 144. Senatssitzung der MPG vom 22. 8. 1996 (MPG-Archiv, Abt. II, Rep. 1A Senat, Protokolle).

<sup>108</sup> Henning, Kazemi: Chronik (wie Anm. 105), S. 716.

meiner Abteilung. Vielleicht können diese Arbeiten den Grundstein legen für zukünftige Aktivitäten des Instituts im Bereich der Paläoklimatologie. Eine Abteilung dieser Ausrichtung wäre eine wichtige Ergänzung des Portfolios der ‚Earth System Research Partnership‘, einer losen Kooperation, zu der sich die Max-Planck-Institute für Chemie, für Biogeochemie und für Meteorologie zusammengeschlossen haben, um gemeinsam das Erdsystem zu erforschen.

Wiss. Mitarbeiter	Geburtsjahr	Jahre in der Abt.	Schwefelgase	Metallorg. Verb.	Aerosole	Biomasse Verbrennung	Spurengas Austausch	Tropenwald	Paläo Geo Kosmo
Heinz Bingemer	1951	1987–1990	x					x	
Mikhail Eremets	1949	2010–							x
Stephen Galer	1960	2010–			x				x
Johannes Goldammer	1949	1990–				x			
Günter Helas	1946	1988–2011			x	x	x	x	
Klaus Peter Jochum	1943	2010–							x
Jürgen Kesselmeier	1950	1988–	x				x	x	
Franz Meixner	1951	1991–				x	x	x	
Ulrich Ott	1947	2010–							x
Ulrich Pöschl	1969	2005–2012, ab 01.10.2012 Wissenschaftliches Mitglied			x	x		x	
Spyridon Rapsomanikis	1954	1990–1997	x	x			x		
Thomas Reiner	1964	1998–2000	x		x	x	x		
Bärbel Sarbas	1956	2010–							x
Manfred Schidlowski	1933	1987–1997							x
Otmar Schmid	1964	2002–2005			x	x		x	
Ivonne Trebs	1978	2000–			x	x	x	x	
Martin Vollmer	1966	2002–2005					x		
Jörn von Jouanne	1940	1998–2004				x	x	x	
Peter Warneck	1928	1987–1993					x		

*Tabelle 5-1: Wissenschaftliche Mitarbeiter der Abteilung Biogeochemie und ihre Arbeitsgebiete.*





## 6 Die Erfindung der Luftchemie – Christian Junge\*

Ruprecht J a e n i c k e

Christian Junge (1912–1996) veröffentlichte 1963 sein Buch „Air Chemistry and Radioactivity“.<sup>1</sup> Es wurde von der Fachwelt sehr positiv aufgenommen und diente für viele Jahre als Referenz für Spurenbeimengungen in der Atmosphäre. Dieses Buch hat den Begriff Luftchemie oder Atmosphärenchemie als Bezeichnung für eine neue, eigenständige Wissenschaft eingeführt. Junges Studien konzentrierten sich auf die Substanzen der Atmosphäre, die viele Wissenschaftler der damaligen Zeit als unvermeidbaren Dreck oder Verunreinigung ansahen. Nichtsdestotrotz, Substanzen wie atmosphärische Aerosole und Spurengase wie Methan, N<sub>2</sub>O und die Fluorchlorkohlenwasserstoffe (FCKW) können direkt und indirekt das Wetter, das Klima und die Umwelt beeinflussen. Die Max-Planck-Gesellschaft (MPG) ernannte Junge nach einer langen Suche 1968 zum Direktor des Max-Planck-Instituts (MPI) für Chemie. Junge setzte seine Forschung auf diesem Gebiet fort, sodass es heute eine prosperierende Wissenschaft ist. Diese Wissenschaft wurde 1995 durch die Verleihung des Nobelpreises für Chemie an Paul Crutzen (\* 1933), Mario Molina (\* 1943) und Frank Sherwood Rowland (1927–2012) für ihre Erforschung der Chemie der Atmosphäre, genauer gesagt für die Erforschung der Bildung und Zerstörung von Ozon in der Stratosphäre, öffentlich wahrgenommen. So wurde der Preis nicht nur an diese außergewöhnlichen Wissenschaftler verliehen, sondern er unterstreicht auch die Bedeutung eines Forschungsfeldes: der Atmosphären- oder Luftchemie. Während sich Christian Junge im Laufe seiner Karriere noch verschiedenen Feldern innerhalb der Luftchemie und der Meteorologie widmete, bleibt die Arbeit mit atmosphärischen Aerosolen eng mit seinem Namen verknüpft. Er beschäftigte sich außerdem mit atmosphärischen Spurengasen und der sogenannten ‚Alten Atmosphäre‘.

\* Teile dieses Beitrages sind aus einem Aufsatz des Verfassers aus dem Englischen übersetzt (Christian Junge: The Pioneer of Air Chemistry. In: Gilmore J. Sem et al. (Hrsgg.): History & Reviews of Aerosol Science. American Association for Aerosol Research 2005, S. 37–47). Die Übersetzung stammt von Anja Heller, BA.

<sup>1</sup> Christian E. Junge: Air Chemistry and Radioactivity. New York/London 1963.

## 6.1 Ausbildung und Zweiter Weltkrieg

Junge wurde am 2. Juli 1912 in Elmshorn geboren und wuchs unter den Eindrücken des Ersten Weltkrieges und dessen Nachwirkungen auf. Nach seinem Abitur wollte er Chemie studieren, wurde aber durch Arbeitslose, die auf der Straße mit Schildern herumlaufen, auf denen „Chemiker sucht Arbeit“ stand, abgeschreckt.<sup>2</sup> Der Zeitgeist und das wachsende gesellschaftliche Interesse am Luftverkehr veranlassten ihn, sich diesem Gebiet zuzuwenden, er wollte an diesen Veränderungen teilhaben. So entschied er sich, Meteorologie an der Universität Graz zu studieren, da dort Alfred Wegener (1880–1930) die Lehrkanzel für Meteorologie und Geophysik innehatte. Wegeners Auffassung von Meteorologie war von der Atmosphärischen Physik geprägt. Tragischerweise verscholl Wegener 1930 im Grönländischen Eis, so dass Junge nicht die Chance hatte, bei ihm zu studieren.

Nach dem ersten Semester setzte Junge sein Studium der Meteorologie in Hamburg und Frankfurt fort (1931–1935). Sein akademischer Lehrer in Frankfurt war Karl Wilhelm Franz Linke (1878–1944), der bekannt wurde für seine Arbeiten auf dem Gebiet der atmosphärischen Strahlung (Linkescher Trübungsfaktor). Junge schloss sein Studium mit einer Dissertation über atmosphärische Kondensationskerne ab.<sup>3</sup> Zunächst blieb er zwei Jahre in Frankfurt, wo er sich an der Universität als wissenschaftlicher Mitarbeiter weiter der Untersuchung von Kondensationskernen widmete, ehe er danach in die Dienste des Reichswetterdienstes in Hamburg trat, wo er im Instrumentenamt angestellt war. Mit dem Ausbruch des Zweiten Weltkrieges war Junge automatisch im Reichswetterdienst mit dem Militär und der Luftwaffe verbunden. Seine ersten ‚militärischen‘ Aufgaben bestanden in Propaganda, da man meteorologische Techniken dafür besonders geeignet hielt. Junge musste Propaganda-Pamphlete mit Wetterballons starten, die dann von Ost-Frankreich über die Frontlinie nach Westen fliegen sollten. Doch da Ostwinde in Westeuropa selten auftreten, fiel der Erfolg dieser Aktion gering aus. Eindrucksvoll ist die Schilderung in seinem Familientagebuch, wie er überzähliges Propagandamaterial in der Basilika Sacré Coeur in Paris entsorgt hatte.<sup>4</sup> Junge war während des gesamten Zweiten Weltkrieges als Meteorologe in vielen Kriegsgebieten im Dienst: Nord-Afrika (Darna, Libyen), Kreta, Italien und Frankreich. Der Militärdienst formte seine meteorologischen

<sup>2</sup> Persönliche Mitteilung Junges an den Verfasser.

<sup>3</sup> Christian Junge: Übersättigungsmessungen an atmosphärischen Kondensationskernen. In: Gerlands Beiträge zur Geophysik 46 (1935), S. 108–129.

<sup>4</sup> Christian Junge: Familienchronik (in Privatbesitz).

Fähigkeiten und schärfte seine Sicht auf die Atmosphäre. Ein Meteorologe der damaligen Zeit musste sich auf ganz wenige Beobachtungsdaten verlassen, die zur Verfügung standen. Er war für die sichere Rückkehr der Kampfflieger verantwortlich, so dass großes professionelles Wissen und eine hohe wissenschaftliche Vorstellungskraft gefragt waren. Junge ertrug die ganze Last des Krieges, erkrankte auf dem Rückzug und war dann für zwei Jahre Kriegsgefangener. Nach seiner Entlassung kehrte er nach Hamburg zum Deutschen Wetterdienst zurück.

## 6.2 Forschung

Nach seiner Rückkehr aus der Gefangenschaft war er ein in der Wettervorhersage erfahrener Meteorologe und ein ausgebildeter Atmosphärenphysiker, der Interesse an Chemie hatte. Das war ausschlaggebend für seine spätere wissenschaftliche Karriere. Da Junge die akademische Forschung mehr als der Wetterdienst behagte, entschloss er sich, an die Universität Frankfurt zurückzukehren, wo er 1953 Privatdozent wurde. In diesen Jahren machte seine Forschung über die atmosphärischen Aerosole bemerkenswerte Fortschritte.<sup>5</sup> Das damalige Verständnis atmosphärischer Aerosole war das eines ‚Zoo‘ verhältnismäßig unabhängiger Partikel-Populationen, die nicht miteinander verbunden und verschieden in ihrer Größe waren: Aitkenteilchen, kleine Ionen, mittelgroße Ionen und große Ionen, Langevin-Ionen, ultragroße Ionen, Staubteilchen und so weiter.<sup>6</sup> Heute wird das alles als atmosphärisches Aerosol begriffen. Der Begriff Aitkenteilchen wird heute meist synonym mit Kondensationskerne verwendet und gleichzeitig wird darunter die Gesamtkonzentration aller Teilchen verstanden. Dies schien ein konsistentes Bild zu ergeben, denn die Teilchenphysik arbeitete ebenfalls mit einem ‚Teilchenzoo‘. Aber die Existenz des atmosphärischen ‚Partikelzoo‘ (Linien-Spektren) war die Folge einer Bequemlichkeit. Israël und Schulz erklären das recht schön bei der anzuwendenden doppelten Differenzierung.<sup>7</sup> Wenn die Messpunkte mit geraden Linien anstatt von Kurven miteinander verbunden werden, dann werden deutlich unterschiedene Populationen erzeugt. Und gerade Linien waren damals einfacher zu handhaben als Kurven. Junge

<sup>5</sup> C. Junge: Gesetzmäßigkeiten in der Größenverteilung atmosphärischer Aerosole über dem Kontinent. In: Berichte des Deutschen Wetterdienstes in der US-Zone 35 (1952), S. 261–277.

<sup>6</sup> H. Israël, L. Schulz: Über die Größenverteilung der atmosphärischen Ionen. In: Meteorologische Zeitschrift 49 (1932), S. 226–233.

<sup>7</sup> Ebda.

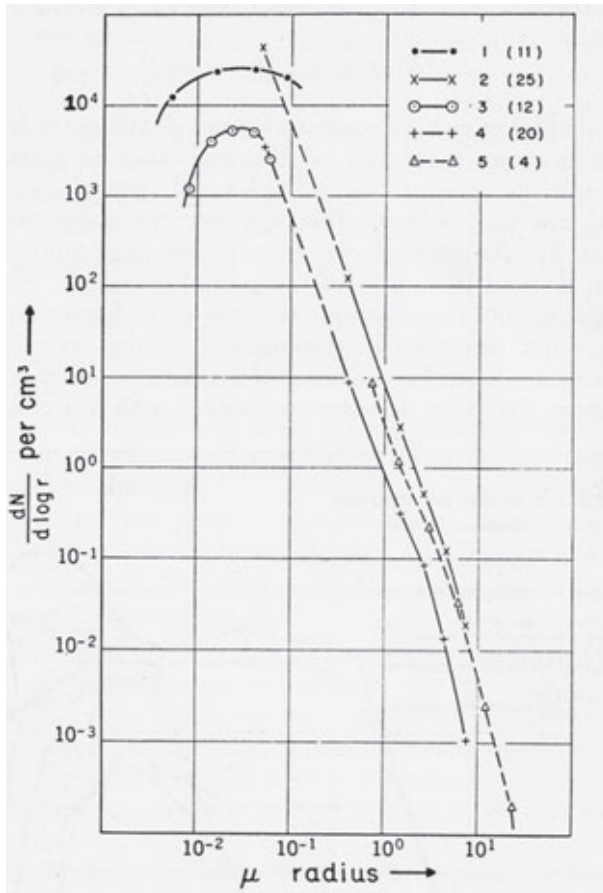


Abb. 6-1: Atmosphärische Aerosolgrößenverteilung. Die gestrichelte Linie überbrückt den Bereich ohne Messwerte.

fügte dem ‚Teilchenzoo‘ eigene Messungen über optisch aktive Atmosphären-Partikel hinzu.

Seine Tätigkeit als Meteorologe, bei der er oft synoptische Karten auf der Grundlage spärlicher Beobachtungen erstellte, bewog ihn dazu, eine großzügige Kurve durch alle bis dahin bekannten Aerosol-Konzentrationspunkte zu ziehen. Er schrieb: „For simplicity, the line spectra of the Aitken particles were converted to continuous distributions.“<sup>8</sup> Für Teilchen größer als  $0,1 \mu$  ergab sich auf diese Weise sogar eine einfache Gleichung

<sup>8</sup> Junge: Air Chemistry (wie Anm. 1), S. 115 f.

(Konzentrationsdichte proportional zu  $r^{-3}$ , mit  $r$ =Radius) für eine kontinuierliche Aerosol-Größenverteilung (im Gegensatz zu einem Teilchenzoo). Die Schlichtheit dieser Gleichung war so überzeugend, dass Kollegen sie zu einem Gesetz erhoben. Dies geht wahrscheinlich auf eine Anmerkung von Heinrich F. Siedentopf (1906–1963) während eines Vortrags Junges zurück, wonach ein  $r^{-3}$ -Gesetz der Radius-Verteilung nicht nur im atmosphärischen Staub, sondern auch in interstellarer Materie präsent wäre. Diese überwältigend einfache Darstellung dominierte die wissenschaftliche Sicht für viele Jahre. Ich erinnere mich gut an eine Diskussion mit Kenneth Whitby (1925–1983) in Minneapolis 1971, als er die doppelt logarithmische Gerade von Junge infrage stellte und Änderungen anbringen wollte. Später entwickelte er seine Sicht<sup>9</sup> über eine multimodale Natur des Aerosols und ich fügte später die bis heute verwendete mathematische Beschreibung hinzu.<sup>10</sup>

Junges Interesse an der Chemie atmosphärischer Aerosole begann mit seinen Forschungen zum Wachstumsverhalten der Aitkenpartikel.<sup>11</sup> Das Wachstum der Partikel in einer mit Wasserdampf angereicherten Atmosphäre hat eine eminente Bedeutung in der Wolkenphysik. Junge beschrieb einen Wachstumsfaktor für die Partikel, auf den sich auch heute noch zahlreiche Arbeiten beziehen. Zu dieser Zeit kam die Idee der chemisch-gemischten Natur der atmosphärischen Aerosolpartikel auf. Gemischte Teilchen machen es leichter, die chemische Zusammensetzung zu untersuchen, da der Einfluss der Meteorologie (des Transportes) auf das Ergebnis geringer zu sein schien. Untersuchungen konnten gemacht werden, ohne die Geschichte eines spezifischen Luftpakets zu verfolgen; chemische Untersuchungen über atmosphärische Aerosole waren von der Meteorologie getrennt! Heute ist man allerdings in dieser Hinsicht vorsichtiger.

In den 1950er Jahren schienen die Aussichten auf eine akademische Karriere und eine Anstellung in Deutschland gering zu sein. So folgte Junge einer Einladung von Dr. Helmut Landsberg (1906–1985), dem damaligen Direktor des Geophysics Directorate, US-Air Force Cambridge Research Center, Bedford, Mass, und siedelte in die USA über. Landsberg hatte in Frankfurt studiert, musste 1934 unter dramatischen Umständen emigrieren und kannte Junge. In den USA interessierte Junge sich wieder für die Chemie der atmosphärischen Aerosole. Was war der damalige Stand der Wissenschaft? Atmos-

<sup>9</sup> Kenneth T. Whitby: On the Multimodal Nature of Atmospheric Aerosol Size Distribution. Paper presented at the VIII. International Conference on Nucleation, Leningrad 1973.

<sup>10</sup> R. Jaenicke/C.N. Davies: The Mathematical Expression of the Size Distribution of Atmospheric Aerosols. In: *Journal of Aerosol Science* 7 (1976), S. 255–259.

<sup>11</sup> Christian Junge: Das Größenwachstum der Aitkenkerne. *Berichte des Deutschen Wetterdienstes in der US-Zone* 38 (1952), S. 264–267.

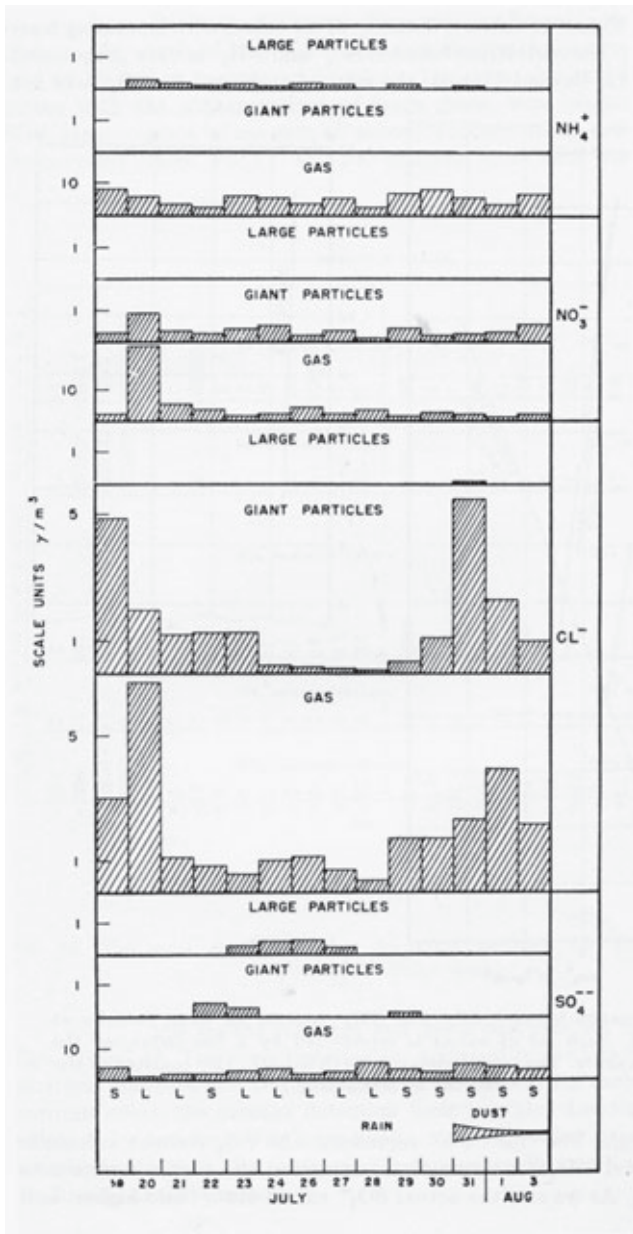


Abb. 6-2: Die chemische Zusammensetzung des atmosphärischen Aerosols in Florida.  $\gamma m^3$  bedeuten  $\mu g m^3$ .



Sphärische Aerosolpartikel dienten als Wolkenkondensationskerne. Bestimmte chemische Verbindungen förderten diesen Prozess. Elektronenmikroskopische Beugungsdiagramme von einzelnen Partikeln zeigten, dass Ammoniumsulfat eine Rolle spielte.<sup>12</sup> Diese und andere Ergebnisse zeigten die ungefähren chemischen Eigenschaften dieser Aerosolpartikel. Quantitative Daten waren zu dieser Zeit überhaupt nicht vorhanden. 50 Meilen von Boston entfernt (Round Hill), machte Junge mit Impaktoren und chemischen Mikrotechniken, hauptsächlich Farbreaktionen, Messungen.<sup>13</sup> Impaktoren erlauben die Trennung des Aerosols in Größenbereiche, große Kerne mit einem Radius von 0,08 bis 0,8  $\mu\text{m}$  und riesige Kerne mit einem Radius von 0,8 bis 8  $\mu\text{m}$ . Diese Messungen wurden später durch Messungen in Florida ergänzt (Abb. 6-2).<sup>14</sup> Junge fand einen erheblichen chemischen Unterschied zwischen Partikeln, deren Radius größer als 0,8  $\mu\text{m}$  und Partikeln, deren Radius kleiner als 0,8  $\mu\text{m}$  war. Damit war gezeigt, dass es erhebliche chemische Unterschiede zwischen den einzelnen Aerosolfractionen gibt und damit an unterschiedliche Produktionsprozesse zu denken ist. Dies beeinflusste später wahrscheinlich Whitby mit seiner Idee der multimodalen Struktur (und unterschiedlichen Produktionsmechanismen) des atmosphärischen Aerosols. Erwähnenswert ist ein Staub-Ereignis im August. Als ein in der Sahara erfahrener Meteorologe identifizierte Junge bei diesem Ereignis leicht Sahara-Sand. Ungeachtet dessen wählten später andere Wissenschaftler<sup>15</sup> die ‚unberührte‘ Luft über Barbados für ihre Suche nach Mikrometeoriten, da sie sich nicht vorstellen konnten, dass Sahara-Sand über den Atlantischen Ozean gelangen konnte. Das Positive an dieser unglücklichen Planung ist eine 30 Jahre weit reichende eindrucksvolle Zeitreihe, wie Sahara-Sand nach Barbados transportiert wird.<sup>16</sup> In Verbindung mit der Chemie der atmosphärischen Aerosole ist es interessant zu erwähnen,

- 
- <sup>12</sup> W. Jacobi, C. Junge, W. Lippert: Reihenuntersuchungen des natürlichen Aerosols mittels des Elektronenmikroskops. In: *Archiv für Meteorologie, Geophysik und Bioklimatologie* 5 (1952), S. 166–178.
- <sup>13</sup> C. Junge: The chemical composition of atmospheric aerosols. I. Measurements at Round Hill Field Station, June–July 1953. In: *Journal of Meteorology* 11 (1954), S. 323–333.
- <sup>14</sup> C. Junge: Recent investigations in air chemistry. In: *Tellus* 8 (1956), S. 127–139, fig. 2.
- <sup>15</sup> A.C. Delany, D.W. Parkin, J.J. Griffin, E.D. Goldberg, B.E.F. Reimann: Airborne Dust Collected at Barbados. In: *Geochimica et Cosmochimica Acta* 31 (1967), S. 885–909.
- <sup>16</sup> Joseph M. Prospero: Long-term measurements of the transport of African mineral dust to the southeastern United States: Implications for regional air quality. In: *Journal of Geophysical Research* 104 (1999) D13, S. 15917–15927.

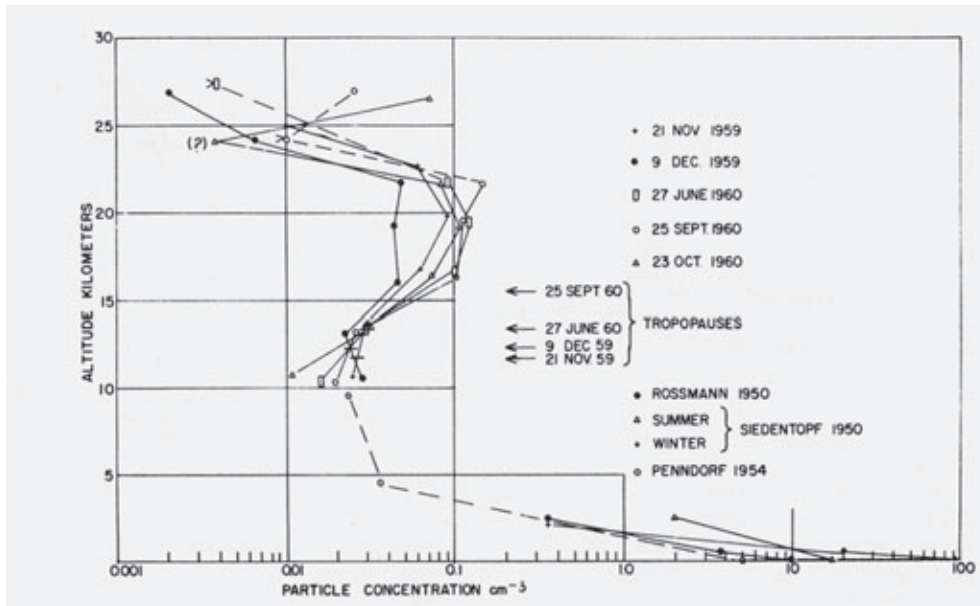


Abb. 6-3: Fünf Vertikalprofile der Konzentration großer Aerosolteilchen in der Stratosphäre über Sioux Falls, South Dakota.

dass Junge der erste war, der in den USA ein Niederschlags-Chemie-Messnetz,<sup>17</sup> nach skandinavischem Vorbild, etablierte.<sup>18</sup>

Der 4. Oktober 1957 war ein Wendepunkt in der US-amerikanischen Forschungsstrategie. Die UdSSR schoss erfolgreich und viel früher als erwartet den ersten Satelliten ins All. Die Forschungsanstrengungen der USA fokussierten sich von da an ausschließlich auf Weltraumerkundung. Der öffentliche Druck war immens. Was sollte man mit einem Atmosphärenchemiker in einer Forschungseinrichtung der US-Luftstreitkräfte tun? Junge schlug die Untersuchung von Mikrometeoriten in der Stratosphäre vor, da diese eine mögliche Bedrohung für Satelliten darstellten. Durch die Atombombentests stand

<sup>17</sup> C.E. Junge, P.E. Gustafson: Precipitation sampling for chemical analysis. In: Bulletin of the American Meteorological Society 37 (1956), S. 244 f.

<sup>18</sup> H. Egnér, E. Eriksson: Current data on the chemical composition of air and precipitation. In: Tellus 7 (1955), S. 134–139. – C.E. Junge: Recent investigations in air chemistry. In: Tellus 8 (1956), S. 127–139.

die Stratosphäre ohnehin im Fokus des wissenschaftlichen Interesses, weil damit die Möglichkeit bestand, Luftmassenbewegungen in der Stratosphäre zu verfolgen. Hinzuzufügen ist, dass bereits früher für die Troposphäre<sup>19</sup> und auf der Grundlage von Dämmerungsmessungen<sup>20</sup> über eine vertikale Verteilung von Staub und stratosphärischen Staubschichten spekuliert worden war. Nichtsdestotrotz, ein Nachweis durch Messungen vor Ort fehlte noch. Junges Vorschlag wurde positiv aufgenommen und er erhielt umfangreiche finanzielle Ressourcen für die Durchführung dieser Forschung. So ließ er Ballons von Sioux Falls und Hyderabad in Indien aus aufsteigen. Zusätzlich wurden Impaktorproben auf U2-Auflärungsflugzeugen exponiert. Diese Flugzeuge wurden vor der Öffentlichkeit geheim gehalten.<sup>21</sup> Das Ergebnis übertraf alle Erwartungen: Die stratosphärische Aerosolschicht (Abb. 6-3) wurde ‚entdeckt‘ und bestätigt.<sup>22</sup> Die Aerosoloberfläche in dieser Schicht spielt heute weiterhin eine Schlüsselrolle in der Erklärung des Ozonlochs und der Klimaforschung.

Aber diese Erfolgsgeschichte kam zu einem schnellen Ende: Mit seinem chemischen Interesse untersuchte Junge auch die chemische Zusammensetzung der gesammelten Partikel.<sup>23</sup> Er fand eine hohe Konzentration an Sulfationen, also eine Sulfatschicht, und damit einen deutlichen Hinweis darauf, dass deren Quelle die Erde und nicht das Weltall war. Deswegen trägt bis heute diese Schicht den Namen ‚Junge-Schicht‘ oder ‚Sulfat-Schicht‘. Da Junges Forschung nicht mehr mit dem Weltall verbunden war, wurde seine Stelle am USAF Cambridge Research Center abrupt beendet. Er erhielt für ein Jahr Salär, schrieb sein Buch und nahm 1962 die Professur für Meteorologie an der Universität Mainz an.

<sup>19</sup> Rudolf Penndorf: The vertical distribution of Mie particles in the troposphere. In: Geophysical Research Papers USAF 25 (1954), S. 1–12.

<sup>20</sup> E.K. Bigg: The Detection of Atmospheric Dust and Temperature Inversions by Twilight Scattering. In: Journal of Meteorology 13 (1956), S. 262–268.

<sup>21</sup> Geheim meint hier auch, dass der Geräteträger Junge nicht mitgeteilt wurde, da er zwar US-Bürger, aber dennoch gebürtig aus Deutschland war. Die Proben trugen nur Informationen über Höhe, Messdauer und geographische Koordinaten.

<sup>22</sup> C. Junge, J.E. Manson: Stratospheric aerosol studies. In: Journal of Geophysical Research 66 (1961), S. 2163–2182.

<sup>23</sup> C. Junge, C.W. Chagnon, J.E. Manson: Stratospheric aerosols. In: Journal of Meteorology 18 (1961), S. 81–108.

### 6.3 Universität Mainz

In Mainz war Junges persönliches Einkommen zwar gesichert, aber seine Arbeitssituation war sehr schlecht, denn es waren nur noch eine Handvoll Studenten am Institut. Weiterhin betrug das finanzielle Budget nicht einmal zehn Prozent von dem, was ein Direktor an einem Max-Planck-Institut zur Verfügung hatte. Außerdem gab es nur eine beschränkte Anzahl an Arbeitsräumen für die Wissenschaftler. All seine Versuche, diese schlechte Situation zu verändern, schlugen fehl. Sogar als er mit Mitteln der Volkswagen-Stiftung eine Forschungsbaracke einwarb, hatte die Universität ihre Bedenken. Auch konnte er keine Nicht-Meteorologen einstellen, da dies die wenig flexiblen Universitätsstrukturen nicht zuließen. Die Chemiker der Universität hatten ihre Zweifel an Junges Arbeit, denn Junges wissenschaftliche Themen (Spurenstoffe der Atmosphäre) wurden von ihnen lediglich als ‚unvermeidlicher Schmutz‘, oder Verunreinigungen, die es nicht wert sind, dass man sie wissenschaftlich untersucht, angesehen. Zusätzlich wurde Junge Opfer eines wissenschaftlichen Hochstaplers, eines wissenschaftlichen Münchhausen.<sup>24</sup> Mit Teilen seiner Berufungsmittel kaufte er ein teures Instrument, die Goetz-Aerosolzentrifuge.<sup>25</sup> Damit hätte das atmosphärische Aerosol detailliert größensortiert gemessen werden können. Dieses Gerät war jedoch ein kompletter Reinfluss, da Junge sich auf die vollkommen übertriebene Werbung des Kollegen Alexander Goetz (1897–1970) vom renommierten California Institute of Technology verlassen hatte. Aber Junge versuchte seine Ideen weiter mit Beharrlichkeit und eingeworbenen Drittmitteln zu verfolgen. Zusammen mit Kurt Bullrich (1920–2010) und Hans-Walter Georgii (\* 1924) von der Universität Frankfurt war er einer der ersten, die einen Sonderforschungsbereich der Deutschen Forschungsgemeinschaft (DFG) beantragten. Junge erweiterte seine Forschungen auf den Bereich der Spurengase (CO, Hg, N<sub>2</sub>O) und atmosphärische Aerosole (Größenverteilungen, Entwicklung eines hochsensiblen Ionenzählers, Säuregehalt von Aerosolteilchen). Seine Idee war es, die Konzentration der Spurensbstanzten weltweit zu dokumentieren und ihre Herkunft, Budgets und Auswirkungen auf die Umwelt zu untersuchen. Nur ein Meteorologe mit seinem Wissen, seiner Erfahrung und seiner Vorstellungskraft über Stofftransport in der Atmosphäre konnte solch eine Idee entwickeln. Er plante die Teilnahme an Forschungsfahrten mit dem neuen Deutschen Forschungs-

<sup>24</sup> Vgl. zu Goetz auch Lee A. DuBridge: Interview von Judith R. Goodstein am 19. 2. 1981, California Institute of Technology, Pasadena, California. [http://resolver.caltech.edu/CaltechOH:OH\\_DuBridge\\_1](http://resolver.caltech.edu/CaltechOH:OH_DuBridge_1), retrieved am 4. 6. 2012.

<sup>25</sup> Alexander Goetz, Othmar Preining: Bestimmung der Größenverteilung eines Aerosols mittels des Goetz'schen Aerosolspektrometers. In: *Acta Physica Austriaca* 14 (1961), S. 292–304.

schiff ‚Meteor‘. Doch Instrumente, die eine solch geringe Konzentration messen konnten, waren nicht im Handel erhältlich, sondern mussten erst entwickelt, gebaut und am Ende richtig kalibriert werden. Er war mit Sicherheit kein ‚off-the-shelf-Wissenschaftler‘, der nur mit kommerziellen Instrumenten arbeiten konnte. Dies, Instrumente auch selbst zu konstruieren, lehrte er seine Schüler. Seine Fähigkeit, ein komplettes Bild einer Situation aus spärlichen Beobachtungen zu entwickeln, war dabei hilfreich.<sup>26</sup>

## 6.4 Max-Planck-Institut für Chemie

Während Junge noch in den USA war, starb auf der anderen Seite des Atlantiks plötzlich Professor Friedrich A. Paneth (1887–1958), Direktor der Abteilung Radiochemie des MPI für Chemie in Mainz. Die MPG stellte schnell eine Kommission zusammen, die einen Nachfolger finden sollte. Doch dies stellte sich als schwerer heraus als gedacht. Im Laufe der nächsten Jahre änderten sie den Namen von einer Nachfolgerkommission zu einer Berufungskommission – da ein weiteres Wissenschaftliches Mitglied ausschied – und später zu einer Zukunftskommission, wurde doch von einigen Wissenschaftlern der Vorschlag gemacht, das Institut zu schließen. Dieser ganze Prozess dauerte fast ein Jahrzehnt. Einige bekannte Wissenschaftler, wie Hans E. Suess (1909–1993), Gösta Rudstam (\* 1925), Rudolf Mößbauer (1929–2011), Hermann Hartmann (1914–1984) wurden berufen, lehnten aber alle aus unterschiedlichen Gründen ab. Viele neue wissenschaftliche Felder wurden erkundet und wieder verworfen. Interne Lösungen wurden diskutiert. Junges Name wurde erst ins Spiel gebracht, nachdem eine gemeinsame Berufung von Johannes Geiss (\* 1926) mit der Universität diskutiert worden war. Junge, an der Universität Mainz Vorsitzender der Berufungskommission, sprach sich gegen eine solche gemeinsame Berufung aus. In diesen Verhandlungen war Junge den führenden Mitgliedern der MPG bekannt geworden und hatte offensichtlich einen prägenden Eindruck hinterlassen. In einem Gespräch mit Wolfgang Gentner (1906–1980), dem späteren Vize-Präsidenten der MPG, widerstrebte es Junge noch, eine Berufung der MPG anzunehmen, da er über keine formale Ausbildung als Chemiker verfügte. Aber Gentner überzeugte Junge damit, dass er stattdessen Chemiker anstellen könnte und so willigte Junge ein, da er die großen Möglichkeiten, die ihm diese Stelle bot, erkannte.<sup>27</sup> 1968,

<sup>26</sup> Ruprecht Jaenicke (Hrsg.): *Atmosphärische Spurenstoffe*. Weinheim 1987.

<sup>27</sup> Christian Junge: *Familienchronik* (in Privatbesitz).



*Abb. 6-4: Junges Arbeitsgruppe am MPI für Chemie 1972: Liebl, Warneck, Schmidt, Hahn, Huf, Schidlowski, Greese, Seiler, Kuhning, Winkler, Schmidt, Respondek, Eichmann, Beck, Slemr, Ketseridis, Schütz, Jaenicke u.a.*

während er gerade auf einer Messreise am Observatorium Izaña auf Teneriffa weilte, wurde Junge als Direktor des MPI für Chemie berufen und baute die Abteilung Chemie der Atmosphäre und physikalische Chemie der Isotope auf.

Diese Abteilung entwickelte sich sehr erfolgreich. Junge bot jungen Nachwuchswissenschaftlern eine Umgebung an, in der sie sich frei entfalten und ihre eigene wissenschaftliche Karriere entwickeln konnten. Er hielt weiterhin Vorlesungen an der Universität, so etwa ‚Hohe Atmosphäre‘, und entsprach damit einem Wunsch der MPG, die stets auf eine engere Verbindung zur Universität drängte. Viele Wissenschaftler aus unterschiedlichen Feldern kamen in seine Gruppen, sodass die Forschung an Tiefe und Breite gewann. Er bildete vier Arbeitsgruppen, die sich mit Atmosphärischen Aerosolen,

Spurengasen, Reaktionskinetik und der ‚alten Atmosphäre‘ befassten. Diese Arbeiten vertieften das Verständnis von Physik und Chemie der Atmosphäre.

Die Gruppe ‚Alte Atmosphäre‘ (Manfred Schidlowski) begann die Anreicherung von freiem Sauerstoff in der Atmosphäre während der Evolution der Erde mit geologischen Mitteln zu erkunden. Nur freier Sauerstoff machte das Leben, wie wir es heute kennen, möglich. Diese Forschung formte und forcierte das Denken in Budgets zusätzlich zu dem in Konzentrationen. Ein Budget umfasst die Produktion bestimmter chemischer Verbindungen in den unterschiedlichsten Kompartments, die Lebenszeit der Komponenten und den schlussendlichen Abbau. Später wandten sich die Arbeiten dieser Gruppe dem Kohlenstoff-Kreislauf und der Entwicklung des Lebens zu.<sup>28</sup>

Junge war ein Pionier in Klimafragen. Bereits 1971 arbeitete er an einer Zusammenstellung zu ‚Inadvertent Climate Modification‘, dem SMIC-Report<sup>29</sup>, mit. In einer Präsentation auf der Hauptversammlung der MPG 1975 hob er die Bedeutung der atmosphärischen Spurengase, CO<sub>2</sub> und Fluorchlorkohlenwasserstoffe (FCKW) eingeschlossen, für das Klima hervor.<sup>30</sup> Hier äußerte er auch die Idee, dass der Mensch die Atmosphäre beeinflussen würde.<sup>31</sup> 2005 erklärte ihn die MPG zum Klimapropheten.<sup>32</sup> Die Gründung des MPI für Meteorologie in Hamburg 1975 geht auf Junges Initiative zurück.

Die Gruppe ‚Reaktionschemie‘ (Peter Warneck) entwickelte die Erstellung von Spurengas-Budgets. Dies beinhaltete auch die aktive Teilnahme anderer wissenschaftlicher Bereiche wie Mikrobiologie und Bodenkunde. Peter Warneck hat später eigentlich die Fortsetzung des Buches von Junge geschrieben.<sup>33</sup> Die Forschung der Gruppe ‚Spurengase‘ (Wolfgang Seiler, vgl. auch den Beitrag von Meinrat O. Andreae in diesem Band) entwickelte sich mehr und mehr zu Budget-Studien (N<sub>2</sub>O, CO, <sup>12</sup>CO, <sup>14</sup>CO, Mikroorganismen, Böden, Meerwasser, OH-Radikale und FCKW). Begonnen hatten diese Überlegungen wohl bei der ersten Teilnahme an einer ‚Meteor‘-Forschungsfahrt über den

<sup>28</sup> Manfred Schidlowski: Frühe Evolution des Lebens auf der Erde: Geologische und biogeochemische Befunde. In: Zeitschrift für geologische Wissenschaften 37 (2009), S. 237–260.

<sup>29</sup> SMIC: Inadvertent Climate Modification. Report of the Study of Man's Impact on Climate. Cambridge/Mass. 1971.

<sup>30</sup> Die Entstehung der Erdatmosphäre und ihre Beeinflussung durch den Menschen. Vortrag auf der Hauptversammlung der MPG 1975 in Hamburg, veröffentlicht als Christian Junge: Die Entstehung der Erdatmosphäre und ihre Beeinflussung durch den Menschen. In: Jahrbuch der Max-Planck-Gesellschaft 1975, S. 309–317.

<sup>31</sup> Ebda.

<sup>32</sup> Michael Globig: Der Klimaprophet. In: Max-Planck-Forschung 1 (2005), S. 64 f.

<sup>33</sup> Peter Warneck: Chemistry of the Natural Atmosphere. London 1988.



Atlantik im Jahr 1969. Wenn CO nur anthropogene Quellen haben sollte, wie man bis dahin annahm, dann hätten die CO-Konzentrationen über dem Südatlantik wesentlich geringer sein sollen, als über dem Nordatlantik, wegen der langen Austauschzeit der Luft über den Äquator hinweg und der geringeren Fahrzeugdichte auf der Südhalbkugel. Die Messungen zeigten keine wesentlichen Unterschiede der Konzentration zwischen Nord- und Südatlantik.<sup>34</sup> Solche Studien erfordern interdisziplinäre Kooperation, die Junge damals viel besser am MPIC als an der Universität verwirklichen konnte. Die Arbeiten der Gruppe ‚Aerosol-Forschung‘ (Ruprecht Jaenicke) wurde auf organische Verbindungen, Wüsten-Aerosole, die gesamte Aerosolgrößenverteilung und die vom Menschen unberührte Aerosol-Atmosphäre (Tasmanien, Kap Verde, Libyen, Ozeanquerungen) erweitert. Die Idee war, die gesamte Größenverteilung im Aerosol zu erfassen und den natürlichen, unberührten Zustand der atmosphärischen Aerosole so lange es noch möglich ist, zu dokumentieren. Geräteentwicklungen spielten in dieser Arbeitsgruppe eine erhebliche Rolle. Als Direktor fasste Junge die Ergebnisse seiner Abteilung in verschiedenen Artikeln zusammen. Er spekulierte sogar über den Einfluss des Menschen auf die Entwicklung der Erdatmosphäre,<sup>35</sup> eine Idee, die später durch den Nobelpreisträger Paul Crutzen als ‚Anthropocene‘ benannt wurde und ungemeine Popularität erhielt. Als sich Junge 1979 von der aktiven Forschung zurückzog, war der Boden für seinen Nachfolger als Direktor der Abteilung, Paul Crutzen, bereitet. Viele von Junges Studenten und Mitarbeitern bekamen später führende wissenschaftliche Positionen in Deutschland. Heute arbeitet das MPI für Chemie hauptsächlich im Bereich der Atmosphärenchemie, ein Fach, das Christian Junge nicht nur durch eine Namensgebung wesentlich mitbestimmt hat.

## 6.5 Zur Person

Mit Christian Junge zu arbeiten, war ein anspruchsvolles Unterfangen, das uns immer vor neue geistige Herausforderungen stellte. Er war inspirierend in seiner Lehre, vermittelte immer einen Gesamtblick und nicht nur eine reine Ansammlung von Fakten. Er entwickelte ein kohärentes Bild der Atmosphäre, indem er verschiedene bereits ver-

<sup>34</sup> Wolfgang Seiler, Christian Junge: Carbon Monoxide in the Atmosphere. In: Journal of Geophysical Research 75 (1970), S. 2217–2226.

<sup>35</sup> Junge: Die Entstehung (wie Anm. 30).

*Abb. 6-5: Christian Junge,  
1979 in Überlingen.*



öffentliche Theorien einordnete. Auf diese Weise half er, dass der unerfahrene Student oder Nachwuchswissenschaftler keinen irreführenden Weg bei seinen Arbeiten einschlug. Dieses Verfahren steht im Gegensatz zu dem, was andere Lehrende und Lehrbücher tun, denn sie bieten eine breite Palette von Beobachtungen und wissenschaftlichen Diskussionen, lassen die Studierenden damit aber alleine. Das heißt auch, dass bei Junge Anfang und Ende zusammenpassen, das Bild rund und vollständig ist. Dieser Weg der Lehre ist nur möglich, wenn der Lehrende über fundiertes Wissen, Erfahrung und eine gute wissenschaftliche Vorstellungskraft verfügt.

Dies war auch die Art, in der Junge seine Forschung betrieb. Er hatte Visionen, Fragen und Modelle über Dinge, an die andere nicht einmal dachten, auch wenn sie sich direkt vor ihren Augen befanden. So untersuchte er die atmosphärischen Spurengase, welche andere Wissenschaftler zwar oft bemerkt, aber als unvermeidbare Störung oder Dreck angesehen hatten und nicht als Studienobjekt. Mit einer Benennung solcher Probleme ist es durchaus möglich, Aufmerksamkeit auf sie zu ziehen und so neue Erkenntnisse zu gewinnen. Einige Leute mögen solch einen Forschungsansatz vielleicht nicht lieben,

denn sie untersuchen ein Objekt bis zum letzten Punkt, scheitern aber, die wichtigen Dinge zu erkennen.

Junge war ein passionierter Experimentator, und aus Experimenten gewonnene Daten überzeugten ihn immer. Diese Daten waren die Grundlage, auf der dann Modelle entwickelt wurden. Bei der Behandlung wissenschaftlicher Probleme stellte sich ihm immer zuerst die Forschungsfrage und dann erst die Frage nach dem nötigen Instrument dafür. Und wenn es das Instrument oder das Verfahren nicht gab, dann entwickelte er es. Auch in diesem Ansatz unterschied er sich von anderen Wissenschaftlern, die auf Instrumente zurückgreifen können und dann nach Anwendungen suchen.

Junge diente der Wissenschaft in vielen Funktionen: Er war Präsident der Commission of Atmospheric Chemistry and Global Pollution of the International Association of Meteorology and Atmospheric Physics (IAMAP) 1967–1975, Präsident der IAMAP 1975, Präsident der Gesellschaft für Aerosolforschung (GAef) 1977–1978. Auf der anderen Seite ehrte die Wissenschaft ihn auch mit Auszeichnungen. Um nur einige zu nennen: Mitglied der Deutschen Akademie der Naturforscher Leopoldina 1965, Alfred-Wegener-Medaille vom Verband Deutscher Meteorologischer Gesellschaften 1968, Carl-Gustav Rossby Research Medal of the American Meteorological Society 1973, Korrespondierendes Mitglied der Mainzer Akademie der Wissenschaften und Literatur 1976, Dr. phil. nat. h.c. Universität Frankfurt 1978, Großes Verdienstkreuz des Verdienstordens der Bundesrepublik Deutschland 1981. 1999 rief die European Aerosol Association zu Ehren von Christian Junge den ‚Junge Memorial Award‘ ins Leben. Dieser Preis soll eine außergewöhnliche Forschungsleistung eines einzelnen Forschers anerkennen, der ein komplett neues Feld der Aerosolforschung und -technologie angestoßen hat, genauso wie es Junge für die Luftchemie tat.

Junge zog sich Ende 1978 von der aktiven Forschung fast abrupt zurück, um die Entscheidung für seinen Nachfolger zu beschleunigen. Er zog in die Nähe einer seiner Töchter am Bodensee. Dort folgte er seinen Hobbies: der Geschichte und der Anthropologie. 1991 schrieb er noch ein Manuskript zum Thema „Die Unersättlichkeit des Menschen. Gedanken zur Evolution seiner Intelligenz“.<sup>36</sup> Christian Junge starb am 18. Juni 1996 in Überlingen am Bodensee im Kreise seiner Familie.

<sup>36</sup> Junge war betrübt, dass der Entwurf von den fachkompetenten Kollegen der MPG nicht einmal gelesen wurde. Sehr enttäuscht widmete er die Arbeit „Meinen Freunden und Bekannten zur Unterhaltung und Anregung, Überlingen August 1991“.



## 7 Heinrich Wänke und die Erforschung des Mondes und der terrestrischen Planeten\*

Herbert P a l m e

### 7.1 Einleitung

Die Abteilung Kosmochemie des Max-Planck-Instituts (MPI) für Chemie hat über viele Jahre die kosmochemische Forschung in Deutschland bestimmt und auch wesentliche Beiträge zur methodischen und inhaltlichen Entwicklung der Geochemie geleistet. So hat sie die Fundamente für ein ganz neues Forschungsgebiet, die vergleichende Planetologie (comparative planetology) gelegt. Das ist vor allem das Verdienst von Heinrich Wänke. Ausgangspunkt seiner Forschungen waren hochpräzise chemische Analysen von Meteoriten, Mondsteinen, Marsproben und Gesteinen des Erdmantels. Basierend auf diesen Daten haben Heinrich Wänke und seine Mitarbeiter Modelle für die Zusammensetzung und die innere Entwicklung der terrestrischen Planeten und kleinerer Objekte des Asteroidengürtels erstellt. Meteorite spielen dabei eine wichtige Rolle, da sie als Bausteine der großen Planeten angesehen werden. Die Arbeiten von Wänke über den Zusammenhang von meteoritischer und planetarer Materie sind innovativ und richtungsweisend. Er hat in Deutschland als erster die Multielementanalyse mittels zerstörungsfreier und radiochemischer Neutronenaktivierung entwickelt. Sehr früh hat er die Bedeutung von Spurenelementen als Indikatoren planetarer Differentiationsprozesse erkannt und entsprechende Modellvorstellungen für den Gesamtchemismus planetarer Körper entwickelt. Den Umfang und die Ziele seiner wissenschaftlichen Tätigkeit hat Wänke 1966, drei Jahre vor Apollo 11, in der Einleitung zu einer Arbeit mit dem Titel „Meteoritenalter und verwandte Probleme der Kosmochemie“ so formuliert: „Meteorite sind bis heute das einzige extraterrestrische Material, das uns für Untersuchungen im Laboratorium zur Verfügung steht. Diese Einmaligkeit erklärt ihren hohen Wert und das zunehmende wis-

---

\* Dr. Horst Kant möchte ich für die Möglichkeit, die Geschichte der Kosmochemie zu präsentieren, danken, ebenso für seine Kommentare und Vorschläge. Für weitere Hinweise bedanke ich mich bei Friedrich Begemann, Gerlind Dreibus, Dieter und H. Müller, Heide Prager und Bernhard Spettel sowie für die kritische Durchsicht des Manuskripts bei Jutta Zipfel.



*Abb. 7-1: Heinrich Wänke mit einer  
Mondprobe, 1969.*



senschaftliche Interesse, das ihnen entgegen gebracht wird. Untersuchungen an Meteoriten und in den nächsten Jahrzehnten auch an von Menschenhand auf die Erde gebrachten extraterrestrischem Material werden uns dem heute noch fernen Ziel näher bringen, den Aufbau und die Entwicklung unseres Sonnensystems zu verstehen bzw. zu rekonstruieren.“<sup>1</sup> Hier soll zunächst der wissenschaftliche Werdegang Heinrich Wänkes dargestellt werden. Dann folgt ein kurzer Überblick über seine Forschungsaktivitäten. Einige seiner Projekte werden anschließend detaillierter beschrieben. Ich habe Projekte ausgewählt, die sich als besonders zukunftsorientiert, heute würde man sagen ‚nachhaltig‘, herausgestellt haben. Heinrich Wänke hat Probleme erkannt und zu lösen versucht, die heute noch oder wieder aktuell sind.

<sup>1</sup> Heinrich Wänke: Meteoritenalter und verwandte Probleme der Kosmochemie. In: Fortschritte der chemischen Forschung 7 (1966/67), S. 322–408.



*Abb. 7-2: Berta Karlik, die Doktormutter von Heinrich Wänke. Sie war die erste ordentliche Professorin der Universität Wien.*

## 7.2 Werdegang von Heinrich Wänke

Heinrich Wänke wurde am 5. September 1928 in Linz geboren. Er studierte an der Universität Wien Physik und beendete sein Studium mit einer Dissertation am Institut für Radiumforschung bei Berta Karlik (1904–1990). Berta Karlik war ab 1956 die erste ordentliche Professorin an der Universität Wien. Im Jahre 1973 wurde sie als erste Frau zum Wirklichen Mitglied der mathematisch-naturwissenschaftlichen Klasse der Österreichischen Akademie der Wissenschaften gewählt.

Wie Heinrich Wänke zu den Meteoriten kam, hat er in einem Interview mit Ursula Marvin beschrieben: Als er sein Studium am Institut für Radiumforschung in Wien 1952 beendet hatte, fragte ihn seine Doktormutter Berta Karlik, ob er Interesse hätte als Assistent zu Friedrich A. (Fritz) Paneth (1887–1958) nach Durham in England zu gehen. Sie erwähnte auch, dass Paneth sich mit Meteoriten beschäftigte. Wänke wusste nichts über Meteorite. Er beschloss mit seinem Freund, der ein großes Lexikon besaß, den Artikel

über Meteorite zu studieren. Sie stellten rasch fest, dass Meteorite selten sind und in einem Jahr nur wenige fallen. Das veranlasste seinen Freund zu dem Kommentar: ‚Heinrich, das ist das Richtige für Dich. Da gibt es nicht viel zu tun.‘<sup>2</sup> Wänke ging dann 1953 zu Paneth nach Durham, auch um seine englischen Sprachkenntnisse zu verbessern, wie er selbst erwähnte. Zudem waren die Aussichten, in dieser Zeit eine Stelle in Österreich zu finden, nicht gut.<sup>3</sup> Friedrich Paneth hatte von 1906 bis 1910 in Wien Chemie studiert und war dann kurze Zeit Assistent am Institut für Radiumforschung – an demselben Institut, an dem Heinrich Wänke 1952 seinen Dokortitel erwarb. Nach Aufenthalt an verschiedenen deutschen Universitäten und in den USA folgte 1929 die Berufung auf den Lehrstuhl für Chemie in Königsberg. Im Jahre 1933 musste Paneth vor den Nazis nach England fliehen. Er erhielt schließlich eine Professur an der Universität Durham. Dort gründete er das ‚Londonderry Laboratory for Radiochemistry‘, als dessen Direktor er von 1947 bis 1953 wirkte. Der Aufenthalt von Heinrich Wänke in Durham war allerdings nur eine kurze Episode. Im Sommer 1953 erhielt Paneth einen Ruf an das MPI für Chemie in Mainz und Ende des Jahres übersiedelte er dorthin. Er nahm seinen jungen Assistenten Heinrich Wänke mit, denn dieser sollte die Apparaturen zur Bestimmung von Edelgasen in Mainz aufbauen, und auf diese Weise kam Wänke nach einem Aufenthalt von etwas über elf Monaten in Durham an das MPI in Mainz. Friedrich Paneth trat die Nachfolge von Fritz Straßmann (1902–1980) an, der 1953 endgültig an die Universität Mainz wechselte, an der er seit 1946 eine ordentliche Professur innehatte. Während Straßmann offiziell der zweite Direktor des Instituts nach Josef Mattauch (1895–1976) war, wollte sich Paneth damit nicht abfinden. Seine Stelle war dann die eines Direktors am Institut (der Abteilung Radiochemie).

Der plötzliche Tod Paneths im Jahre 1958 stellte Heinrich Wänke und Friedrich Begemann (\* 1927), seit 1957 Assistent in der Abteilung, vor eine schwierige Situation. Wänke äußerte sich dazu in dem Interview mit Ursula Marvin: ‚Yes, he [Friedrich Paneth] died quite suddenly and unexpectedly. And this created a problem because, at that time, if your boss passed away, this was very, very bad for a young scientist anywhere in Europe. It was a problem for me and also for Friedrich Begemann who was in Mainz by that time. We two sat together and discussed what we should do.‘<sup>4</sup> Da Josef Mattauch, der damalige Direktor des Instituts, Wänke und Begemann seine Unterstützung zusicherte, zumindest bis ein Nachfolger für Paneth gefunden war, entschlossen sich die beiden, am Institut zu

<sup>2</sup> Ursula B. Marvin: Oral histories in meteoritics and planetary science: IX. Heinrich Wänke. In: Meteoritics & Planetary Science 37 Suppl. (2002), S. B79–B88, hier S. B80.

<sup>3</sup> Ebda., S. B79.

<sup>4</sup> Ebda., S. B85





*Abb. 7-3: Fritz Paneth, Mitte, mit erhobenem Zeigefinger, links von ihm Berta Karlik, rechts Otto Hahn. Zeitpunkt und Anlass der Aufnahme sind unklar.*



*Abb. 7-4: Aufnahme der Feier zum 70. Geburtstag von Friedrich Paneth, 1957. Zusammen mit seinem Assistenten Heinrich Wänke sitzt Friedrich Paneth an einem runden Tisch vor den Sitzreihen des Hörsaals im Hauptgebäude des MPI für Chemie. Ganz offensichtlich ist hier die bevorzugte Stellung von Paneths Assistent. Im Hintergrund, rechts neben Wänke, sind Hermann Wäßler (1910–2003) und davor Josef Mattauch (1895–1976) zu erkennen.*



bleiben und sich durch wissenschaftliches Arbeiten einen Namen zu machen: „Then we tried to make good names for ourselves in the time we had.“<sup>5</sup> Wänke beschreibt diese Zeit des Interregnums als entscheidend für seinen weiteren Lebensweg. In einem Bericht über seine damaligen Forschungsaktivitäten schreibt er 1983: „Wir haben hart gearbeitet in den darauf folgenden Jahren [nach 1958]. Ich glaube härter als je in meinem Leben.“ und kommt dann zu dem Schluss: „Mein wissenschaftlicher Lebensweg wurde entscheidend beeinflusst durch den Zwang zum Erfolg.“<sup>6</sup>

Heinrich Wänke und Friedrich Begemann habilitierten beide 1961 an der Universität Mainz, ersterer bei Fritz Straßmann und letzterer bei dem Physikochemiker Günter Viktor Schulz (1905–1999). Zu dieser Zeit hatte die Max-Planck-Gesellschaft (MPG) die noch immer unbesetzte Stelle Paneths Hans E. Suess (1909–1993) von der University of California, San Diego angeboten. Suess kam 1960 probeweise für einige Monate nach Mainz, entschloss sich dann aber doch, die Stelle nicht anzunehmen. Nach einem mehrmonatigen Forschungsaufenthalt in La Jolla bei Suess und einem Angebot auf eine Professorenstelle an der University of Chicago, das er aber ausschlug, wurde Wänke am 15. Mai 1963 zum Wissenschaftlichen Mitglied der MPG berufen. Nach weiteren Jahren erfolgreicher Forschungstätigkeit wurde er am 1. April 1967 zum Direktor der Abteilung Kosmochemie berufen. Wänke war zum Zeitpunkt seiner Berufung 39 Jahre alt und damit das bei weitem jüngste Mitglied des Kollegiums des Mainzer MPI. Seine Kollegen Hermann Wäffler (1910–2003), Leiter der Abteilung Kernphysik, und Heinrich Hintenberger (1910–1990), Leiter der Abteilung Massenspektroskopie, waren zum Zeitpunkt der Berufung Wänkes 57 Jahre alt. Zwei Jahre vorher – 1965 – ging Josef Mattauch mit 70 Jahren in den Ruhestand, und ein Jahr nach Heinrich Wänkes Berufung wurde Christian Junge (1912–1996) Direktor der neuen Abteilung Chemie der Atmosphäre und physikalische Chemie der Isotope. Junge war zu diesem Zeitpunkt 56 Jahre alt.

In den Jahren bis zu seiner Pensionierung 1996 hat sich Wänke an zahlreichen internationalen Projekten beteiligt und mit den besten Geo- und Kosmochemikern seiner Zeit kooperiert, u.a. mit den international angesehenen Geochemikern Ted Ringwood (1930–1993) und Claude Allègre (\* 1937) dem späteren französischen Minister für Bildung, Forschung und Technik (Abb. 7-5 und 7-6). Sein Nachfolger als Direktor der Abteilung Kosmochemie war Günter Lugmair (\* 1940) von der University of California, San Diego (Abb. 7-7). Wänke war nach seiner Pensionierung 1996 noch bis 2010 wissenschaftlich aktiv.

<sup>5</sup> Ebda., S. B85.

<sup>6</sup> Heinrich Wänke: Von der Kernphysik zur Geochemie. In: Christoph Schneider (Hrsg.): Forschung in der Bundesrepublik Deutschland. Beispiele, Kritik, Vorschläge. Weinheim 1983, S. 723–728.



*Abb. 7-5: Heinrich Wänke und Ted Ringwood von der Australian National University, Canberra.*



*Abb. 7-6: Heinrich Wänke und Claude Allègre, 1985 in Bordeaux.*



*Abb. 7-7: Heinrich Wänke und sein Nachfolger Günther Lugmair.*

### 7.3 Forschungsaktivitäten von Heinrich Wänke

Ich möchte die Forschungsaktivitäten von Heinrich Wänke in vier zeitlich definierte Abschnitte einteilen. Diese Einteilung sollte nicht zu eng gesehen werden. Es gibt natürlich Überlappungen und Überschneidungen. Frühe Gedanken werden zu einem späteren Zeitpunkt neu aufgenommen, experimentelle Ergebnisse werden erst nach mehreren Jahren bearbeitet und veröffentlicht etc. Doch hat sich Wänke meist sehr intensiv auf ein Thema konzentriert. So waren die ersten Jahre nach Apollo 11 fast vollständig mit Analysen von Mondproben und der Interpretation der Ergebnisse ausgefüllt, und die Zeit ab Anfang der neunziger Jahre war fast ausschließlich der Erforschung des Mars gewidmet.

1953–1969: Analysen von Produkten der Höhenstrahlung in Meteoriten, Untersuchung edelgasreicher Meteorite, Sonnenwindhypothese, Entwicklung der Neutronenaktivierungsanalyse und der Multielementanalyse, Untersuchung von Meteoriten als Vorbereitung für Analysen von Mondgestein.

1969–1980: Analysen von Mondproben aller Apollo-Landstellen. Erweiterung der Analytik auf über 60 Elemente, Elementkorrelationen, Mischungsdiagramme, kosmochemische Bedeutung des Elements Wolfram, Abschätzung der Zusammensetzung des Mondes.

1979–1990: Analyse von Proben des Erdmantels, des Asteroiden Vesta (HED-Meteorite: Howardite, Eukrite, Diogenite) und des Planeten Mars (SNC-Meteorite: Shergottite, Nakhilite, Chassignite). Abschätzung der chemischen Zusammensetzung von Erde, Vesta und Mars. Entstehung und frühe Entwicklung der terrestrischen Planeten, Akkretionsmodelle.

1990–2010: Initiative zur Entwicklung des APXS (Alpha Particle X-Ray Spectrometer), Untersuchungen des Marsbodens mit der Pathfinder- und den MER-Missionen (Mars Exploration Rover), Zusammensetzungen der terrestrischen Planeten.

Im Folgenden können nur einzelne Aspekte der hier summarisch angegebenen Forschungsgebiete erwähnt werden.

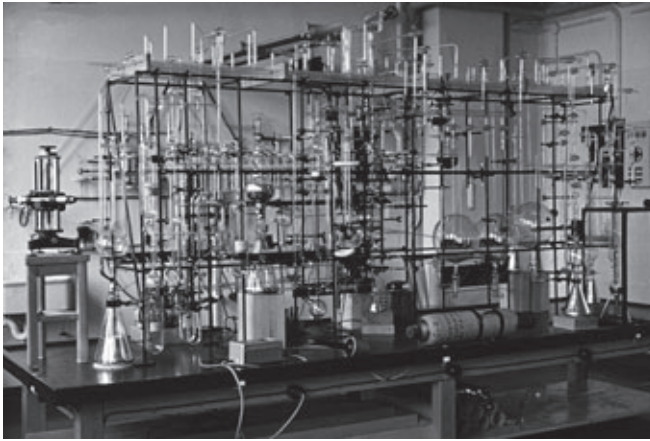
## 7.4 Von Durham zur Mondlandung

### 7.4.1 Produkte der Höhenstrahlung in Meteoriten

In der kurzen Zeit seines Aufenthalts in Durham machte sich Heinrich Wänke mit den Edelgasmessungen von Fritz Paneth und seiner Gruppe vertraut. Die Gehalte von  $^4\text{He}$  (Helium-4) erlauben, zusammen mit Uran- und Thorium-Konzentrationen das Alter von Meteoriten zu bestimmen, da die radioaktiven Nuklide  $^{235}\text{U}$ ,  $^{238}\text{U}$  und  $^{232}\text{Th}$  bei einem Zerfall jeweils mehrere  $^4\text{He}$ -Teilchen freisetzen. Fritz Paneth wollte diese Methode anwenden, um das Alter von Eisenmeteoriten zu bestimmen. Das Vorhaben konnte nicht gelingen. Eisenmeteorite enthalten zwar Helium, doch dieses wird durch Einwirkung der Höhenstrahlung produziert, wie aus dem hohen Anteil an  $^3\text{He}$  (Helium-3) geschlossen werden kann. Eisenmeteorite enthalten Uran und Thorium in nicht messbaren Mengen. Weder der hohe Gehalt von  $^3\text{He}$  in Helium aus Eisenmeteoriten, noch die niedrigen Konzentrationen von Uran und Thorium waren zu Paneths Zeiten bekannt. In seinem Interview mit Ursula Marvin berichtete Heinrich Wänke über einen Besuch 1956 bei Harold Urey (1893–1981) an der University of Chicago anlässlich einer Reise in die USA. Urey sagte ihm, sich auf Paneths Versuche zur Altersbestimmung von Eisenmeteoriten beziehend: „Then you have to understand my young friend, that this is hopeless, impossible. Uranium is a strictly lithophile element [ein die Silikatphase bevorzugendes Element, H.P.]. It never would go into the metal phase in such concentrations.“<sup>7</sup> Nach Mainz zurückgekehrt, beschloss Wänke, die Gehalte von Uran in Meteoriten zu bestimmen. Dazu entwickelte er eine Methode zur Uranbestimmung mittels Neutronenaktivierungsanalyse.<sup>8</sup> Die Proben wurden nach England zu einem Reaktor in Harwell geschickt, dort bestrahlt und dann mit dem Flugzeug nach Frankfurt gebracht, um schließlich in Mainz analysiert zu werden. Zunächst wurde radioaktives Barium als Spaltprodukt von  $^{235}\text{U}$  (Uran-235) gemessen, später ging Wänke dazu über, Uran über die Menge an im Reaktor produziertem Spaltxenon zu bestimmen. Das konnte mit der Edelgasextraktionsapparatur durchgeführt werden. Er fand Uran nur in Steinmeteoriten, aber nicht in Eisenmeteoriten, wie Urey das vorausgesagt hatte.

<sup>7</sup> Marvin: Oral histories (wie Anm. 2), S. B82.

<sup>8</sup> Hans König, Heinrich Wänke: Uranbestimmungen an Steinmeteoriten mittels Neutronenaktivierung über die Xenon-Isotope 133 und 135. In: Zeitschrift für Naturforschung 14a (1959) S. 866–869.



*Abb. 7-8: Die Edelgas-extraktionsapparatur der Kosmochemie am MPI für Chemie.*

Die in Abb. 7-8 dargestellte Edelgasextraktionsapparatur wurde ursprünglich nach Plänen einer Apparatur in Durham gebaut und in Mainz von Paneths Mitarbeitern weiterentwickelt. In diesen Apparaturen wurden die Proben zunächst erhitzt, um die Edelgase freizusetzen, die dann durch selektive Adsorption an feinkörnigen Kohlenstoffteilchen voneinander getrennt werden konnten. Schließlich konnte jede Fraktion noch isotopisch untersucht werden. Die Isotopenanalysen wurden zu dieser Zeit von Heinrich Hintenberger aus der Abteilung Mattauch am MPI für Chemie durchgeführt.

Die Bedeutung der Höhenstrahlung für die Erzeugung von Edelgasen in Meteoriten war Ende der fünfziger Jahre ein neues und aktuelles Thema, mit dem sich auch Heinrich Wänke in seinen ersten Jahren in Mainz beschäftigt hat. Er erkannte, dass Spallationsprozesse an Eisenatomen, das heißt die Zertrümmerung eines Eisenatoms durch Reaktion mit einem sehr energiereichen Proton der Höhenstrahlung, nicht nur Edelgase, sondern auch andere Elemente mit geringerer Ordnungszahl als Eisen produzieren. Edelgase sind nur einfacher zu messen, da sie durch Erhitzung ganz leicht von ihrem Muttergestein bzw. von Eisenmetall getrennt werden können. Bei anderen Elementen müssen chemische Trennungen vorgenommen werden. Wänke gelang es unter anderem, das seltene Element Scandium (Sc) als Produkt der Höhenstrahlung in Eisenmeteoriten zu identifizieren.<sup>9</sup> Die Frage, warum er gerade das Element Scandium in Eisenmeteoriten gesucht habe, beantwortete er mit dem Hinweis, dass der Gmelin-Band über Scandium der

<sup>9</sup> Heinrich Wänke: Scandium-45 als Reaktionsprodukt der Höhenstrahlung in Eisenmeteoriten II. In: Zeitschrift für Naturforschung 15a (1960), S. 953–964.



dünnste von allen war und er deshalb annahm, dass selbst ein Physiker in der Lage sein sollte, die Chemie von Scandium zu verstehen. Die Einwirkung von Höhenstrahlung auf Meteorite ist heute wieder ein sehr aktuelles Gebiet. Es geht um kleinste durch die Höhenstrahlung produzierte Variationen in der Isotopenzusammensetzung verschiedenster Elemente. Die Effekte der Höhenstrahlung müssen berücksichtigt werden, wenn man die Isotopie eines Elements in Meteoriten und planetaren Körpern vergleicht. Ein Beispiel wird in einem späteren Kapitel erwähnt. Die Grundlagen für das Verständnis der Wirkungsweise der Höhenstrahlung in extraterrestrischer Materie wurden von Wänke und anderen in den fünfziger und sechziger Jahren des letzten Jahrhunderts gelegt.

Im Jahre 1959 haben Heinrich Wänke und Hans König einen Vorschlag zur Datierung von Gesteinsproben mittels der Ar-Ar-Methode (Argon-Argon-Methode) gemacht.<sup>10</sup>  $^{40}\text{Ar}$  (Argon-40), das Zerfallsprodukt von  $^{40}\text{K}$  (Kalium-40), einem natürlichen, radioaktiven K-Isotop, wird im Reaktor durch Neutroneneinfang zu dem radioaktiven  $^{41}\text{Ar}$ , während das Hauptisotop von Kalium,  $^{39}\text{K}$ , durch Reaktorbestrahlung teilweise in das radioaktive  $^{39}\text{Ar}$  umgewandelt wird. Durch Bestimmung des  $^{41}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$  Verhältnisses kann das Alter einer Probe bestimmt werden. Diese Arbeit von Wänke und König ist der erste Vorschlag für eine heute weit verbreitete Altersbestimmungsmethode, mit dem Unterschied, dass die Menge an radiogenem  $^{40}\text{Ar}$  (durch radioaktiven Zerfall produziertes  $^{40}\text{Ar}$ ) heute nicht durch Aktivierungsanalyse, sondern mit einem Massenspektrometer bestimmt wird.

#### 7.4.2 Uredelgase

Um 1958 begannen Heinrich Wänke und seine Mitarbeiter mit systematischen Untersuchungen von Edelgasen in Meteoriten. Sie stießen dabei, wie auch andere Meteoritenforscher, auf einige extrem edelgasreiche Meteorite. Weder Höhenstrahlung noch radioaktiver Zerfall konnten so große Mengen an Edelgasen erzeugen. Man bezeichnete die neue Edelgaskomponente als Uredelgase. Es wurden mehrere Hypothesen für den Ursprung der hohen Edelgasgehalte aufgestellt und heftig diskutiert. Wänke glaubte, dass die Mineralkörner der gasreichen Meteorite an der Oberfläche eines planetaren Körpers dem Sonnenwind ausgesetzt waren, dessen Korpuskularstrahlung auch Edelgase enthält, die dann in die obersten Schichten der Mineralkörner implantiert werden. Durch fortwährende Umwälzung der Mineralkörner können so in Millionen von Jahren beträchtliche

<sup>10</sup> Heinrich Wänke, Hans König: Eine neue Methode zur Kalium-Argon-Altersbestimmung und ihre Anwendung auf Steinmeteorite. In: Zeitschrift für Naturforschung 14a (1959), S. 860–866.



Mengen an Edelgasen akkumuliert werden. Das führt dann zu den beobachteten hohen Gehalten von Edelgasen in oberflächennahen Gesteinen (Brekzien), die durch Meteoriteneinschläge zusammengebacken wurden. Heinrich Wänke vertrat zusammen mit Peter Signer (\* 1929) von der ETH Zürich und anderen Wissenschaftlern diese Hypothese, die allerdings bis zur Untersuchung von Mondstaub umstritten war.<sup>11</sup> Da dieser Effekt bevorzugt in einem gewissen Typ von Meteoriten, den H-Chondriten – oder veraltet den Bronzit-Chondriten (nach dem Mineral Bronzit, einer Pyroxenart) – auftrat, glaubte Heinrich Wänke, dass H-Chondrite ursprünglich Mondgesteine waren, die dann durch größere Meteoriteneinschläge am Mond auf die Erde geschleudert wurden. Wänke hielt das Fehlen einer Atmosphäre auf dem Mond für die entscheidende Voraussetzung für das ungehinderte Auftreffen des Sonnenwindes auf die Mondoberfläche und er sah daher den Mondstaub als ideale Quelle edelgasreicher Meteorite. Folglich publizierte er eine Arbeit mit dem Titel „Der Mond als Mutterkörper der Bronzit-Chondrite“.<sup>12</sup> Wänke war in diesem Punkt einer Meinung mit Harold Urey, der davon ausging, dass der Mond ein primitiver, chondritischer Planet sei, eine Akkumulation von interstellarer Materie, der Urmaterie des Sonnensystems. Urey wird in diesem Zusammenhang gewöhnlich mit dem Satz zitiert: „Gebt mir ein Stück Mond und ich sage euch, wie das Sonnensystem entstanden ist.“<sup>13</sup>

Aber schon nach den ersten Daten von den unbemannten Surveyor Sonden stellte sich heraus, dass die Mondoberfläche nicht primitives Sonnensystemmaterial repräsentiert. Die hohen Titan-Gehalte der analysierten Mondproben erfordern globale Schmelz- und Kristallisationsvorgänge im Inneren des Mondes. Der „Sonnenwind als Quelle der Uredelgase“<sup>14</sup> hat sich jedoch bestätigt. Bestanden vor der Untersuchung der ersten Mondproben noch große Meinungsverschiedenheiten bezüglich des Ursprungs der Uredelgase, so war die Sache nach den ersten Messungen geklärt. Der Mondstaub (Regolith) ist voll von Edelgasen, die durch den Sonnenwind transportiert und in die obersten Schichten der Mineralkörner implantiert wurden. Der Mond ist zwar nicht der Mutterkörper der H-Chondrite, aber die Sonnenwindhypothese für den Ursprung der Uredelgase hat sich bestätigt und wird heute als selbstverständlich akzeptiert.

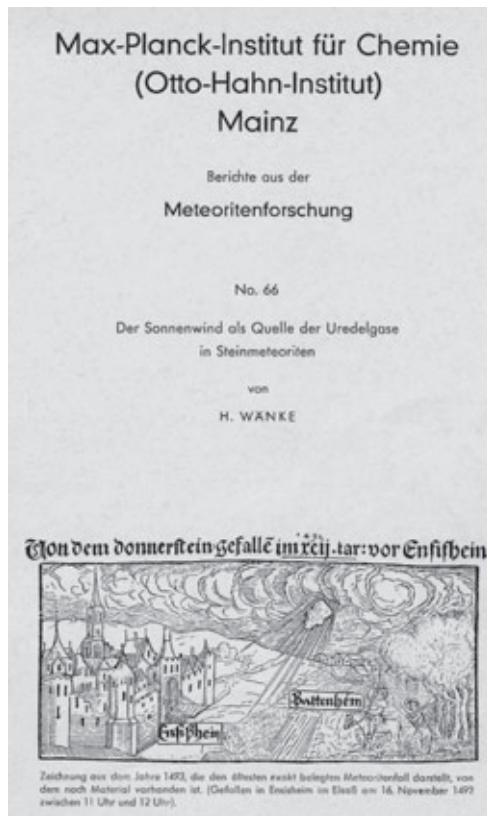
<sup>11</sup> Heinrich Wänke: Der Sonnenwind als Quelle der Uredelgase in Steinmeteoriten. In: Zeitschrift für Naturforschung 20a (1965), S. 946–949.

<sup>12</sup> Heinrich Wänke: Der Mond als Mutterkörper der Bronzit-Chondrite. In: Zeitschrift für Naturforschung 21a (1966), S. 93–110.

<sup>13</sup> Vgl. Günter Siefahrt: Geschichte der Raumfahrt. München 2001, S. 51.

<sup>14</sup> Wänke: Sonnenwind (wie Anm. 11)

Abb. 7-9: Sonderdruck einer Arbeit Wänkes über die Ursache edelgasreicher Meteorite.



### 7.4.3 Multielementanalyse

Mitte der sechziger Jahre begann Heinrich Wänke eine Methode zur chemischen Analyse von Meteoriten zu entwickeln, die dann auf die Untersuchung von Mondproben angewandt werden konnte. Wänke hoffte, dass er von der NASA Mondmaterial bekommen würde, wenn er nachweisen konnte, dass er über besonders gute Analysenmethoden verfügte. Edelgasanalysen kamen für ihn nicht in Frage. Diese wurden schon von Josef Zähringer (1929–1970) am MPI für Kernphysik in Heidelberg, Heinrich Hintenberger in Mainz, Peter Signer in Zürich und anderen durchgeführt. Heinrich Wänke beschloss, sich auf die chemische Zusammensetzung von Mondproben zu konzentrieren, eine

bemerkenswerte Entscheidung für einen Physiker. Er hatte durch seine Analysen von Uran, Thorium und Scandium schon einige Erfahrung mit der damals relativ neuen Methode der Neutronenaktivierungsanalyse. Mit seinen Mitarbeitern wollte er die Methode weiter zu einer Multielementaktivierungsanalyse ausbauen. Zum einen waren das Rudolf Rieder (\* 1940), der ebenfalls am Institut für Radiumforschung studiert hatte und in den späten sechziger Jahren nach Mainz kam, und zum anderen zwei technische Mitarbeiter mit langjähriger Erfahrung: Hildegard Baddehausen (1919-?) (Abb. 7-10), eine Chemielaborantin, die schon bei Otto Hahn in Berlin gearbeitet hatte und Bernhard Spettel (\* 1935) (Abb. 7-11), der als Physiklaborant 1957 noch von Friedrich Paneth angestellt worden war. Wänke setzte die Multielementanalyse mittels Neutronenaktivierung gegen etablierte Chemiker wie Friedrich Hernegger vom Radiuminstitut in Wien durch. Hernegger, der zeitweise zu Besuch in Mainz war, vertrat die Meinung, dass mit einer Bestrahlung nur jeweils die Konzentration eines Elements bestimmt werden könne. Der chemische Trennungsgang müsse ein Element zu 100 % isolieren. Wänke war der Meinung, dass das nicht nötig sei, sofern man eine gut definierte Trägersubstanz des zu bestimmenden Elements nach der Neutronenbestrahlung hinzusetzt und dann durch eine zweite Bestrahlung die chemische Ausbeute der Isolierung eines Elements bestimmt. Auch wenn die Ausbeute nur wenige Prozent der gesamten Menge eines Elements in der Probe beträgt, ist das völlig ausreichend, es muss dieser Prozentsatz nur hinreichend genau bestimmt werden.

Mit dem Aufkommen von hochauflösenden Ge(Li)-Detektoren etwa zur selben Zeit wurde die instrumentelle Neutronenaktivierungsanalyse, die keine chemische Auflösung der bestrahlten Probe erforderte, immer wichtiger. Eine Reihe von Elementen konnte allerdings mit dieser Methode nicht bestimmt werden, und deshalb spielte die radioche-



*Abb. 7-10: Heinrich Wänke und Hildegard Baddehausen, eine chemisch-technische Mitarbeiterin, die schon mit Otto Hahn in Berlin gearbeitet hatte. Sie entwickelte mit Heinrich Wänke die chemischen Trennungsgänge für die radiochemische Aufarbeitung von Mondproben.*

*Abb. 7-11: Heinrich Wänke und sein langjähriger technischer Mitarbeiter Bernhard Spettel, der 1957 ans Institut kam und später für die Neutronenaktivierungsanalysen von hunderten von Proben verantwortlich war.*



mische Trennung auch weiterhin eine wichtige Rolle. Die Bestrahlung mit thermischen Neutronen wurde im TRIGA-Reaktor des Instituts für Kernchemie der Universität Mainz durchgeführt. Der Reaktor hatte auf Betreiben von Fritz Straßmann 1965 seinen Betrieb aufgenommen. Als Forschungsreaktor konzipiert (100 kW), ist der Fluss thermischer Neutronen relativ niedrig, doch für die Neutronenaktivierungsanalyse ist das völlig ausreichend. Zudem steht der Reaktor gerade einmal hundert Meter vom MPI entfernt. Der Transport der bestrahlten Proben vom Reaktor zu den Detektoren im Institut konnte innerhalb von Minuten durchgeführt werden.

Da die Konzentrationen von wichtigen Elementen wie Sauerstoff, Silizium, Magnesium und Aluminium durch Bestrahlung im Reaktor nicht oder nur schwer bestimmt werden können, hatte Wänke einen kleinen Deuteronenbeschleuniger (völlig unabhängig von der Kernphysik) im Keller des Instituts aufgestellt. Durch Reaktion von auf 200 KeV beschleunigten Deuteronen mit einem an Tritium angereicherten Target wurden energie-reiche Neutronen erzeugt (14 MeV), die zur Aktivierungsanalyse von Hauptelementen, einschließlich des Sauerstoff, eingesetzt wurden – eine wertvolle Ergänzung zur Analytik von Meteoriten und später von Mondproben. Da bei dieser Methode radioaktives Tritium verwendet wurde, konnte der Beschleuniger schließlich aus Strahlenschutzgründen nicht mehr verwendet werden. Der Hauptelementchemismus wurde dann mittels Röntgenfluoreszenzanalyse bestimmt. Später kam noch die von Gerlind Dreibus in der Abteilung Kosmochemie entwickelte Pyrohydrolyse hinzu, die vor allem die quantitative Bestimmung der Halogene (Chlor, Brom, Jod) ermöglichte. Für einige Elemente gab es

auch spezielle Messverfahren (zum Beispiel Fluor und Lithium). Auf Grund dieser Entwicklungen sowie der früheren auf Neutronenaktivierung beruhenden Arbeiten über Scandium, Uran und Thorium kann man Heinrich Wänke als Pionier der Neutronenaktivierungsanalyse in Deutschland bezeichnen.

Die Entwicklung der Multielementanalyse durch Wänke und seine Mitarbeiter sowie die Anwendung der Methode auf die Analyse von Meteoriten war ausschlaggebend für die Zuteilung von Mondproben durch die NASA. Insgesamt wurden von Mainz aus zwölf Vorschläge für Untersuchungen an Apollo-11-Proben eingereicht. Von diesen wurden sieben akzeptiert. Am Mainzer Institut war neben Heinrich Wänke auch Heinrich Hintenberger ‚Principal Investigator (PI)‘ für Mondproben.<sup>15</sup>

Am 20. Juli 1969 um 21 Uhr 17 Minuten und 10 Sekunden mitteleuropäischer Zeit setzte die Mondfähre „Eagle“ auf dem Mond auf. Etwa 10 Stunden später verließen zuerst Neil Armstrong (1930–2012) und 20 Minuten später Edwin Aldrin (\* 1930) die Mondfähre, um als erste Menschen einen fremden Planeten zu betreten. Sie blieben etwa zwei Stunden und sammelten 21,7 kg Mondsteine und Mondstaub. Zwei Monate nach der ersten Mondlandung reiste Hans Voshage (1929–1989), ein wissenschaftlicher Mitarbeiter der Abteilung von Heinrich Hintenberger, innerhalb von 24 Stunden nach Houston und zurück, um die ersten für Mainz bestimmten Mondproben abzuholen (Abb. 7-12). Die Mainzer MPI-Wissenschaftler begannen sofort mit der Analyse der Mondproben (Abb. 7-13).

Im Januar 1970 fand die erste Lunar Science Conference in Houston statt. Zu diesem Zeitpunkt mussten Ergebnisse vorliegen. Da kaum eine Gruppe die Analyseergebnisse anderer Gruppen kannte, gab es nach Augenzeugenberichten bereits während der Anreise unter den Wissenschaftlern beim Austausch ihrer Ergebnisse heftige Diskussionen und einige Überraschungen. Am 30. Januar 1970 erschien dann in der Zeitschrift ‚Science‘ die ersten Daten über Analysen von Mondproben. Das ‚Science‘-Heft hatte 758 Seiten mit 145 Beiträgen. Das Mainzer MPI war mit zwei Beiträgen vertreten. In einer Arbeit mit Heinrich Wänke als erstem Autor werden die Ergebnisse der Multielementanalyse

<sup>15</sup> Moon Rocks, List of investigators, July 1969 (<http://www.bauforum.com/showthread.php/15935-Moon-Rocks-List-of-Investigators-July-1969>). „Wänke, H. Co-Investigators: Begemann, F., Rieder, R., Vilcsek, E., Voshage, H., Wlotzka, F., Max Planck Inst. für Chemie, Mainz, Germany. Investigation: (a) Determine K, Th, U Content (b) Measure Cosmic Ray induced Radioactive Nuclides C14 and Cl36 (c) Major Elemental Abundances by Fast Neutron Activation (d) Minor Elemental Abundances by Thermal Neutron Activation.“ – „Hintenberger, H. Co-Investigators: Begemann, F., Schultz, L., Vilcsek, E., Voshage, H., Wänke, H., Wlotzka, A., Max Planck Inst. für Chemie, Mainz, Germany. Investigation: (a) Abundance and isotopic Composition of Hydrogen (b) Measure Concentration and Isotopic Composition of Rare Gases (c) Isotopic Composition of Nitrogen“.



Abb. 7-12: Die Mainzer Allgemeine Zeitung berichtete am 19. September 1969: Heinrich Voshage aus der Abteilung Hintenberger flog nach Houston, um die ersten für Mainz bestimmten Mondproben abzuholen.

Abb. 7-13: Heinrich Wänke und Friedrich Begemann untersuchen einen Mondbasalt von Apollo 11, 1969.







*Abb. 7-14: Ein Teil der Mondproben wurde an einem Wochenende der Mainzer Bevölkerung zugänglich gemacht. Es bildeten sich lange Schlangen von Besuchern vor dem Hauptgebäude und im Treppenhaus. Hunderte von Mainzern wollten einen Blick auf das Mondgestein werfen.*

von Mondstaub und Mondsteinen berichtet, ergänzt um Daten über durch die Höhenstrahlung produzierte radioaktive Atomkerne der Gruppe Begemann.<sup>16</sup> In einer zweiten Veröffentlichung der Gruppe Hintenberger werden Ergebnisse der Messungen von Edelgasen, Stickstoff und Wasserstoff mitgeteilt.<sup>17</sup> Der erste Schritt aller an der Untersuchung von Mondproben beteiligten Institute war, gute Analysenergebnisse zu produzieren. Wer keine oder falsche Ergebnisse berichtete, bekam keine Mondproben mehr. Auf diese Weise hat sich die Qualität geochemischer, isotopengeochemischer und mineralogischer Analysen von Mondproben wesentlich verbessert. Die Ergebnisse wurden genauer und die notwendigen Probenmengen kleiner. Auch wurden die Analysenmethoden ständig verbessert. Die Zahl unterschiedlicher Proben, die von der NASA verteilt wurden, war limitiert, und Untersuchungen an einzelnen Proben wurden immer von mehreren Laboren durchgeführt. Bis 1975 wurden 19 % der 21,7 kg des von Apollo 11 mitgebrachten Mondgesteins an Forschungseinrichtungen verteilt. Zeigten sich große Unterschiede in den Ergebnissen, wurden weitere Labors involviert, und es stellte sich rasch heraus,

<sup>16</sup> H. Wänke, F. Begemann, E. Vilcsek, F. Teschke, W. Born, M. Quijano-Rico, H. Voshage, F. Wlotzka: Major and Trace Elements and Cosmic-Ray Produced Radioisotopes in Lunar Samples. In: Science 167 (1970), S. 523–525.

<sup>17</sup> H. Hintenberger, H.W. Weber, H. Voshage, H. Wänke, F. Begemann, E. Vilcsek, F. Wlotzka: Rare Gases, Hydrogen and Nitrogen: Concentrations and Isotopic Composition in Lunar Material. In: Science 167 (1970), S. 543–545.



wessen Ergebnisse falsch waren. Ein weiterer positiver Effekt dieses einmaligen Wettbewerbs verschiedener Labore um die besten analytischen Ergebnisse war der ständige Versuch, die eigene Methode zu verbessern. Die Gruppe Wänke hat Proben von allen Landstellen erhalten. In Mainz wurden auch Proben der unbemannten russischen Mondmissionen von Luna 16 (1970) und Luna 24 (1976) untersucht.

Die oben erwähnte erste Lunar Science Conference fand im Januar 1970 statt. Es folgten jährliche Konferenzen, in denen die Ergebnisse der Untersuchungen an Mondproben vorgestellt wurden. Hießen die ersten Konferenzen noch „Lunar Science Conference“ so wurden sie ab der neunten Konferenz 1978 in „Lunar and Planetary Science Conference“ umbenannt, um der ständig zunehmenden Zahl an Beiträgen über andere Planeten, Meteoriten und allgemeine Fragen der Kosmochemie Rechnung zu tragen. Diese jährlich stattfindende Tagung ist das wichtigste Forum für Planetenforscher. Im Jahre 2012 wurde die 43. Lunar and Planetary Science Conference mit etwa 1.800 Teilnehmern in Houston abgehalten.

Gene Simmons, ‚chief scientist‘ am Manned Spacecraft Center (MSC), der frühere Name des heutigen Johnson Space Center (JSC), hatte am Ende der ersten Lunar Science Conference verkündet: „There is a large amount of undigested data and very little interpretation.“<sup>18</sup> Heinrich Wänke und seine Mitarbeiter beließen es nicht bei der reinen Analytik. Im Folgenden werden einige Beispiele der Interpretation analytischer Daten von Mondproben beschrieben, wie sie am Mainzer MPI durchgeführt wurden.

## 7.5 Die chemische Zusammensetzung des Mondes

Die Analysen von Proben der ersten Apollo-Missionen zeigen einen deutlichen Unterschied in der chemischen Zusammensetzung von Basaltproben mit hohen Eisen- und Magnesiumgehalten und Hochlandproben mit hohen Gehalten an Aluminium und Kalzium und wenig Magnesium und Eisen. Der Unterschied ist schon von der Erde aus zu erkennen. Die dunklen Mondmeere sind spätere Auffüllungen ursprünglicher riesiger Einschlagskrater mit basaltischen Magmen (Mare Basalte). Die hellen Hochlandterrains, die ein Teil der Vorderseite und fast die gesamte Rückseite des Mondes bedecken, sind

<sup>18</sup> John N. Wilford: Apollo Conference Ends With a Wealth of Data but an Unclear Picture of Lunar Origin. In: New York Times vom 9. 1. 1970, S. 17, zitiert nach <http://www.hq.nasa.gov/pao/History/SP-4214/ch11-4.html> (retrieved: 2. 9. 2012).

feldspatreiche Gesteine (Anorthosite), vermutlich schwimmende Kristallisationsprodukte eines riesigen, flüssigen, magmatischen Mondozeans. Die Ergebnisse der zahlreichen Spurenelement-Analysen zeigen, dass es eine weitere sehr spurenelementreiche Komponente gegeben haben muss. Diese Komponente wird als KREEP-Komponente bezeichnet, da sie hohe Gehalte an Kalium, Rare Earth Elements (Seltene Erdelemente) und Phosphor besitzt. Viele Spurenelementanalysen von Mondbodenproben zeigen diese charakteristische Dreiteilung (Basalte, Hochland, KREEP). Einige Verhältnisse von Spurenelementen sind in den drei Gesteinseinheiten sehr ähnlich. So ist beispielsweise das Verhältnis Kalium/Lanthan (Lanthan ist ein Element der Gruppe der Seltenen Erden) in fast allen Mondproben konstant (Abb. 7-15)<sup>19</sup>. Wänke und seine Mitarbeiter vermuteten, dass derartige Verhältnisse für den gesamten Mond repräsentativ sind, also globale Bedeutung haben. In Analogie zu Befunden in Meteoriten hat Wänke dann ein Zweikomponentenmodell für den Mond erstellt, wobei das Element Kalium repräsentativ für eine primitive, meteoritische Komponente ist, während Lanthan stellvertretend für eine kurz zuvor in Meteoriten identifizierte Hochtemperaturkomponente steht. Das Zweikomponentenmodell von Wänke mit einer Niedertemperatur- und einer Hochtemperaturkomponente war der erste Versuch, die Zusammensetzung des Mondes aus den analytisch gewonnenen Daten der Mondgesteine zu ermitteln.<sup>20</sup> Ein Jahr später veröffentlichten Ganapathy and Anders (1974) von der University of Chicago ein Sechskomponentenmodell,<sup>21</sup> das Voraussagen über fast alle Elemente in Mond und Erde machte, aber sonst auf denselben Prinzipien beruhte wie das Modell von Wänke et al.<sup>22</sup> Diese frühen Modelle wurden ständig revidiert. Heutige Abschätzungen über die Mondzusammensetzung unterscheiden sich doch recht stark von den ersten Versuchen. Wichtig ist jedoch der Ansatz, das heißt der Versuch, aus den bestehenden Daten eine repräsentative, planetare Zusammensetzung zu ermitteln. Wie in Abb. 7-15 zu sehen ist, unterscheiden sich die K/La Verhältnisse verschiedener Planeten voneinander. Man muss also davon ausgehen, dass sich beispielsweise Erde und Mars in ihrer chemischen Zusammensetzung unterscheiden.

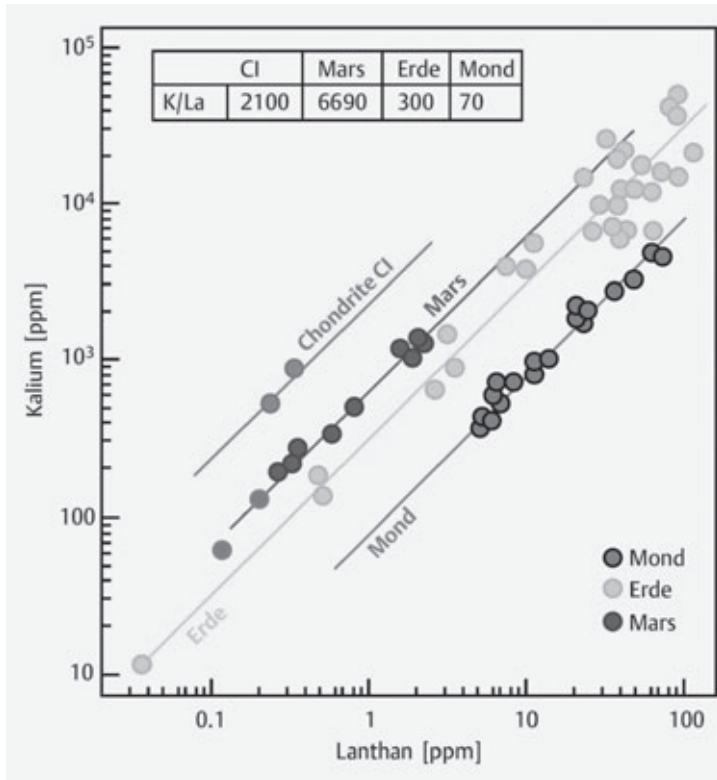
<sup>19</sup> Gerlind Dreibus-Kapp, Ludolf Schulz: Chemismus und Bildung der Erdmondes. In: *Sterne und Welt- raum* 9 (1999), S. 742–752, hier S. 747, Abb. 12.

<sup>20</sup> H. Wänke, H. Baddenhausen, G. Dreibus, M. Quijano-Rico, H. Palme, B. Spettel, F. Teschke: Multielement Analyses of Apollo 16 Samples and about the Composition of the Whole Moon. In: Joseph W. Chamberlain, C. Watkins (Hrsgg.): *Lunar Science IV* (1973), S. 761–763.

<sup>21</sup> R. Ganapathy, E. Anders: Bulk Compositions of the Moon and Earth, Estimated from Meteorites. In: Chamberlain, Watkins (Hrsgg.): *Lunar Science V* (1975), S. 254–256.

<sup>22</sup> Wänke et al.: Multielement (wie Anm. 20).

Abb. 7-15: Die Korrelation von Kalium und Lanthan im Mond und anderen Planeten. Solche Korrelationen scheinen jeweils für einen Planeten charakteristisch zu sein. Wänke benutzte sie, um die Gesamtzusammensetzung der Planeten zu ermitteln.



## 7.6 Mischungsdiagramme und die Entstehung des Mondes

In der Folge hat sich Heinrich Wänke vor allem mit der Interpretation der Daten von Mondhochlandbrekzien beschäftigt. Diese Gesteine bedecken einen großen Teil der Vorderseite des Mondes und fast die gesamte von der Erde aus nicht zu sehende Rückseite. Es sind meist mechanische Mischungen von Bruchstücken unterschiedlicher Gesteinsarten, die durch Meteoriteneinschläge am Mond zu einem neuen Gestein zusammengebacken wurden.

Viele Mondhochlandproben von Apollo 16 und 17 sind durch zwei Komponenten charakterisiert, wie in Abb. 7-16 angedeutet ist: Eine Ca-Al-reiche Komponente, die im

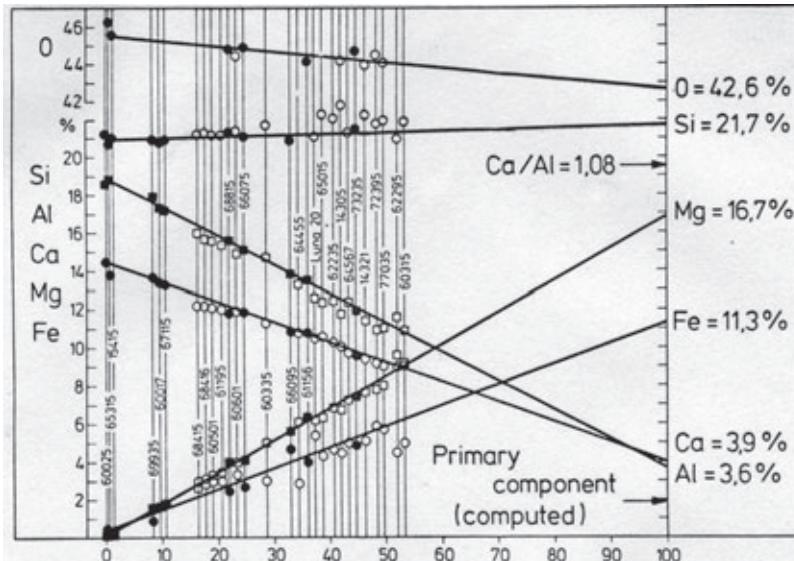


Abb. 7-16: Mischungsdiagramm von Mondhochlandproben. Die Zahlen an den vertikalen Linien sind Bezeichnungen von in Mainz analysierten Mondproben. Das linke Endglied wird durch das Mineral Anorthit (Aluminium-Silikat) dargestellt. Das rechte mafische Endglied (reich an Eisen, Magnesium) ist nicht so gut definiert. Es soll die Zusammensetzung des Erdmantels repräsentieren. Mit solchen Diagrammen hat Wänke versucht, die Ähnlichkeit der Mondzusammensetzung mit der des Erdmantels nachzuweisen.

Wesentlichen die Zusammensetzung des Minerals Anorthit besitzt, des häufigsten Minerals der Mondhochländer; daneben kann eine zweite mafische Komponente (reich an Eisen und Magnesium) identifiziert werden (rechte Seite von Abb. 7-16). Der genaue Endpunkt dieser Komponente ist unklar. Wänke und seine Mitarbeiter glaubten, dass es sich hier im Wesentlichen um die Zusammensetzung des Erdmantels handelt.<sup>23</sup> Wänke stellte sich vor, dass nach Bildung der Anorthit-reichen Hochlandkruste der Mond immer noch durch Zufuhr von Erdmantelmaterial wächst. Durch diese und andere Hinweise

<sup>23</sup> H. Wänke, H. Palme, H. Kruse, H. Baddenhausen, M. Cendales, G. Dreibus, H. Hofmeister, E. Jagoutz, C. Palme, B. Spettel, R. Thacker: Chemistry of Lunar Highland Rocks. A Refined Evaluation of the Composition of the Primary Matter. In: Proceedings 7th Lunar Science Conference, Geochim. Cosmochim. Acta, Suppl. 7 (1976), S. 3479–3499.

gelangte er zu der Erkenntnis, dass die Zusammensetzung des Mondes der des Erdmantels sehr ähnlich sein muss. Ted Ringwood (1930–1993) von der Australian National University in Canberra war sich hier mit Wänke einig. Beide waren der festen Überzeugung, dass der Mond die chemische Zusammensetzung des Erdmantels besitzt. Ein anderes, wichtiges Argument sowohl für Wänke als auch für Ringwood waren auch die Gehalte von Chrom, Vanadium und Mangan in Mond und Erdmantel. Die Konzentrationen dieser drei Elemente sind im Erdmantel niedriger, als man aus einem Vergleich mit Meteoriten erwarten würde. Da alle drei Elemente einen wenn auch geringen metallischen Charakter haben, wurde ein Teil dieser Elemente bei der Bildung des metallischen Erdkerns aus der Silikathülle in den Erdkern extrahiert. Das erklärt die niedrigeren Konzentrationen von Chrom, Vanadium und Mangan im Erdmantel. Da der Mond ähnlich niedrige Konzentrationen besitzt, kann die Entstehung des Erdmondes erst nach der Kernbildung in der Erde stattgefunden haben.

Das heute am meisten akzeptierte Modell der Mondentstehung ist die Rieseneinschlagshypothese (giant impact model). Nach dem Ende der Kernbildung in der Erde kollidierte ein marsgroßer Planet mit dieser. Der Einschlag erfolgte streifend. Der Impaktor schleuderte Material aus dem Erdmantel, das sich mit dem Impaktormantel zu einer Staub- und Gaswolke verband. Daraus entstand innerhalb kürzester Zeit (Monate bis Jahre) der Mond. Das Problem dabei ist, dass detaillierte Berechnungen verschiedener Autoren einen Massenanteil des Impaktors an der Mondmasse von 70 bis 80 % ergeben. Damit kann der Beitrag der Erde am Mond nur maximal etwa 30 % betragen. Die chemische Zusammensetzung des Mondes wäre somit nicht mehr durch den Erdmantel bestimmt. Das steht in deutlichem Widerspruch zu den Annahmen von Heinrich Wänke und Ted Ringwood. Neuere Isotopendaten zeigen jedoch, dass die Verhältnisse stabiler Isotope in Mond und Erde identisch sind, obwohl es zwischen Erde und verschiedenen Meteoritengruppen größere Unterschiede gibt. Größere Unterschiede heißt in diesem Fall Abweichungen im Zehntel-Promillebereich. So unterscheidet sich beispielsweise das  $^{50}\text{Ti}/^{47}\text{Ti}$  (Titan-50/Titan-47)-Verhältnis von Mond und Erde um weniger als 0,0004 Prozent, d.h. man kann unterscheiden, ob das Verhältnis der zwei Titanisotope 1,000004 oder 1,00000 ist. Fast alle anderen Objekte des Sonnensystems (Mars, Vesta, Meteorite) unterscheiden sich in diesem Verhältnis um mindestens einen Faktor 100, nur Mond und Erde sind identisch. Eine Reihe von hochpräzisen Analysen von Isotopenverhältnissen in terrestrischen Gesteinen und in Mondproben zeigen, dass es bis heute kein Isotopenverhältnis gibt, das in Mond und Erde innerhalb der Messgenauigkeit unterschiedlich ist. Das gilt insbesondere auch für Sauerstoff. Variationen in den Sauerstoffisotopenverhältnissen zwischen verschiedenen Typen von Meteoriten werden heute für die Klassifizie-

rung von Meteoritentypen verwendet. Erde und Mond sind aber wiederum identisch. Diese neuen Befunde unterstützen die Ähnlichkeit lunarer mit terrestrischer Zusammensetzung und lassen Modelle der Mondentstehung, die die Gesamtmasse des Mondes von der Erde beziehen, wieder wahrscheinlicher erscheinen. Das muss als Bestätigung für die Annahmen von Wänke und Ringwood gelten. Das „giant impact model“ ist in seiner jetzigen Form nicht mehr haltbar.

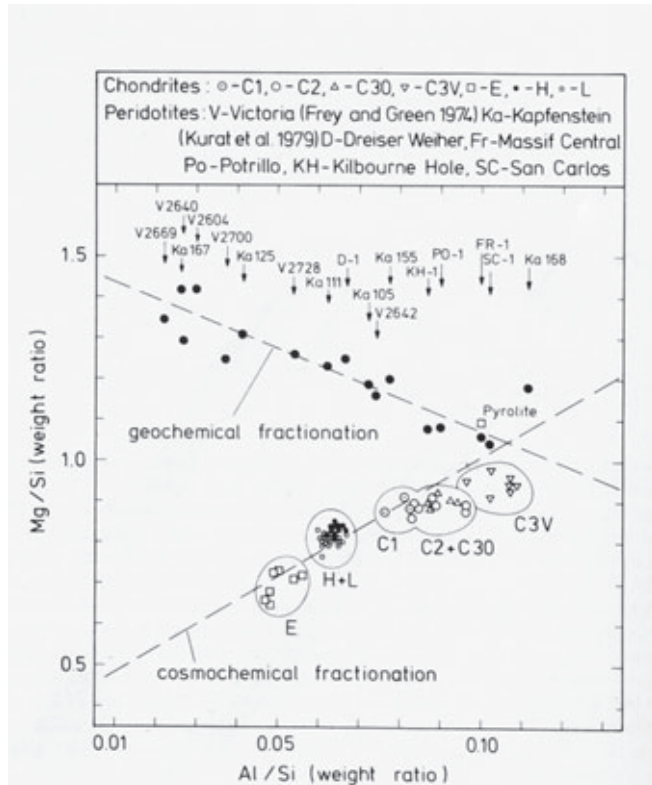
## 7.7 Analysen von Proben aus dem Erdmantel

Nach den erfolgreichen Analysen von Mondproben lag es nahe, die Multielementanalyse auch für terrestrische und meteoritische Proben anzuwenden. Zusammen mit den Mondbasalten hatten Heinrich Wänke und seine Mitarbeiter Analysen von Basalten, die vermutlich von dem Asteroiden Vesta stammen, sowie Marsbasalte (siehe unten) analysiert. Eine weitere wichtige Aufgabe war, wie oben erwähnt, die Zusammensetzung des Mondes mit der der Erde zu vergleichen. Eine Möglichkeit, die Zusammensetzung des Erdmantels zu untersuchen, ergibt sich aus Gesteinen, die mehr oder weniger unverändertes Mantelmaterial der Erde darstellen, einmal in Form von Einschlüssen (Xenolithen), die aus bis zu 80 km Tiefe durch Transport in basaltischen Magmen an die Erdoberfläche gelangen, zum anderen als massive Gesteinskomplexe, die als km-große Mantelfragmente durch tektonische Bewegungen die Erdoberfläche erreichen. Die Xenolitheinschlüsse, die aus großer Tiefe rasch an die Erdoberfläche transportiert wurden, sind besonders wertvoll, da sie in vielen Fällen noch die hohen Drücke und Temperaturen des Erdmantels registrieren. Aus der chemischen Zusammensetzung solcher Xenolithe lassen sich die Elementhäufigkeiten zahlreicher Elemente des Erdmantels ableiten. Heinrich Wänke und seine Mitarbeiter begannen in den späten siebziger Jahren solche Gesteine systematisch zu analysieren. Emil Jagoutz, ein Mitarbeiter Wänkes, studierte zu dieser Zeit Geologie an der Universität Mainz und, ausgerüstet mit seinen geologisch-mineralogischen Fachkenntnissen, sammelte er Mantelgesteine, vor allem in Europa und den USA. Die chemischen Analysen dieser Gesteine erlaubten es, Aussagen über die Elementhäufigkeiten im Erdmantel zu machen. Entsprechende Daten wurden 1979 veröffentlicht.<sup>24</sup> In

<sup>24</sup> E. Jagoutz, H. Palme, H. Baddenhausen, K. Blum, M. Cendales, G. Dreibus, B. Spettel, V. Lorenz, H. Wänke: The Abundances of Major, Minor and Trace Elements in the Earth's Mantle as Derived from Primitive Ultramafic Nodules. In: Proceedings 10th Lunar Science Conference, Geochim. Cosmochim. Acta, Suppl. 11 (1979), S. 2031–2050.

Abb. 7-17: Magnesium/Silizium- gegen Aluminium/Silizium-Verhältnisse von Meteoriten und Erdmantelproben. Die Zusammensetzung des Erdmantels wird meist in der Nähe des Schnittpunkts geochemischer und kosmochemischer Fraktionierung angenommen.

Die Bedeutung solcher Diagramme liegt darin, dass hier Daten von Meteoriten und Erdmantelgesteinen in einer Abbildung aufgetragen sind. Das Diagramm wurde oft kopiert und erweitert.



einer Abbildung dieser Arbeit (Abb. 7-17) sind die Hauptelementdaten der Xenolithe und chondritischer Meteorite aufgetragen. Abnehmende Al/Si-Verhältnisse bei gleichzeitiger Zunahme von Mg/Si-Verhältnissen in den Gesteinen des oberen Erdmantels sind charakteristisch für den zunehmend residualen Charakter der Mantelgesteine. Partielle Schmelzen extrahieren bevorzugt Aluminium aus dem Erdmantel, sodass den zurückbleibenden Restgesteinen Aluminium fehlt. Das Element Magnesium verhält sich genau umgekehrt. Die Gehalte sind niedrig in den Basalten aber hoch im residualen Mantel. In dieser Graphik sind auch die verschiedenen Typen chondritischer, das heißt undifferenzierter Meteorite eingetragen. Die Zusammensetzung des Erdmantels wird meist am Schnittpunkt der geochemischen und kosmochemischen Fraktionierungen angesetzt. Diese Darstellung ist wichtig, da sie die chemischen Daten terrestrischer und meteoritischer Proben in einem Diagramm zeigt. Diese Arbeit von Jagoutz und Mitar-



beitern war und ist sehr einflussreich. Hier wurden zum ersten Mal aus Gesteinen des Erdmantels und unter Berücksichtigung meteoritischer Daten die Häufigkeiten zahlreicher Elemente im Erdmantel angegeben. Heutige Kompilationen von Erdmanteldaten sind nicht sehr verschieden von der Zusammenstellung von 1979.<sup>25</sup>

## 7.8 Akkretionsmodell der Erde und der übrigen terrestrischen Planeten

Beruhend auf den Elementhäufigkeiten im Erdmantel hat Heinrich Wänke ein Akkretionsmodell für die Erde erstellt. Das ist ein Modell für das Wachstum der Erde durch ständiges Akkumulieren neuer Materie, in Form von Planetesimalen (Vorläufern und Bausteinen von Planeten), die mit der Erde zusammenstoßen. Zunächst wächst die Erde durch Akkumulation einer reduzierten Komponente A, die auch nur geringe Gehalte flüchtiger Elemente enthält. In dieser Komponente ist Eisen nur als Metall vorhanden, es gibt kein Eisenoxid (FeO). Gleichzeitig mit der Akkretion beginnt auch die Kernbildung. Ein Teil der Elemente mit geringem metallischen Charakter wie Chrom, Vanadium, Mangan, Wolfram werden zu einem gewissen Teil mit metallischem Eisen in den Erdkern extrahiert. Nach etwa 60 % der Bildung des Erdkörpers nimmt der Anteil an Komponente A sukzessive ab und das weitere Wachstum der Erde wird durch Akkretion (Akkumulation) einer oxidierten Komponente B dominiert. Diese Komponente enthält nur oxidiertes Eisen, das heißt kein Metall. Sie hat zudem hohe Gehalte an flüchtigen Elementen. Für die Erde errechnete Wänke 85 % für Komponente A und 15 % für Komponente B. Ähnliche Modelle haben er und seine Mitarbeiter auch für andere terrestrische Planeten und für den Asteroiden Vesta entwickelt.<sup>26</sup>

<sup>25</sup> H. Palme, H.St.C. O'Neill: Treatise on Geochemistry. In: R. Carlson (Hrsg.): The Mantle and the Core 2 (2003), S. 1–38.

<sup>26</sup> H. Wänke, G. Dreibus: Chemical Composition and Accretion History of Terrestrial Planets. In: Philosophical Transactions of the Royal Society London A325 (1988), S. 545–557.

## 7.9 Bedeutung des Elements Wolfram

Ein Aspekt der Analysen von Mondproben in der Mainzer Kosmochemie, der heute als besonders wichtig angesehen werden muss, ist die Bestimmung der Konzentrationen des Elements Wolfram (W) in Mondgestein. Es gab bei den ersten Analysen von Mondproben nur sehr wenige Gruppen, die sich mit dem Element Wolfram beschäftigten. In einer Kompilation von 1971 werden beispielsweise für die Mondstaubprobe 10084, der vermutlich am meisten analysierten geologischen Probe, bei Analysen des Elements Strontium (Sr) Werte von 12 verschiedenen Labors angegeben, bei Wolfram (W) gibt es dagegen neben Mainz nur ein einziges anderes Labor, das Wolfram-Konzentrationen angibt. Das liegt daran, dass die radiochemische Abtrennung von Wolfram damals die einzige Methode war, die Gehalte dieses Elements zu bestimmen. Schon früh wurde in Mainz das Potential dieses wichtigen Elements erkannt. In Abb. 7-18 ist eine Korrelation von Wolfram mit Uran gezeigt.<sup>27</sup> Je höher die Gehalte an Uran, desto höher auch die Konzentrationen von Wolfram. Das Verhältnis ist, wie im Falle von Kalium und Lanthan, in jedem Planeten anders. Wolfram hat zum Teil metallischen Charakter und wird bei der Bildung des Erdkerns teilweise mit Metall in den Erdkern extrahiert, wo sich heute ein wesentlicher Teil des Wolframs der Erde befindet. Die im Mantel verbleibende Restmenge verhält sich geochemisch so wie das inkompatible Element Uran. Inkompatibel heißt, dass dieses Element nicht von den üblichen gesteinsbildenden Mineralen aufgenommen wird, sondern sich in Restschmelzen, die bei der Kristallisation der Mantelminerale zurückbleiben, konzentriert. Werner Rammensee, ein Student von Wänke, hat sich in seiner Doktorarbeit mit dieser Problematik auseinandergesetzt. Mittels eines radioaktiven Wolframisotops konnte er die Verteilung des Elements Wolfram zwischen Metall und Silikat, also das Verhalten von Wolfram bei der Kernbildung, experimentell simulieren. Da der Mond aber nur einen kleinen Metallkern besitzt, kann die Verarmung von Wolfram in Mondproben nicht durch Kernbildung im Mond entstanden sein. Wänke schloss daraus, dass die Kernbildung in der Erde für die niedrigen Wolframgehalte am Mond verantwortlich ist. Das beweist einmal mehr, dass der Mond im Wesentlichen aus Material des Erdmantels besteht. Die zahlreichen Wolframanalysen in Mond- und Meteoritenproben des Mainzer Labors sowie die experimentelle Bestimmung der Verteilung von Wolfram zwischen Metall und Silikat von Rammensee und Wänke haben die Geo- und Kosmochemie nachhaltig beeinflusst.<sup>28</sup> Zum einen haben die Experimente ein umfangreiches neues Forschungsgebiet

<sup>27</sup> Dreibus-Kapp, Schulz: *Chemismus* (wie Anm. 19), hier Abb. 13.

<sup>28</sup> W. Rammensee, H. Wänke: On the Partition Coefficient of Tungsten between Metal and Silicate and its Bearing on the Origin of the Moon. In: *Proceedings 8th Lunar Science Conference, Geochim. Cosmochim. Acta, Suppl. 8* (1977), S. 399–409.

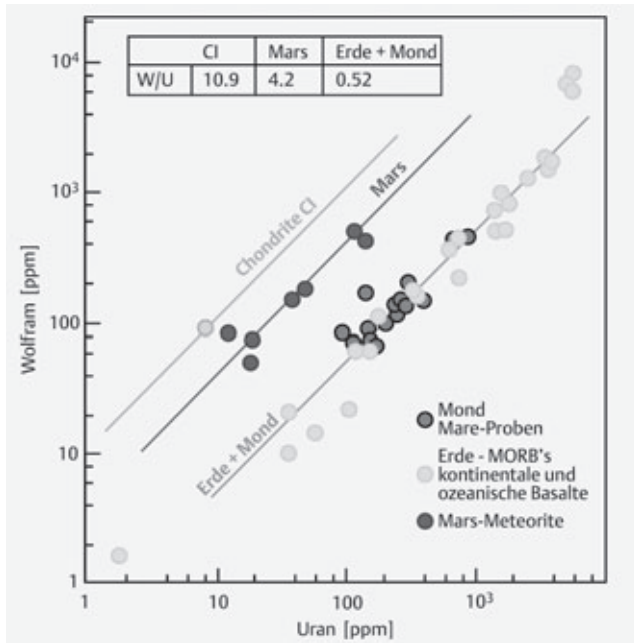


Abb. 7-18: Korrelation von Wolfram und Uran für Proben von Erde, Mars und Mond. Die relativ zu Chondriten (Ausgangsmaterial für die Planeten) niedrigeren Wolfram/Uran-Verhältnisse in den Silikatphasen von Mars, Mond und Erde deuten auf Verluste von Wolfram bei der Kernbildung hin. Das identische Wolfram/Uran-Verhältnis von Erde und Mond bedeutet für Wänke, dass der Mond aus Material des Erdmantels besteht und dass die Mondentstehung nach der Kernbildung in der Erde stattgefunden haben muss.

begründet. Diese Art von Versuchen wird heute in vielen Laboren unter den unterschiedlichsten Bedingungen (Temperatur, Druck, Zusammensetzung von Metall und Silikat) und für eine große Zahl von Elementen durchgeführt, mit dem Ziel, die Kernbildung in der Erde und in anderen planetaren Körpern besser zu verstehen. Ein zweiter Aspekt, der in den letzten Jahren an Bedeutung zugenommen hat, ist die Möglichkeit, das Hf-W (Hafnium-Wolfram)-System für Datierungen zu verwenden. Das Isotop  $^{182}\text{Hf}$  (Hafnium-182) zerfällt mit einer Halbwertszeit von etwa neun Millionen Jahren in  $^{182}\text{W}$ . Man muss nun wissen, dass Hafnium ein lithophiles Element ist, das sich ausschließlich in der Silikatphase konzentriert und die Metallphase meidet. Das Element Wolfram dagegen verteilt sich zwischen Metall- und Silikatphase, wie oben angedeutet. Wird nun Wolfram sehr früh, das heißt innerhalb von 20 Millionen Jahren nach Entstehung des Sonnensystems, von Hafnium abgetrennt, zum Beispiel durch Kernbildung, so kann das in Metall isolierte  $^{182}\text{W}$  nicht weiter durch Zerfall von  $^{182}\text{Hf}$  wachsen. Auf diese Weise kann durch die Isotopie des Wolframs der Zeitpunkt der Kernbildung bestimmt werden. Das Hf-W-Chronometer oder die Hf-W-Uhr findet heute in der Meteoritenforschung breite Anwendung. Dazu gehört ein grundlegendes Verständnis der geochemischen

Eigenschaften von Wolfram, wie sie zum ersten Mal von Heinrich Wänke formuliert wurden.

## 7.10 Untersuchungen von Mond- und Marsmeteoriten

### 7.10.1 Meteorite vom Mond

Kurz vor der ersten bemannten Mondlandung am 21. Juli 1969 äußerte sich Heinrich Wänke in einem Spiegel-Interview zur Möglichkeit von Mondmeteoriten: „Wir haben in Museen und auch hier in meinen Schränken möglicherweise längst Brocken von Mondgestein – Meteoriten, die mutmaßlich aus der Oberfläche des Mondes durch Einschläge anderer Körper herausgeschleudert wurden und später auf die Erde stürzten. Durch Vergleich mit dem Apollo-Material können wir vielleicht feststellen, ob bestimmte Meteoriten tatsächlich vom Mond stammen.“<sup>29</sup> Seine Voraussagen sollten sich innerhalb von zehn Jahren bewahrheiten. Nachdem neun seltsam aussehende Gesteinsbruchstücke, die eine japanische Antarktisexpedition 1969 gesammelt hatte, als Meteoriten identifiziert worden waren, begann eine systematische Suche mit jährlichen Expeditionen in die antarktischen Eisfelder, zunächst nur von Japanern und Amerikanern, später auch von Forschern aus anderen Ländern. Der spektakulärste Fund war ein Meteorit vom Mond mit der Bezeichnung ALHA81005 (Abb. 7–19).<sup>30</sup> Er wurde 1981 in den Allan-Hills-Bergen der Antarktis gefunden und von Brian Mason (1917–2009) wegen seiner chemischen und petrographischen Ähnlichkeit mit Apollo-Mondproben als Mondhochlandgestein identifiziert. Japanische Forscher hatten allerdings schon 1979 einen Mondmeteoriten aus der Antarktis mitgebracht. Dieser Meteorit Y-791197 aus den Yamato-Bergen der Antarktis wurde jedoch zunächst nicht als Mondgestein erkannt. Erst nachdem ALHA81005 als Mondmeteorit identifiziert worden war, bezeichneten die Japaner ihren Meteoriten Y-791197 als Mondgestein. In der Folge wurden zahlreiche weitere Mondmeteorite in der Antarktis und in den Wüsten Nordafrikas und des Nahen Ostens gesammelt. Die Gesamtzahl identifizierter Mondmeteoriten liegt heute bei etwa 100.

<sup>29</sup> 100 Gramm Mond nach Mainz. Spiegel-Interview mit Professor Heinrich Wänke vom Max-Planck-Institut für Chemie in Mainz. Der Spiegel 29/1969 (vom 14. 7. 1969), S. 105.

<sup>30</sup> H. Palme, B. Spettel, G. Weckwerth, H. Wänke: Antarctic Meteorite ALHA81005, a Piece from the Ancient Lunar Crust. In: Geophysical Research Letters 10 (1983), S. 817–820.



*Abb. 7-19: Der erste als Mondmeteorit identifizierte Meteorit ALHA81005. Proben dieses Meteoriten wurden auch in Mainz analysiert.*

### 7.10.2 Meteorite vom Mars

Nachdem Meteorite vom Mond identifiziert worden waren, stellte sich die Frage, ob es nicht auch Marsmeteorite gibt. Von verschiedenen Autoren wurde die Vermutung geäußert, dass eine bestimmte Gruppe von Meteoriten, die SNC-Meteorite, Marsmeteorite seien. Berechnungen zeigten, dass das durchaus möglich wäre. Die Abkürzung SNC steht für verschiedene Meteoritentypen aus dieser Gruppe: S-Shergotty – ein Basalt, N-Nakhla – ein Klinopyroxenit und C-Chassigny – ein Dunit (besteht fast nur aus Olivin). Diese Meteoritengruppe umfasst ältere Meteoritenfälle und eine größere Zahl von neueren Meteoritenfunden aus der Antarktis, Nordafrika, Oman etc. Die Zusammengehörigkeit dieser Meteorite zu einer Gruppe ergibt sich aus Ähnlichkeiten ihrer Sauerstoffisotopie, ein heute übliches Verfahren zur Klassifizierung von Meteoriten. Heinrich Wänke vertrat früh die Meinung, dass es sich bei den SNC-Meteoriten um Marsgestein handeln könnte. Zwei Gründe waren für die Marsbefürworter ausschlaggebend. Marsmeteorite haben Kristallisationsalter von 0,3 bis 1,2 Milliarden Jahren, sie sind damit weit jünger als alle anderen differenzierten (magmatischen) Meteorite, die mit 4,5 bis 4,6 Milliarden Jahren fast so alt wie das Sonnensystem sind. Nur ein so großer Körper wie der Mars kann Wärme so lange speichern, dass noch nach einigen Milliarden Jahren Schmelzprozesse im Inneren des Planeten möglich sind. Zum zweiten hatte die

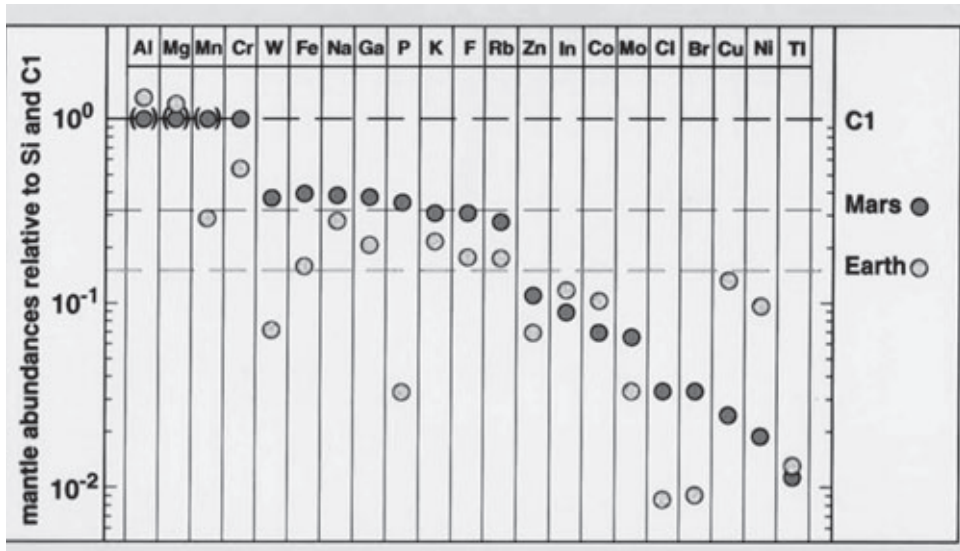


Abb. 7-20: Elementhäufigkeiten im Erdmantel und im Marsmantel. In den meisten Fällen hat der Marsmantel höhere Gehalte an flüchtigen Elementen (Rb, Zn, In, etc.) als der Erdmantel. Heinrich Wänke erklärt das in seinem Akkretionsmodell durch einen höheren Anteil an oxidiertem Komponente.

amerikanische Marssonde Viking die Gehalte und Isotopie von Edelgasen, Stickstoff und Kohlendioxid in der Marsatmosphäre gemessen. Zusammensetzung und Isotopie von Gaseinschlüssen des vermutlichen Marsmeteoriten EETA79001 sind identisch zur Marsatmosphäre. Dieselbe Signatur wurde in Gaseinschlüssen von sieben weiteren Meteoriten derselben Gruppe gefunden.

Schon in den achtziger Jahren wurde in der Mainzer Kosmochemie die Multielementanalyse auf die SNC-Meteorite angewendet, und basierend auf diesen Daten begann Wänke Akkretionsmodelle für den Planeten Mars zu entwickeln, ähnlich wie im Falle der Erde wieder ein Zweistufenmodell. Während die zweite Stufe mit oxidiertem Material (mit Wasser) bei der Erde nur 15 % ausmacht, sind es beim Mars 40 %. Der Mars ist also wesentlich oxidiert und hat höhere Gehalte an flüchtigen Elementen als die Erde, wie aus Abb. 7-20 hervorgeht.<sup>31</sup>

<sup>31</sup> H. Wänke, G. Dreibus: Chemistry and Accretion History of Mars. In: Philosophical Transactions of the Royal Society London A 349 (1994), S. 285–293, hier S. 286.

### 7.10.3 Marsmissionen

Der endgültige Beweis für den Marsursprung der vermuteten Marsmeteorite kann nur durch die direkte Analyse der Marsoberfläche geschehen. Ab etwa 1990 hat sich Wänke fast ausschließlich auf die Untersuchung des Planeten Mars konzentriert und die Konstruktion und den Einsatz von Geräten zur Analyse der chemischen Zusammensetzung der Marsoberfläche in die Wege geleitet. Rudolf Rieder, der Ende der sechziger bis Anfang der siebziger Jahre schon einmal in Mainz war, kam 1992 erneut an das Mainzer Institut, um ein Analysegerät zu konstruieren, das in der Lage ist, die Zusammensetzung von Staub und Gesteinen an der Marsoberfläche zu bestimmen. Das von ihm entwickelte APXS-Gerät hat zunächst in der Pathfinder Mission der NASA 1997 erfolgreiche Messungen durchgeführt.<sup>32</sup> Zwei weiterentwickelte Geräte sind auf den zwei Marssonden der MER (Mars Exploration Rover) Mission, der wohl bisher bedeutendsten Marsmission überhaupt, installiert. Je ein APXS-Sensor war auf den Rovern ‚Opportunity‘ und ‚Spirit‘, die im Januar 2004 auf gegenüberliegenden Seiten des Mars gelandet sind. Der Rover ‚Spirit‘ hat nach einer Reise von 7,7 km im Jahre 2010 nicht mehr geantwortet, während ‚Opportunity‘ nach 34 km vor kurzem aus dem „Winterschlaf“ geweckt wurde und wieder einsatzfähig ist. Die Analysen vom Boden (Regolith) und Steinen ergaben eine relativ ähnliche Zusammensetzung des Marsbodens an den verschiedenen Landstellen, eine Folge von globalen Umverteilungsprozessen, z.B. durch Marsstürme. Die Steine, insbesondere wenn sie mit dem ‚rock abrasion tool‘ (RAT) vorher gereinigt wurden, haben im Wesentlichen basaltische Zusammensetzung, sind aber doch untereinander recht verschieden. RAT ist eine Art Gesteinschleifer, der die Oberfläche von Marssteinen reinigt und insbesondere von Marsstaub befreit, bevor die eigentliche Analyse beginnt. Daneben gibt es noch Sedimentgesteine mit hohen Gehalten von Brom und Chlor. Besonders auffallend ist das Fehlen von Karbonaten; Sulfate scheinen dagegen häufig vorzukommen. Die meisten Marssteine unterscheiden sich chemisch von Marsmeteoriten. Doch gibt es einen Stein namens ‚Bounce Rock‘, der in seiner chemischen und mineralogischen Zu-

<sup>32</sup> R. Rieder, R. Gellert, R.C. Anderson, J. Brückner, B.C. Clark, G. Dreibus, T.E. Economou, G. Klingelhöfer, G.W. Lugmair, D.W. Ming, S.W. Squyres, C. d’Uston, H. Wänke, A.S. Yen, J. Zipfel: Chemistry of Rocks and Soils at Meridiani Planum from the Alpha Particle X-Ray Spectrometer. In: Science 306 (2004), S. 1746–1749.



sammensetzung genau einem der Marsmeteorite entspricht und somit als Bestätigung des Marsursprungs dieser Meteoritengruppe gelten kann.<sup>33</sup>

Die MER Mission der NASA war ohne Zweifel ein äußerst erfolgreiches Unternehmen. Einen wesentlichen Anteil daran hatten zwei Mainzer Geräte: (a) das von Rudolf Rieder entwickelte APXS, das quantitative Daten über die Zusammensetzung des Marsstaubs und der Marssteine liefert, vermutlich das wichtigste Gerät der gesamten Mission, und (b) das Mössbauerspektrometer, das Göstar Klingelhöfer von der Universität Mainz gebaut hat und das zur Identifizierung von eisenhaltigen Mineralen dient. Leider hat der großartige Erfolg des Mainzer APXS-Analysators keinerlei nachhaltige Wirkung. Weder die MPG noch die DLR (Deutsches Zentrum für Luft- und Raumfahrt) waren daran interessiert, das APXS-Gerät in Deutschland weiter zu entwickeln. Das geschieht zurzeit in Kanada. Im Gegensatz zu den USA haben die Ergebnisse der Messungen der chemischen Zusammensetzung von Marsböden und -steinen magmatischen und sedimentären Ursprungs an deutschen Forschungseinrichtungen, einschließlich der Universitäten, kaum Widerhall gefunden.

## 7.11 Internationale Anerkennung der Arbeiten von Heinrich Wänke

Die Ergebnisse von Heinrich Wänkes langjähriger Forschungstätigkeit haben sich in mehr als 250 Publikationen aus den Gebieten Kosmochemie und Planetenforschung niedergeschlagen. Zahlreiche Preise und Auszeichnungen sowie Mitgliedschaften in wissenschaftlichen Gremien und Gesellschaften sind Ausdruck seiner internationalen Anerkennung und Wertschätzung. Einige Beispiele sollen das exemplarisch dokumentieren. Unter anderem hat ihn die Meteoritical Society 1980 mit der Leonard Medal geehrt, der höchsten Auszeichnung, die diese Gesellschaft vergibt. Das Institut de Physique du Globe de l'Université de Paris hat ihm 1996 die Ehrendoktorwürde verliehen. Im Jahre 1991 hat er die Friedrich-Becke-Medaille der Österreichischen Mineralogischen Gesell-

<sup>33</sup> J. Zipfel, C. Schröder, B.L. Jolliff, R. Gellert, K.E. Herkenhoff, R. Rieder, R. Anderson, J.F. Bell III, J. Brückner, J.A. Crisp, P.R. Christensen, B.C. Clark, P.A. de Souza Jr.; G. Dreibus, C. d'Uston, T. Economou, S.P. Gorevan, B.C. Hahn, G. Klingelhöfer, T.J. McCoy, H.Y. McSween Jr.; D.W. Ming, R.V. Morris, D.S. Rodionov, S.W. Squyres, H. Wänke, S.P. Wright, M.B. Wyatt, A.S. Yen: Bounce Rock – A shergottite-like basalt encountered at Meridiani Planum, Mars. In: *Meteoritics & Planetary Science* 46 (2011), S. 1–20.

schaft erhalten und 1999 die Abraham-Gottlob-Werner-Medaille der Deutschen Mineralogischen Gesellschaft, ein Beweis für die fachübergreifenden Arbeiten Wänkes. Seit 1999 ist er Auswärtiges Mitglied der Russischen Akademie der Wissenschaften und seit 1993 Korrespondierendes Mitglied der Österreichischen Akademie der Wissenschaften. Es soll nicht unerwähnt bleiben, dass Heinrich Wänke und Rudolf Rieder 1997 mit dem Medienpreis BAMBI ausgezeichnet wurden. Diese Anerkennung des Mainzer Beitrags zur erfolgreichen Marserkundung mit der Pathfinder Mission belegt das große Interesse der Öffentlichkeit an dem Planeten Mars ebenso wie Wänkes Fähigkeit, die entsprechenden Forschungsergebnisse populär zu vermitteln.

## 7.12 Meine Jahre am Max-Planck-Institut für Chemie

Ich bin 1971, zwei Jahre nach der ersten Mondlandung, an das MPI für Chemie gekommen und sollte Rudolf Rieder ersetzen, der beschlossen hatte, nach Wien zurückzukehren. Heinrich Wänke hat sich dann bei Berta Karlik am Radiuminstitut erkundigt, ob sie ihm einen Mitarbeiter empfehlen könne. Da ich gerade die Dissertation abgeschlossen hatte, fragte mich Professor Karlik, ob ich Interesse hätte, nach Mainz zu gehen. Ich stimmte zu und begann meine Tätigkeit im Frühjahr 1971. Ich hatte – so wie Heinrich Wänke, als er 1953 vom Radiuminstitut in Wien nach Durham zu Paneth ging, – keinerlei Wissen über Meteorite. Die ersten Kommentare nach meinem Eintreffen waren: „Schon wieder ein Österreicher“. Zu diesem Zeitpunkt war Friedrich Begemann einer der wenigen deutschen Wissenschaftler am Institut. Heinrich Wänke und Heinrich Hintenberger waren Österreicher, Hermann Wäffler war Schweizer und Christian Junge hatte einen amerikanischen Pass.

Ich beteiligte mich zunächst an Messungen von durch Höhenstrahlung produzierten Nukliden wie  $^{26}\text{Al}$  (Aluminium-26) und  $^{22}\text{Na}$  (Natrium-22) in Mondproben. Diese Arbeiten wurden zum Teil mit der Arbeitsgruppe von Friedrich Begemann durchgeführt. In den ersten Jahren nach Apollo 11 bestand ein reger wissenschaftlicher Austausch zwischen den Arbeitsgruppen Begemann und Wänke, und ich konnte erheblich von den Erfahrungen und dem Wissen der beiden profitieren. Viele Diskussionen, besonders mit Wänke, bildeten die Basis für mein kosmochemisches Wissen und Verständnis. Diskussionen in kleinem Kreis sind Wänkes Stärke. Man kann stundenlang mit ihm über wissenschaftliche Probleme diskutieren. Seine Fähigkeit, Wichtiges von Unwichtigem zu trennen und die wesentlichen Aspekte eines Problems sofort zu erkennen sowie Lösungs-

vorschläge auszuarbeiten, haben mich immer wieder beeindruckt. Nach einiger Zeit begann ich mich mit der schon vor 1969 etablierten zerstörungsfreien Neutronenaktivierungsanalyse zu beschäftigen. Die neuen Ge(Li)-Halbleiterdetektoren machten eine erfolgreiche Anwendung dieser Methode erst möglich. Die Aktivierungsanalyse entwickelte sich rasch zu einer Routineanalytik, mit deren Hilfe zahlreiche Proben untersucht wurden. Die Qualität der von Bernhard Spettel betreuten Messungen war in kosmochemischen Kreisen weithin bekannt und geschätzt. Die Methode wurde ständig verbessert, und neue Elemente wurden in die Analytik einbezogen. Parallel zur Interpretation der Monddaten mit Wänke begann ich mit eigenen kleinen Projekten, die sich im Laufe der Zeit ständig vergrößerten.

In den siebziger und achtziger Jahren waren zahlreiche Wissenschaftler aus dem Ausland, hauptsächlich aus den USA, in der Abteilung Kosmochemie zu Gast, unter anderen John T. Wasson, Jack W. Larimer und Stewart Ross Taylor. Es herrschte eine offene Atmosphäre, es wurde viel diskutiert, und es wurden ständig neue Projekte geplant – optimale Bedingungen für Forschungsarbeiten. Heinrich Wänke ermutigte seine jungen Mitarbeiter wie Gerhard Brey oder Emil Jagoutz zu eigenen Aktivitäten.

Nach meiner Habilitation für das Fach Mineralogie an der Universität Mainz begann ich mich für eine Professur an einer Universität zu interessieren. Die Arbeitsbedingungen und vor allem die Reisemöglichkeiten am MPI waren zwar wesentlich besser als an den meisten Universitäten, doch gab es für einen wissenschaftlichen Mitarbeiter an einem MPI keine Möglichkeit, seine Stelle zu ‚verbessern‘. Zudem ist es für Max-Planck-Institute schwierig, Studenten für Doktorandenstellen anzuwerben. Im Jahre 1994 nahm ich einen Ruf auf eine Professur für Mineralogie und Geochemie an der Universität zu Köln an. Entscheidend für meine Berufung waren die Forschungen, die ich am MPI für Chemie in Mainz durchführen konnte, in Kooperation mit Heinrich Wänke und Wissenschaftlern aus Instituten im In- und Ausland. Die Anforderungen, die durch die Lehre in einem Fach entstehen, das ich selbst nie studiert hatte, sind allerdings nicht unerheblich.

Abschließend sei eine Übersicht über die Mitarbeiterstruktur der Abteilung Kosmochemie angefügt:

- 1953 Friedrich Paneth begründet die Kosmochemie am MPI für Chemie, sein erster Assistent ist Heinrich Wänke.
- 1957 Friedrich Begemann kommt als Paneths Assistent von Bern nach Mainz.

- 1958 Friedrich Paneth stirbt unerwartet. Die Arbeitsgruppe Wänke/Begemann darf bis zu einer Neuberufung (Nachfolge Paneth) weiterarbeiten. Die Kosmochemie ist formal Josef Mattauch (bis 1965) und später Heinrich Hintenberger (bis 1967) zugeordnet.
- 1967 Heinrich Wänke wird Direktor der Abteilung Kosmochemie, zu der die Arbeitsgruppe Begemann gehört.
- 1978 Friedrich Begemann wird Direktor der neugegründeten Abteilung Isotopenkosmologie.
- 1996 Heinrich Wänke tritt in den Ruhestand, Günter Lugmair wird sein Nachfolger.
- 2005 Ruhestand von Günther Lugmair, Schließung der Abteilung Kosmochemie.

#### Mitarbeiter der Abteilung Kosmochemie (ohne Arbeitsgruppe Begemann):

##### Wissenschaftliche Mitarbeiter (feste Anstellung, Beschäftigungsdauer von mehr als einem Jahr, keine Stipendiaten):

Gerhard Brey (1978–1995)	Emil Jagoutz (1968–2007)
Johannes Brückner (1984–2012)	Hans König (1956–1964)
Alexander Burghale (1972–1994)	Herbert Palme (1971–1994)
Klaus Ebert (1953–1957)	Rudolf Rieder (1966–1971, 1987–2008)
Ralf Gellert (2004–2005)	Else Vilcsek (1954–1991)
Peter Hoppe (seit 1997)	Frank Wlotzka (1960–2001).

Reinhard Haubold\*, Wolfgang Huisl\*, Reimund Jotter\*, Bernd Kalbskopf\*, Alfons Kubny\*, Hans-Joachim Voss\* (\* vom Gmelin-Institut der MPG bei dessen Schließung 1997 übernommen).

##### Sekretariat:

Eleonore Bullinger (1956–1964), Elsemarie Müller (1912(?)–1965), Brunhilde Müller (1980–2000), Heide Prager (1964–2008).

##### Technische Mitarbeiter (ab 1970):

Hildegard Baddenhausen, Maik Biegler, Peter Deibele, Gerlind Dreibus-Kapp, Elmar Gröner, Joachim Huth, Jutta Just geb. Burkholz, Hartwig Kruse, Friedl Künstler, Dieter



Müller, Karl-Heinz Musshoff, Ilse-Marie Schüler, Antje Sorowka, Bernhard Spettel, Rudi Weber, Bernd Wellner, Ute Weidlich geb. Krebs.

**Doktoranden der Abteilung Kosmochemie:**

Promotionen (in Verbindung mit der Universität Mainz): Klaus Blum, Herbert Broo, Johannes Brückner, Chang Chao Ting, Annegret Fett, Eva Frantz, Christa Göbel, Herbert Hofmeister, Astrid Holzheid, Dorrit Jacob, Emil Jagoutz, Klaus Keil, Wolfgang Klöck, Thomas Köhler, Katharina Lodders, Doris Luzius-Lange, Thomas Presper, Marco Quijano-Rico, Werner Rammensee, Ulrich Rast, Werner Schmitt, Dieter Schier, Frank Teschke, Manfred Troesch, Gerd Weckwerth, Stefan Weinbruch, Andrea Wulf, Yin Qing-zhu, Jutta Zipfel.





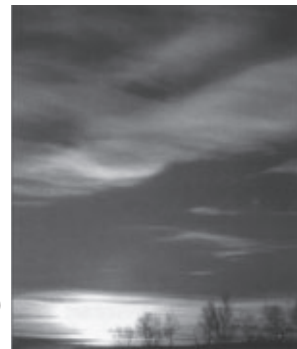
## 8 Auswirkungen des menschlichen Handelns auf das Klima

Paul C r u t z e n

### 8.1 Climate, Atmospheric Chemistry and Biogenic Processes in the Anthropocene

Figure 1 shows polar stratospheric clouds (PSC) – also called mother of pearl clouds. They are very beautiful and damaging at the same time. At very low temperatures (lower than  $-80^{\circ}\text{C}$ ) in the stratosphere the ice particles forming PSC play a large role in ozone depletion. This is so because on the surface of the particles chlorine and bromine are converted into highly reactive catalytic forms, affecting the destruction of ozone.

A change in ozone concentration is something that was not foreseen, and there was no prediction from the scientific point of view in the beginning. Only later we recognized the dramatic role of human activity. We saw a change in ozone concentration in spring time at high altitudes (12–25 km) (see fig. 2 and 3) in the Antarctic where we least expected it.<sup>1</sup>



*Fig. 8-1: Photograph of an Arctic polar stratospheric cloud (PSC) taken at Kiruna, Sweden, on 27 January 2000.*

<sup>1</sup> J.C. Farman, B.G. Gardiner, J.D. Shanklin: Large losses of total ozone in Antarctica reveal seasonal ClOx/NOx interaction. In: Nature 315 (1985), pp. 207–210. – D.J. Hofmann, J.W. Harder, S.R. Rolf, J.M. Rosen: Balloon-borne observations of the development and vertical structure of the Antarctic ozone hole in 1986. In: Nature 326 (1987), pp. 59–62.



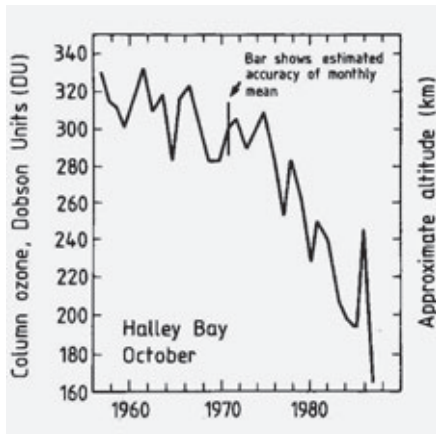


Fig. 8-2: Decrease of total ozone over the Halley Bay Station of the British Antarctic Survey.

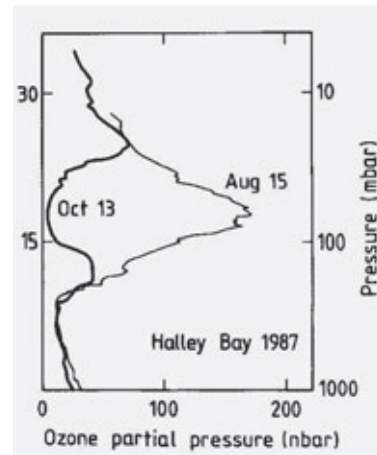


Fig. 8-3: Abrupt change of ozone concentration from maximum to the 'ozone hole' during just two months.

We were all flabbergasted and it took time to explain it scientifically. At the same time it clearly had a life-threatening dimension for humankind on earth. It was clear that something had to be done, and in the 1980s the CFC gases were banned from production. Nevertheless it will take several years to heal the ozone hole. The question now is: are we able to counter the effects of the other greenhouse gases released by human activities? Industrial and agricultural activities have grown dramatically especially since the second world war, the so-called "great acceleration". While the main activity has been in the developed world, the developing countries are following rapidly, especially in Asia. The dramatic increase in the quantity of almost all human activities (see fig. 4) since the 1950s has clear effects. During the past three centuries human population has increased tenfold to 7,000 million. There are currently some 20 billion (20,000 million) of farm animals worldwide and urbanisation grew more than tenfold in the past century; almost half of the people live in cities and megacities. Industrial output increased 40 times during the past century; energy use 16 times and almost 50 % of the land surface has been transformed by human action. Water use increased severalfold.

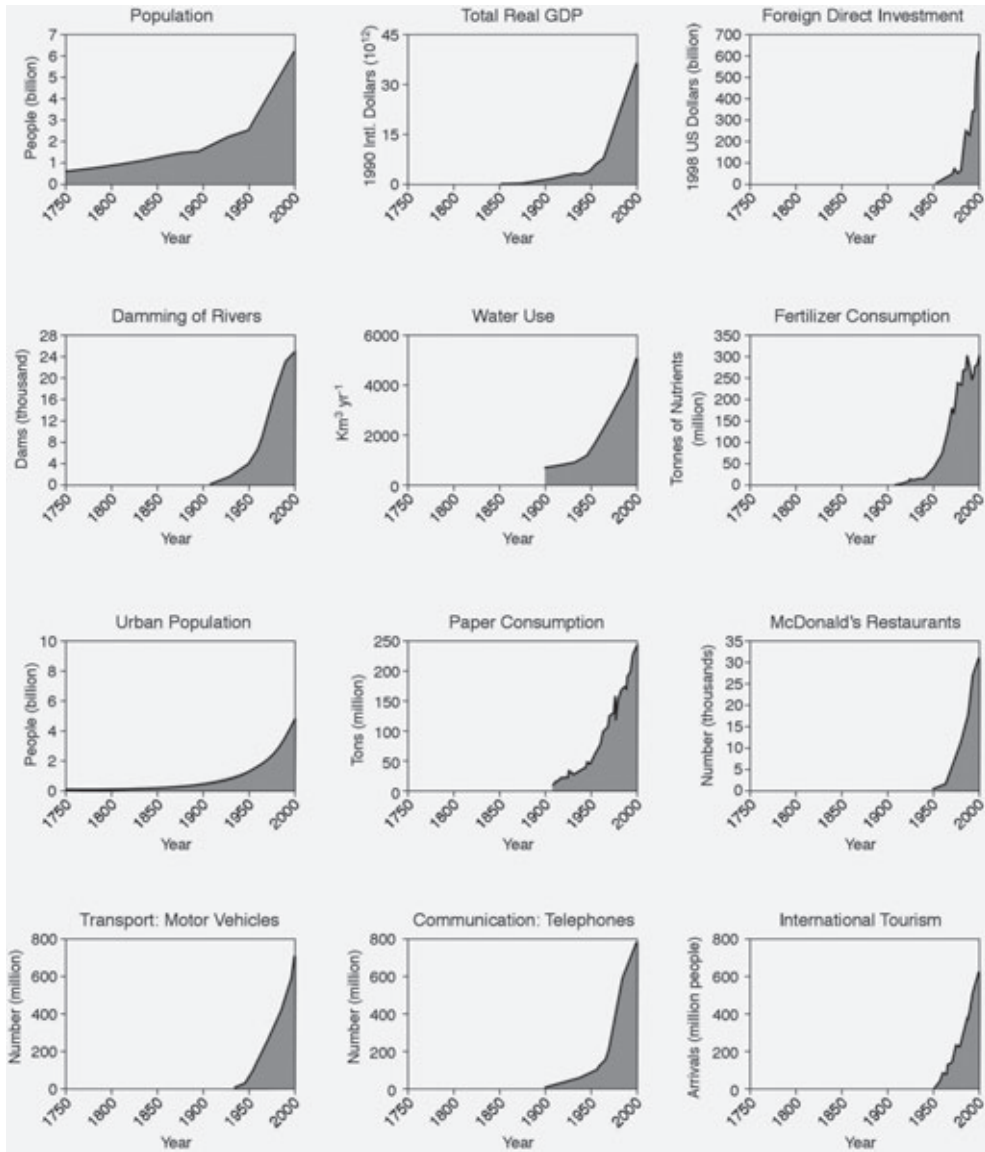


Fig. 8-4: The "Great Acceleration".

This has been described as the “great acceleration” (see fig. 4) and as the “1950s syndrome,”<sup>2</sup> in other words, the rapid transition in the post-war period fueled by plenty of cheap energy. The demands of our lifestyle have some consequences unknown to many.

Why this happened since the 1950s is an unsolved question. It probably has to do with the stark increase of international financial corporations. While before 1940 much of international trade was still related to colonialism, in the second half of the 20th century post-colonial and globalized commercial structures have been taking over. It seems that the causes of the observed changes have their origin in financial, economic and political doings. But changes are not just of a quantitative nature. There are qualitative alterations as well. Industry has introduced many thousands of newly synthesized compounds into the environment. Some of them are toxic, carcinogenic, mutagenic or reprotoxic. Even some which are not toxic at all can show negative effects, such as the almost inert chlorofluorocarbons (CFC) causing the ozone hole. With regard to biodiversity the impact of anthropogenic activities has been particularly rapid.<sup>3</sup> It may well be that we now live in the age of the sixth mass extinction in the history of earth.<sup>4</sup> Also, anthropogenic measures cause evolutionary change in domestic animals. Antibiotics and pesticides speed up the normal evolutionary time scale and cost between 33 billion to 50 billion dollars a year in the USA alone.<sup>5</sup> Human intervention does not only change selection mechanisms and the biotic environment. It also has deep impact on geological features. Man-caused erosion by crop tillage and land uses for grazing and construction exceeds natural erosion by 15 times.<sup>6</sup> The consequences of heavy use of raw materials can be felt in very unbalanced manners. For example, in some areas phosphates are badly needed, mainly for fertilizing. In other regions, however, the intensive application of chemical fertilizers has led to eutrophication. Negative and positive effects are not balanced well especially in the case of phosphates, a problem which has been neglected for a long time. If phosphorus is not recycled we are heading for catastrophe.<sup>7</sup>

<sup>2</sup> C. Pfister: The “1950s Syndrome” and the transition from a slow-going to a rapid loss of global sustainability. In: F. Uekötter (ed.): *Turning Points in Environmental History*. Pittsburgh 2010, pp. 90–117.

<sup>3</sup> E.O. Wilson: *The Future of Life*. New York 2002.

<sup>4</sup> A.D. Barnosky et al.: Has the Earth’s sixth mass extinction already arrived? In: *Nature* 471 (2011), pp. 51–57.

<sup>5</sup> S.R. Palumbi: Humans as the world’s greatest force. In: *Science* 293 (2001), pp. 1786–1790.

<sup>6</sup> B.H. Wilkinson: Humans as geological agents. In: *Geology* 33 (2005), pp. 161–164.

<sup>7</sup> D. Cordell et al.: The story of Phosphorus: Global food security and food for thought. In: *Global Environmental Change* 19 (2009), pp. 292–305.

Fig. 8-5: Changes in Greenhouse Gases.

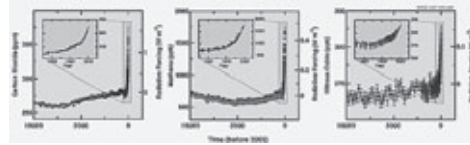
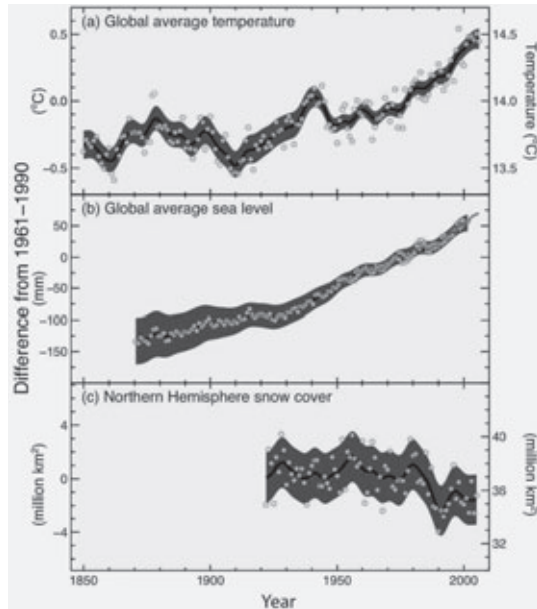


Fig. 8-6: Changes in temperature, sea level and northern hemisphere snow cover.



Since the beginning of this accelerating impact of mankind's activities we have started a new geological epoch: the Anthropocene. Mankind is doing things that nature never did and influences actively the process of evolution. In addition prognoses and prediction play a much larger role in planning deliberate action, although prognosis dates back at least to the essay by Thomas Robert Malthus of 1798 on the principle of population, predicting the limits for the increasing of human population due to the bounded growth of resources.<sup>8</sup> At the end of the 19<sup>th</sup> century debates on the scarcity of nitrogen compounds for fertilizers were fierce and led to the invention of numerous technical

<sup>8</sup> T.R. Malthus: An Essay on the Principle of Population. London 1798.

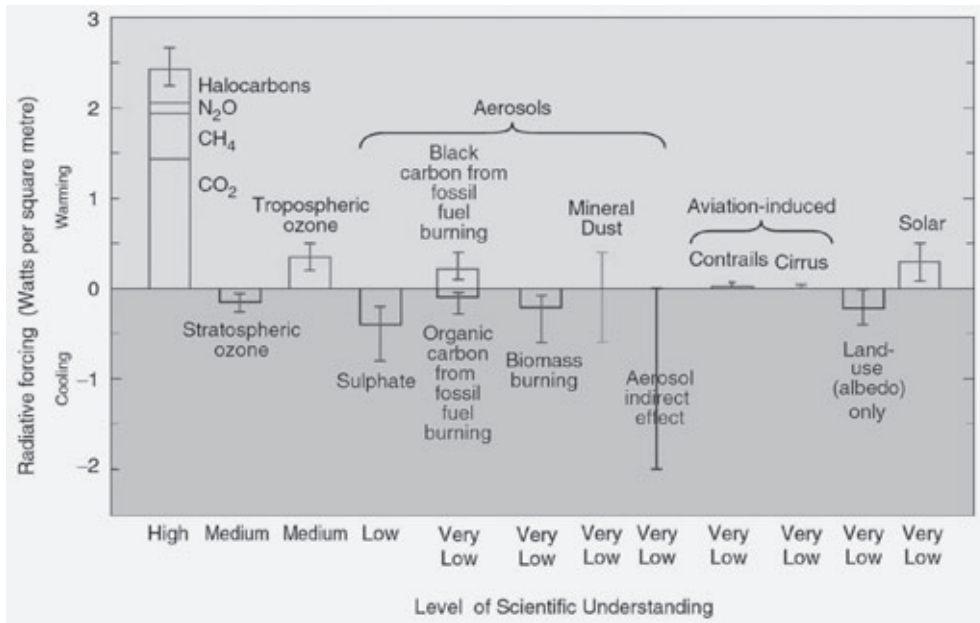


Fig. 8-7: Global mean radiative forcing of the climate system for the year 2000, relative to 1750.

processes for making use of the nitrogen available in the air.<sup>9</sup> Technical solutions such as the Haber-Bosch-Process for the fixation of nitrogen have solved the problem only in the midterm perspective. Arguably they have made the situation worse in giving rise to almost unhindered increase of the modern agricultural industry.

Among the most obvious markers for the Anthropocene are the changes in greenhouse gas concentrations available from ice-core and modern data. Carbon dioxide, methane and nitrous oxide show a dramatic increase in the modern period. If we look at the changes of temperature, of sea level and the northern hemisphere snow cover, we recognize that the correlation with greenhouse gas emissions is a valid one.

<sup>9</sup> Dietrich Stoltzenberg: Fritz Haber. Chemiker, Nobelpreisträger, Deutscher, Jude. Weinheim/New York/Basel/Cambridge 1994, pp. 133–186 (English edition: Fritz Haber: Chemist, Nobel Laureate, German, Jew: A Biography. Philadelphia 2004.)

A unique table of the IPCC third assessment report shows the variability of the anthropogenic impact (see fig. 7). It states the global mean radiative forcing caused by atmospheric changes. Especially noteworthy here is that the level of scientific uncertainty is great. We simply do not know much about the consequences of our actions. This applies especially to the increased albedo effect. This backscattering of solar radiation from the surface of particles and clouds in the atmosphere is largely cooling, with the exception of black carbon. However the warming up of the earth climate is an evident phenomenon. Observations on air and ocean temperatures, on snow and ice cover and the rising global sea level are clear and unambiguous. Expectations of the rise of average global surface temperature are between 2.0 to 4.5 °C by the year 2100. Conservative estimates of sea level rise are between 19–58 cm in the same period, while Stefan Rahmstorf's prediction exceeds this by a factor of approximately 2.5.<sup>10</sup>

Cleaning up the atmosphere from air pollution will warm the troposphere, enhancing the greenhouse effect. The opposite is the case when particles are added to the atmosphere. If that is done deliberately, the effect can go under geo-engineering. In a few cases stabilization of atmospheric concentrations has occurred. For example the banning of CFCs has met the required reduction. This is a non negligible part of the overall increase of greenhouse gases. However, for stabilizing concentrations of carbon dioxide and nitrous oxide at current levels, reductions in the emission of 60 % in the case of carbon dioxide and 70–80 % in the case of nitrous oxide have to be met. But the emissions still continue to increase. The conditions for the long term stabilization of concentration of methane are not clear yet, which is especially due to the unknown effects of the thawing of permafrost.

There do exist a couple of feedback loops, both positive and negative. For example only a slight increase of acidity of the ocean water hinders carbonate-secreting organisms building their skeletons. As a consequence, the ocean water cannot contain as much carbon dioxide as before.<sup>11</sup> Another example is that an increase of global temperature causes the melting of the permafrost which leads to additional releases of carbon dioxide and methane. This, of course, in turn leads to additional rises in temperature.

The scale of the problem is most visible when we study the situations in the Arctic. "Studies indicate that the Arctic oceans ice cover is about 40% thinner than 20–40 years ago."<sup>12</sup> Robert Corell, Chairman of the Arctic Climate Impact Assessment, stated in

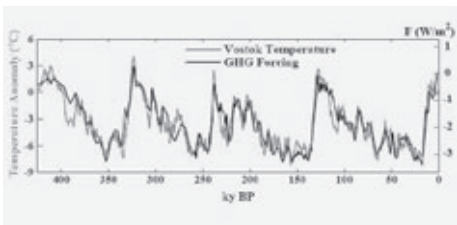
<sup>10</sup> S. Rahmstorf: A semi-empirical approach to projecting future sea-level rise. In: *Science* 315 (2007), pp. 368–370.

<sup>11</sup> K. Caldeira, M.E. Wickett: Anthropogenic carbon and ocean pH. In: *Nature* 425 (2003), p. 365.

<sup>12</sup> B. Goss Levi: The Decreasing Arctic Ice Cover. In: *Physics Today* 53 (2000), p. 19.



*Fig. 8-8: Sudden thawing, here in the Noatak National Preserve, Alaska.*



*Fig. 8-9: Greenhouse gas forcing and Vostok temperature.*

November 2004 that the pace of the dramatic climate change going on in the Arctic is on the order of two to three times as much as in the rest of the world.<sup>13</sup>

The long term stability of the correlations of greenhouse gas forcing and the Vostok-Temperature clearly shows that we cannot escape a vicious cycle. Increase in greenhouse gas concentration is unequivocally related to the increase of temperature. Consequently there are two lessons to be learned: we have to reduce the emissions of greenhouse gases, and next to it we may choose to actively engage in counter-measures. A study by the Royal Society has investigated the efficacy of injecting very large amounts of sulfur into the stratosphere. We are talking about approximately 1–2 Tg of sulfur per year. This very drastic action has to be followed up in the long term, should the cooling be affected. Due to the large uncertainties involved, we propose to study the resulting albedo scheme. But we think that it should only be applied if climate change will be dramatic. Too many questions are still unresolved. Among them are the particle effects on long wave radiation, ozone loss, cirrus effects, etc. Above all geo-engineering must not question our determination to reduce emissions of greenhouse gases.

We have shown that since the beginning of the industrial revolution in the mid 18th century human actions have influenced biological, geological and meteorological features

<sup>13</sup> R.W. Corell: Statement of the Arctic Climate Impact Assessment, 16. 11. 2004, <http://www.acia.uaf.edu/PDFs/Testimony.pdf> (retrieved 15. 8. 2012).



on earth. For the immediate future the anthropogenic impact will be felt regardless of any measures we will take. Thus, I have proposed to name a new geological epoch, the Anthropocene, taking into account the large and permanent impact of man. It is a curious incidence of history that at the very beginning of the Anthropocene stood two of its closely related decisive features: James Watts design of the steam engine in 1784 is the symbol of an unbound use of fossil fuels, and roughly at the same time the first scientific analyses indicated the start of the increase in concentration of carbon dioxide and methane in air. Thus, doing and measuring went hand in hand from the start. As measuring is the sine qua non for prognosis, we may state that two of the important characteristics of the Anthropocene have been with us for a long time. Science and industry seem to be mirror image twins also in this perspective. Scientists pondered on the impact of human interventions on the environment already in the nineteenth century. And in the first half of the 20th century such diverse scholars as the Russian geologist Vladimir I. Vernadsky (1863–1945) and the catholic theologian and geologist Pierre Teilhard de Chardin (1881–1955) brought up the notion “noosphere” encompassing the world of thought.<sup>14</sup> We may share the implicit optimism that human brainpower will solve the challenging problems in front of us. However, the rapid quantitative expansion of mankind eats up much of our scientific and technical accomplishments. Especially frightening is the fact that all of what has happened so far has been caused by only a part of the world’s population.

Alone by this, the earth will warm up by 2–4.5°C in this century, according to the intergovernmental panel on climate change. Next to the risk involved in quantitative development, there are many qualitative uncertainties. For example if the ozone-destroying chlorine would chemically behave like the closely related element bromine we would not just see the ozone hole in Antarctic spring. We would experience it as a year-round and global effect. It was just luck and not our scientific intelligence, helping us out of a potential global catastrophe. This we know because the effects of halogens on the ozone layer have been studied intensively since 40 years. But there are many more scientific riddles waiting. We do not know the effects of the many toxic and carcinogenic substances that we release day by day into the environment. It is thus a mandatory task lying ahead for scientists and engineers to counsel society on the way towards a sustainable future. Because mankind is actively involved for the better or the worse, this will impart large-scale geo-engineering projects. As these projects are both political and scientific in character we call for a new deal involving science and politics.

<sup>14</sup> Cf. G.S. Levit, Lennart Olsson: ‘Evolution on rails’. Mechanisms and levels of orthogenesis. In: *Annals for the History and Philosophy of Biology* 11 (2006), pp. 97–136, on pp. 124–128.

## 8.2. Paul Crutzen im Interview\*

**Carsten Reinhardt:** Wie sind Sie zur Meteorologie gekommen?

**Paul Crutzen:** Ich habe zuerst Tiefbauingenieur studiert. Ich wollte eigentlich Wissenschaftler werden. Eines Tages sah ich eine Annonce in einer Zeitung, wo ein Programmierer gesucht wurde. Und da habe ich mich beworben. Ich wusste nicht, was Programmieren war, aber das habe ich dann gelernt, und ich bekam eine Anstellung in einem Meteorologischen Institut der Universität Stockholm. Das war damals das Mekka der Meteorologieforschung. Ich habe mich beworben und aus 80 Bewerbern wurde ich gewählt. Glück gehabt. Und das Schöne dabei war, dass ich dort an der Universität war und neben dem Programmieren von Zeit zu Zeit Vorlesungen folgen konnte. So bekam ich meinen Eintritt in die akademische Welt. Eine Arbeit, die mir besonders gefallen hat, war über Ozon. [...] Allmählich bekam ich die Freiheit, selbst Wissenschaft zu betreiben, also nicht nur Programmieren, sondern auch Nachdenken über das, was in der Atmosphäre passiert. Da ich schon mit dem Ozonproblem beschäftigt war, habe ich das ausgeweitet und dann entdeckte ich die große Bedeutung der Stickoxide. Stickoxid in der Troposphäre erzeugt Ozon, während es in der Stratosphäre Ozon zerstört. Und das war ein Volltreffer. Der wurde dadurch verstärkt, dass damals die Überschallflugzeuge gebaut wurden, die  $\text{NO}_x$ , Stickoxid, emittieren. Mein Interesse an der Atmosphärenchemie, daran wie es sich wirklich in der Natur abspielt, hatte damit eine größere Bedeutung. So kam ich rein und als ich einmal den Erfolg hatte ... dann leckt man Blut und kann nicht mehr raus.

**Reinhardt:** Wann war denn für Sie das erste Erlebnis, bei dem Sie – in atmosphärischen Dimensionen gedacht – festgestellt haben, dass es menschlich gemachte Veränderungen des Klimas gibt? War es für Sie eine Überraschung, das festzustellen?

**Crutzen:** Nein, den Stickoxiden habe ich die Bedeutung direkt angesehen. Und ich wusste dann auch, dass es eine besondere Bedeutung für die Menschheit hat, dass gefährliche Strahlung durch Ozon ausgefiltert wird. Ich hatte damals noch meiner Frau meine erste Publikation mit den Stickoxiden gewidmet. Ich habe geschrieben: "Let's hope that it doesn't disturb our future too much."

**Gregor Lax:** Wie war die Situation, in der Sie ans MPI für Chemie gewechselt sind?

<sup>1</sup> Der folgende Text besteht aus Auszügen eines Interviews, das Carsten Reinhardt und Gregor Lax am 17. 11. 2011 mit Paul Crutzen am MPI für Chemie in Mainz geführt haben.

**Crutzen:** Wir hatten schon Interesse, wieder nach Europa zurückzukommen, besonders meine Frau. Wir waren sechs Jahre in den Vereinigten Staaten, und eines Tages bekam ich einen Anruf. Das geschah 1979, da wurde ich gefragt, ob ich nicht interessiert wäre, zur Max-Planck-Gesellschaft zu wechseln.

**Reinhardt:** Was fanden Sie hier in Mainz vor? Wie war das Institut für Sie, wie hat sich das dargestellt?

**Crutzen:** Als ich hierher kam, standen Programmieren und Modellbeschreibungen im Mittelpunkt meines Interesses. Dann hat man die Ressourcen beantragt und auch bekommen. Meine ersten Schüler habe ich dann auch hier im Institut gehabt. Und mehrere Mitarbeiter, auch mehrere Studenten aus Holland kamen herüber, die als Professoren wieder zurück nach Holland gingen oder hier Professor wurden. Einer davon, Jos Lelieveld, wurde auch mein Nachfolger, also wissenschaftlicher Abteilungsleiter des Instituts. Inzwischen sind es nicht mehr eine, sondern drei Abteilungen, die sich mit Atmosphärenchemie, -physik und Biogeochemie beschäftigen. So hat es sich erweitert.

**Reinhardt:** War das ein Plan von Ihnen und den Kollegen oder hat sich das so ergeben?

**Crutzen:** Wenn man Möglichkeiten hat, wenn man an einem interessanten Thema arbeitet, dann hat man nie zu viele Mitarbeiter. Man hat mehrere Studenten, die Studenten werden promovieren, einige bleiben, einige gehen weg. Aber wir haben auch immer sehr gute Verbindungen zu unseren Studenten gehabt.

**Reinhardt:** Was sind für Sie, von heute aus gesehen, Ihre wichtigsten wissenschaftlichen Leistungen?

**Crutzen:** Die Bedeutung der Stickoxide. Dann das Ozonloch, die Erklärung durch meine Mitarbeiter und durch mich dafür, das war ein Treffer. Und dann die neueren Arbeiten. Man will ja pflanzenartige Stoffe entwickeln, die man verbrennen und damit das CO<sub>2</sub>-Problem erleichtern kann. Und ich habe in einer Studie bewiesen, dass sich das nicht lohnt. Denn was man vergessen hat, ist folgendes: Damit Pflanzen wachsen, brauchen sie Stickstoff und das bedeutet, Stickstoff wird dann wieder in Lachgas, N<sub>2</sub>O, überführt und Lachgas ist, was seine Klimawirksamkeit betrifft, dreihundertmal stärker als CO<sub>2</sub>. Die Vorteile, die man hatte, indem man einen Teil des CO<sub>2</sub> aus Pflanzenmaterial holt, werden zunichte. Jedenfalls zu viel davon. Das war schon eine wichtige Sache. Und dann Geo-Engineering, das ist ja inzwischen eine große Aktivität geworden. [...] Ursprünglich war mein Ziel, nur reine Wissenschaft zu machen. Und das war zum Beispiel 1970 die Situation. Es wurde dann bekannt, dass die Amerikaner, Russen, Franzosen

und Engländer den Überschallflug planen und wenn sich Überschallflüge verbreiten, dann bilden sich dabei Stickoxide. Und hier unten entstehen Stickoxide durch die Verbrennung von fossilen Brennstoffen. Das waren zwei Sachen, die ich deutlich gesagt habe. Am Anfang allerdings nicht wegen ihrer politischen Bedeutung, sondern rein wissenschaftlich. Bis man entdeckte, dass dies mehr als reine Wissenschaft ist. Der Mensch hat seine Finger im Spiel. Und das ist dann ein wichtiger Teil meiner Forschung geworden. [...] Ich gehe ein bisschen zurück. An der Universität Stockholm hatte sich ein großer Teil der Mitarbeiter dem „Sauren Regen“ gewidmet. Und ich sagte, ich will nichts damit zu tun haben, ich mache meine reine Wissenschaft mit den Stickoxiden. Bis ich dann selbst entdeckte, dass das, womit ich arbeite, Relevanz hat, menschliche Relevanz. Und nachher wurde mir klar, dass, wenn man sich wissenschaftlich mit dem Gebiet der Atmosphärenforschung beschäftigt, man den Einfluss der Menschen überhaupt nicht weglassen kann. Wir spielen überall eine Rolle. Und deshalb das Wort Anthropozän.<sup>15</sup>

**Lax:** Sie haben dann in den 80er Jahren hochpolitische Studien verfasst.

**Crutzen:** Nuklearer Winter.<sup>16</sup> Als Folge eines hypothetischen weltweiten Atomkrieges entstehen riesige Brände in Wäldern, Industrien und Städten, wobei die Rauchpartikel das Sonnenlicht absorbieren, sodass es am Erdboden dunkel und kalt wird. Die Folgen wären Hungersnöte. Die direkten Folgen eines Atomkrieges würden von den indirekten klimatischen Folgen überschattet werden. Mehr Menschen würden getötet, einschließlich der nicht in den kriegführenden Ländern Lebenden. Diese Idee ist wohl die wichtigste, die ich je hatte.

**Reinhardt:** Der Nukleare Winter, dann „Das Ende des blauen Planeten?“<sup>17</sup> Schon fast – ich will nicht Auftragsstudie sagen – aber von der Politik angeregt. Schlagen sich diese öffentlichen Debatten, die um solche wissenschaftlichen Publikationen entstehen, auch auf die Debatten in der Wissenschaft selbst nieder? Werden die Diskussionen, die in der Wissenschaft fachlich geführt werden also vielleicht manchmal draußen ausgetragen? Über die Öffentlichkeit?

**Crutzen:** Ja. Wenn man denkt, dass da seiner Meinung nach wichtige Resultate vorliegen, dann hat man auch die Verpflichtung, das den Politikern und der allgemeinen Mensch-

<sup>15</sup> Siehe hierzu den vorausgehenden Artikel von Paul Crutzen.

<sup>16</sup> Vgl. Paul J. Crutzen, John W. Birks: The Atmosphere after a Nuclear War: Twilight at Noon. In: Jeannie Peterson (Hrsg.): Nuclear War. The Aftermath. Oxford 1983, S. 73–96.

<sup>17</sup> Paul Crutzen/Michael Müller (Hrsgg): Das Ende des blauen Planeten? Der Klimakollaps: Gefahren und Auswege. München 1989.

heit zu erklären. Das ist einfach wichtig. Es hat keinen Sinn, das nur für sich selbst zu behaupten. [...] Um ein Beispiel zu nennen: Damit CO<sub>2</sub> nicht weiter ansteigt, müsste man die Emissionen von CO<sub>2</sub> um 60 Prozent zurückfahren. Was man stattdessen sieht ist, dass von Jahr zu Jahr drei Prozent Zunahme der Emissionen stattfindet. Da ist also eine riesige Lücke. Ich hoffe es, aber ich kann kaum glauben, dass das durch eine Konferenz wie in Durban<sup>18</sup> gelöst werden kann.

**Lax:** Haben Sie sich an den öffentlichen Diskussionen aktiv beteiligt?

**Crutzen:** Ja. Besonders, da ich Mitglied einer Enquete-Kommission des Bundestags wurde. Sie kennen das, die Hälfte sind Wissenschaftler, die Hälfte Politiker und man nimmt sich ein Thema. Und das war hier: Klimafolgen und auch der Einfluss der Aktivitäten der Menschheit auf die Chemie in der Atmosphäre. Das war eine sehr gelungene Erfahrung, die ich da gemacht habe. Ich muss sagen, ich war erstaunt darüber, wie schnell die Politiker begriffen, womit wir uns beschäftigen. Es war eine positive Überraschung.

**Lax:** Sie haben 1985 die Studie „Schwarzer Himmel“<sup>19</sup> mit herausgegeben, und 1986 war Tschernobyl. Können Sie uns sagen, was Sie da gedacht haben?

**Crutzen:** Das ist schwer zu beantworten. Tschernobyl passierte, als ich mit einer Gruppe von der Enquete-Kommission in Bonn tagte und da, mitten in unserem Gespräch musste Minister Riesenhuber den Raum verlassen. Dann kam er zurück und war total geschockt, weil dieser Super-GAU entdeckt worden war. Und was denkt man? Ja, man dachte: Vielleicht geht die Welt unter. Ist nicht geschehen. Und jetzt hat man Japan. Deutschland wird jetzt auf natürliche Brennstoffe übergehen. Aber ob man das schafft, ohne mehr Kohlenstoff zu benutzen, das ist fraglich.

**Reinhardt:** Wurde das auch in Ihrer Gruppe diskutiert?

**Crutzen:** Wir haben relativ wenig politisch diskutiert. Sicher nicht parteipolitisch. Da haben wir überhaupt nicht diskutiert. Aber über den Nuklearen Winter ... da waren natürlich einige Mitarbeiter mit beschäftigt. Aber verglichen mit meinem Engagement nur relativ wenig.

**Reinhardt:** Der Begriff Anthropozän, welche Rolle spielt der in diesen Debatten? Denken

<sup>18</sup> In Durban, Südafrika, fand zwischen dem 28. 11. und dem 11. 12. 2011 die UN-Klimakonferenz statt.

<sup>19</sup> Paul Crutzen et al. (Hrsgg.): Schwarzer Himmel. Auswirkungen eines Atomkrieges auf Klima und globale Umwelt. Frankfurt a.M. 1986.

Sie, es wird sich jetzt vielleicht etwas dadurch verändern, dass wir erkennen, dass wir etwas so Grundlegendes auf diesem Erdball verschieben und ein neues Erdalter ausrufen? Denken Sie, dass wir damit sozusagen im allgemeinen Bewusstsein, im öffentlichen Bewusstsein vielleicht doch eine Veränderung erreichen können?

**Crutzen:** Wenn das passieren würde, wäre ich überglücklich, natürlich.

**Reinhardt:** Wie sind Sie auf den Begriff Anthropozän gekommen?

**Crutzen:** Bei einer Tagung in Mexiko. Ich war Mitglied einer Kommission, und da sprach der Vorsitzende die ganze Zeit über das Holozän. Plötzlich schlug es bei mir ein, dass wir ja nicht mehr im Holozän sind. Im Holozän war der menschliche Einfluss ja gering. So sagte ich: "We are no longer in the Holocene, we are in the Anthropocene." Und das ist eingeschlagen wie ... also, es wurde plötzlich still im Zimmer und während der Kaffeepause war das das Thema der Diskussion.

**Reinhardt:** Das heißt, es war wirklich eine spontane Eingebung?

**Crutzen:** Ja. Es war plötzlich.

**Reinhardt:** Sie haben später auch über Geo-Engineering geschrieben. Kann man die Probleme ingenieurmäßig wieder in den Griff kriegen?

**Crutzen:** Der Grund, warum ich das Paper in *Climatic Change*<sup>20</sup> geschrieben habe war eigentlich, dass ich die Menschen aufrütteln wollte. Ich wollte klarmachen, welche ernsthaften Einschnitte wir in das Klima und die Atmosphärenchemie vornehmen. Wenn wir weiter so machen, dann sind die Folgen nicht zu übersehen. Das Allerwichtigste ist, dass man die Emissionen von CO<sub>2</sub> reduziert. Das ist Nummer Eins. Aber davon haben wir bisher noch nichts gesehen. Und deshalb wollte ich nochmals klarstellen, wie gefährlich die Situation ist. Als Gegenmaßnahme käme Geo-Engineering infrage.

**Reinhardt:** Welche Resonanz gab es darauf?

**Crutzen:** Ja, das gab natürlich heftige Gegenreaktionen.

**Reinhardt:** Warum diese Anti-Haltung auch aus der Wissenschaft?

**Crutzen:** Man schraubt an der Natur. Das ist immer unschön. Vielleicht ist es auch ein bisschen der alte Gedanke, dass der Mensch so viel weniger als die Natur ist. Was verges-

<sup>20</sup> Paul J. Crutzen: Albedo enhancement by stratospheric sulfur injections. A contribution to resolve a policy dilemma? An editorial essay. In: *Climatic Change* 77 (2006), S. 211–219.

sen wird ist, dass wir schon ziemlich lange auf dem Wege sind, die Zusammensetzung der Atmosphäre und der Umwelt zu verändern. Das fing nicht erst neuerdings an, sondern vielleicht vor 10.000 Jahren mit der Landwirtschaft. Wir sind einfach zu stark geworden. Wir sind so stark geworden, dass die Natur sich nur zurückziehen kann.

**Reinhardt:** Sie haben gesagt, 1970 wollten Sie reine Wissenschaft machen und Sie sind quasi mit Ihrem Thema in eine politische Geschichte geraten. Ich frage mich, ob es da nicht eine grundlegende Spannung gibt, die man schlecht auflösen kann. Sie haben das große Interesse an diesen mathematischen Modellen, die aber sofort übersetzt werden in die ökonomische, politische, ökologische Wirklichkeit. Sodass ich mir denke, man braucht ja schon so eine Art Distanz, um diese abstrakten Modelle dann zu ihrem Recht kommen zu lassen.

**Crutzen:** Jaja. Reine Polemik hilft da nicht viel.

**Reinhardt:** Wie macht man das, wie machen Sie das?

**Crutzen:** Ich habe keine große Schwierigkeit damit. Manchmal war es hart, wenn man angegriffen wurde, wie mit dem Geo-Engineering zum Beispiel. Oder viel früher, als die Industrie die FCKWs als unschädlich beschrieb. Aber mir hat das nicht geschadet. Das ist ein bisschen wie ein Dilemma, das mich wahrscheinlich gesund gehalten hat. Es war eben doch so, dass die Wissenschaft, die man macht, schön ist. Man entdeckt neue Sachen, man hat oft ein Glücksgefühl, oder man stellt sich die Frage: „Wie ist es möglich, dass ich sowas entdecke, warum hat keiner das vorher gemacht?“ Es ist ein Glücksgefühl zu wissen, dass diese Gedanken so bedeutsam sind und dass ich dahinter gekommen bin. Es klingt sehr egozentrisch, aber so ist es nun einmal.

**Reinhardt:** Wie wichtig war der Nobel-Preis für Sie?

**Crutzen:** Ich hatte ihn nicht erwartet. Meine Beschäftigung ist doch zu politisch. Ich hatte kein Stück damit gerechnet. Es wurde manchmal diskutiert, aber ich habe gesagt: Den wird es nie geben. Als es dann passierte, war es ein absoluter Schock für mich. Die Geschichte ist interessant. Wir waren nach längerer Zeit mal im Urlaub und kamen von einem Spaziergang durch Cordoba zurück ins Hotel. Und ich hatte schon den Eindruck, dass die Leute mich merkwürdig anschauen, aber wir gingen zum Hotelzimmer. Wir wollten uns fertig machen, um was zu essen und dann sagte meine Frau auf einmal: „Du Paul, Du hast den Nobel-Preis.“ Und ich war geschockt. Es war kein Glücksgefühl am Anfang, es war mehr ein Schock. Ich hatte absolut nicht damit gerechnet. Am nächsten Morgen sind wir dann abgehauen nach Sevilla und sind für fünf Tage untergetaucht. Als





wir nach Mainz zurückkamen, da war das Haus, in dem wir wohnen, bunt dekoriert. Die Tür des Hauses war dekoriert, von den Nachbarn. Am nächsten Tag wurde mir gesagt, ich sollte nicht zur Arbeit kommen. Stattdessen wurde ich abgeholt und mit einer Kutsche zum Institut gefahren. Es war lustig am Ende, aber als ich das hörte, dass ich einen Nobel-Preis bekommen habe, war das eine absolute Überraschung und am Anfang überhaupt kein Glücksgefühl. Das kam dann später.



## 9 Forschungsausblick

Jos L e l i e v e l d

Der heutige Forschungsblick unseres Instituts richtet sich auf das System Erde und im Besonderen auf die chemischen Prozesse in der Atmosphäre und die Wechselwirkungen der Atmosphäre mit Ozean, Böden, Biosphäre und Menschen. Laboruntersuchungen und numerische Modellrechnungen ergänzen Feldstudien und Beobachtungen von Naturphänomenen. Derzeit arbeiten drei wissenschaftliche Abteilungen am Institut, eine vierte befindet sich gerade im Aufbau und eine weitere ist in Planung.

Die Abteilung Partikelchemie wird von Prof. Dr. Stephan Borrmann geleitet und ist eine gemeinsame Einrichtung unseres Instituts und der Universität Mainz. Hier gilt das Forschungsinteresse den chemischen und physikalischen Prozessen, die die Entstehung der Wolken bestimmen, denn der Einfluss von Wolken auf das Klima gehört zu den noch unzureichend verstandenen klimarelevanten Prozessen. Wolken in großer Höhe, die sogenannten polaren Stratosphärenwolken, spielen darüber hinaus eine wichtige Rolle bei der Ozonerstörung über den Polen. Zudem analysieren Wissenschaftler der Abteilung Staubpartikel aus Meteoriten und Kometen, um die Prozesse im Inneren von Sternen und im Zusammenhang mit der Materie in unserem Planetensystem zu untersuchen.

Die Abteilung Biogeochemie wurde im Beitrag von Prof. Dr. Meinrat O. Andreae bereits vorgestellt. Sie befasst sich im Wesentlichen mit dem Austausch von Spurengasen und Aerosolen zwischen Biosphäre, Hydrosphäre und Atmosphäre. Zu den Forschungsschwerpunkten gehören die Bildung von Aerosolteilchen und deren Effekte auf das Klima, der Einfluss von Vegetationsfeuern auf die Ökologie sowie Veränderungen der globalen Kreisläufe von Spurenstoffen. Die Untersuchung des Amazonasgebietes bildet einen weiteren wichtigen Schwerpunkt. 2010 wurde die Abteilung Geochemie in die Abteilung Biogeochemie integriert. Die entstandene Gruppe erforscht biogeochemische Prozesse in den Ozeanen und die zeitliche Entwicklung von Klimaprozessen.

Meine Abteilung, die Abteilung Chemie der Atmosphäre, untersucht Photooxidationsmechanismen, die von zentraler Bedeutung für die Selbstreinigung der Atmosphäre sind. Außerdem erforschen wir, wie sich Änderungen in der Atmosphärenzusammensetzung auf das Klima auswirken. Die Abteilung entwickelt hochempfindliche Instrumente, um

Spurengase sowie reaktive Radikale zu messen und photochemische Reaktionsketten zu bestimmen. Unsere Untersuchungen umfassen Laborstudien, Feldmessungen an Bord von Flugzeugen und Schiffen sowie Satellitendaten. Wir entwickeln zudem Computer-Modelle, um die Wechselwirkung von chemischen und meteorologischen Prozessen zu simulieren, und untersuchen den klimatischen Einfluss von Änderungen in der Zusammensetzung der Atmosphäre.

Studien unseres Instituts zeigten vor kurzem, dass ein Großteil der organischen Spurengase, die primär durch die Vegetation freigesetzt werden, noch nicht identifiziert ist. Diese Emissionen beeinflussen in erheblichem Maße die Chemie der Atmosphäre sowie die Bildung, die Zusammensetzung und den klimatischen Einfluss von Aerosolen und Wolken. Ausgehend von dieser Fragestellung wurde die Abteilung Multiphasenchemie gegründet. Als Abteilungsdirektor wurde PD Dr. Ulrich Pöschl berufen. Das Ziel der neuen Abteilung ist die Erforschung der chemischen und physikalischen Prozesse, welche die Bildung und Wechselwirkung organischer Aerosole mit Wolkentropfen und Eisparkeln kontrollieren. Weitere Forschungsthemen sind die Einflüsse und Mechanismen von biologischen Aerosolpartikeln und Multiphasenprozessen auf das Erdsystem und die öffentliche Gesundheit. Für die Abteilung Biogeochemie planen wir, die ehemals geochemischen Forschungsgebiete in Richtung Erdsystemforschung weiterzuentwickeln. Hierzu zählt beispielsweise die Paläoklimaforschung, die an Hand von erdgeschichtlichen Relikten konkretere Aussagen über frühere Klimaeinflüsse geben kann. Aus der Entstehungsgeschichte und der bisherigen Entwicklung der Erde erhoffen wir uns bessere Vorhersagen über zukünftige atmosphärische und klimatische Veränderungen.

Ein weiterer Schwerpunkt fällt in den Bereich Erde und Anthropozän, wie im Beitrag von Prof. Dr. Paul Crutzen beschrieben. Damit wollen wir die Fragen aufgreifen, die sich besonders hinsichtlich des Einflusses des Menschen durch extensive Urbanisierung und Industrialisierung auf das Erdsystem stellen. So sollen zum Beispiel die Wechselwirkung zwischen Landoberfläche und Atmosphäre, die Effekte von anthropogenen Aerosolen auf die Wolkenbildung und der Einfluss anthropogener Einträge in die Ozeane untersucht werden.

Die Erdsystemforschung, die heute im Forschungsmittelpunkt steht, scheint mit der Radiochemie der 1930er bis 1960er Jahre oder der Erforschung von Mond und Mars auf den ersten Blick nicht viel gemein zu haben. Dabei verbinden die chemische Analyse und die Aufklärung physikalisch-chemischer Prozesse frühere, jetzige und zukünftige Arbeitsgebiete des Instituts. Das macht uns stolz, auch nach 100 Jahren den Namen Max-Planck-Institut für Chemie zu tragen. Methodisch stellt insbesondere die Massenspektrometrie eine verbindende Klammer zwischen unseren Forschungsbereichen dar. In



der Radiochemie, Isotopengeochemie und Paläoklimaforschung ebenso wie in der Analyse von Nanopartikeln und Spurengasen war und ist diese Technik ein hervorragendes Mittel, um atomare und molekulare Prozesse im Detail zu verstehen. Dementsprechend wird auch zukünftig ein Arbeitsschwerpunkt des Instituts im Bereich der Methodenentwicklung liegen.

Da das detaillierte Verständnis der chemischen Prozesse in Atmosphäre, Biosphäre und Geosphäre die Voraussetzung ist, um Voraussagen und Vorsorge für die Zukunft unseres Planeten zu treffen, ist die Fokussierung des Max-Planck-Instituts für Chemie in Richtung Erdsystemforschung die konsequente Fortführung seiner ereignisreichen Geschichte.





## 10 Chronik des Kaiser-Wilhelm- / Max-Planck-Instituts für Chemie

zusammengestellt von Horst K a n t und Gregor L a x

Der Chronik liegen im Wesentlichen folgende Quellen zu Grunde [als Grundlage gilt (1)]:

- (1) Eckart Henning, Marion Kazemi: 100 Jahre Kaiser-Wilhelm-/Max-Planck-Gesellschaft zur Förderung der Wissenschaften. Berlin 2011. – Hier auch detailliertere Archivangaben zu vielen Daten.
- (2) Eckart Henning, Marion Kazemi: Chronik der Max-Planck-Gesellschaft zur Förderung der Wissenschaften 1948–1998. Berlin 1998.
- (3) Tätigkeitsberichte der KWG/MPG sowie des KWI/MPI für Chemie
- (4) Senats- und Verwaltungsratsprotokolle der KWG/MPG

(Anmerkung: Die zu den verschiedenen Zeitpunkten angegebenen Institutsstrukturen erfassen nicht alle Umstrukturierungen und Umbenennungen, sondern sollen die Institutsentwicklung nur in groben Zügen widerspiegeln.)

- |            |  |
|------------|--|
| 1905       | Plan zu einer Chemischen Reichsanstalt nach dem Vorbild der Physikalisch-Technischen Reichsanstalt (PTR).  |
| 07.03.1908 | Gründung des Vereins „Chemische Reichsanstalt“; designierter Präsident der geplanten Chemischen Reichsanstalt wird Ernst Otto Beckmann (1853–1923), o. Prof. für angewandte Chemie in Leipzig.               |
| 11.01.1911 | Gründungsversammlung der Kaiser-Wilhelm-Gesellschaft zur Förderung der Wissenschaften (KWG) in Berlin. Vortrag von Emil Fischer (1852–1919, NP 1902): „Neuere Erfolge und Probleme der Chemie und Biologie“. |
| 23.01.1911 | Adolf (von) Harnack (1851–1930) wird vom Senat der KWG zum Präsidenten der Gesellschaft gewählt.   |

- 23.12.1911 Der Verein Chemische Reichsanstalt und die KWG schließen einen Vertrag über die Errichtung eines chemischen Forschungsinstituts als „Kaiser-Wilhelm-Institut für Chemie“.  
Baubeginn für das in (Berlin-)Dahlem, Thielallee 63–67 gelegene Institut unter Leitung des Oberhofbaurates Ernst von Ihne (1848–1917) und Kgl. Baurat Max Guth (1859–1925) war bereits Ende Oktober 2011. Dem Verwaltungsausschuss für das KWI für Chemie gehören an: Emil Fischer (Vorsitzender), Walther Nernst (1864–1941, NP 1920), Franz Oppenheim (1852–1929), Gustav von Brüning (1864–1913) sowie für die preußische Regierung Ministerialdirektor Friedrich Schmidt(-Ott) (1860–1956) bzw. in dessen Vertretung Hugo Andres Krüß (1879–1945). Den wissenschaftlichen Beirat leitet Otto Wallach (1847–1931, NP 1910).
- 15.01.1912 Ernst Otto Beckmann wird vom Verwaltungsausschuss zum Wissenschaftlichen Mitglied und Direktor des KWI für Chemie berufen (zum 01.04.1912), Richard Willstätter (1872–1942) zum Wissenschaftlichen Mitglied (zum 01.10.1912).
- 14.06.1912 Otto Hahn (1879–1968) wird (zum 01.10.1912) zum Wissenschaftlichen Mitglied berufen.
- 23.10.1912 Gemeinsame Einweihung des KWI für Chemie und des KWI für physikalische Chemie und Elektrochemie in Dahlem durch Kaiser Wilhelm II. Das KWI für Chemie verfügt über drei Abteilungen (sowie 1914 über eine Gastabteilung):
- Anorganische und Physikalische Chemie (Ernst Beckmann), 5 Assistenten
  - Organische Chemie (Richard Willstätter), 7 Assistenten
  - Radioaktivität (Otto Hahn) – bald als Laboratorium Hahn-Meitner bezeichnet, 1 Assistent
  - Gastabteilung Carl Liebermann (1842–1914), 2 Assistenten.
- 08.03.1913 Umbenennung des „Vereins Chemische Reichsanstalt“ in „Verein zur Förderung Chemischer Forschung“. Hauptaufgabe ist die Finanzierung des KWI für Chemie.



- 01.10.1913 Lise Meitner (1878–1968), seit 1912 am Institut, wird Wissenschaftliches Mitglied.
- 01.08.1914 Der Erste Weltkrieg bricht aus. Das KWI für Chemie wird wie die übrigen Institute der KWG in den folgenden Jahren in die Kriegsforschung eingebunden.
- 07.08.1915 Alfred Stock (1876–1946) wird zum Wissenschaftlichen Mitglied berufen und übernimmt ab 01.04.1916 eine Abteilung für Anorganische Chemie (Arbeitsschwerpunkt: Bor und Silizium und deren Wasserstoffverbindungen). Da die Räume der bisherigen Abteilung Willstätter während des Ersten Weltkriegs von der Versuchsabteilung des Luftbildkommandos der Flieger- und Luftschifftruppen belegt sind, befindet sich Stocks Abteilung zunächst im 1. Chemischen Universitätsinstitut in Berlin (Direktor: Emil Fischer); Rückkehr ins KWI für Chemie Ende Januar 1919.
- 11.11.1915 Richard Willstätter wird für seine Arbeiten über Pflanzenpigmente (insbesondere zum Chlorophyll) der Nobelpreis für Chemie verliehen. Auf Grund des Ersten Weltkriegs wird er ihm 1916 verspätet überreicht.
- 31.03.1916 Richard Willstätter scheidet aus dem Institut aus und folgt einem Ruf an die Universität München.
- 13.02.1917 Heinrich Wieland (1877–1957) wird bis 1918 als Wissenschaftliches Mitglied des KWI für Chemie berufen, aber dem KWI für physikalische Chemie und Elektrochemie zugeordnet, wo er die Leitung organischer Arbeiten auf dem Gebiet der Kampfreizstoffe übernimmt. – 1927 erhält er den Nobelpreis für Chemie für seine Forschungen über Gallensäure.
- 1917/18 Entdeckung des Protaktiniums (Element 91), des langlebigsten Isotops der Muttersubstanz des Aktiniums, durch Lise Meitner und Otto Hahn.
- 1919 Alfred Stock publiziert die nach ihm benannte Nomenklatur für anorganische Verbindungen.

- 01.04.1921 Kurt Hess (1888–1961) wird Wissenschaftliches Mitglied und baut eine Abteilung für Zellulosechemie auf (damit hat das Institut wieder eine chemisch-organische Abteilung); er übernimmt schrittweise die Räume der Beckmannschen Abteilung.
- 30.09.1921 Ernst Otto Beckmann geht als Direktor in den Ruhestand. Er verkleinert seine Abteilung und arbeitet mit einigen Assistenten in den Räumen der ehemaligen Abteilung Liebermann weiter.
- 01.10.1921 Alfred Stock wird Direktor des KWI für Chemie.
- 1922 Hahn entwickelt die Emaniermethode, die in den Folgejahren zu einer wichtigen Arbeitsmethode der radiochemischen Abteilung ausgebaut wird.
- 1923 Das KWI für Chemie wird zu etwa 80 % von der Emil-Fischer-Gesellschaft zur Förderung der Chemischen Forschung finanziert, da die KWG wegen der Inflation und auch danach nicht in der Lage ist, die Mittel zur Aufrechterhaltung des Institutsbetriebes zur Verfügung zu stellen.
- 1923/24 Meitner und ihr Doktorand Kurt Freitag (1901– ?) bauen eine Wilsonsche Nebelkammer.
- 1924 Die seit etwa 1918 bestehende formale Trennung der Abteilung Hahn/Meitner in eine physikalisch-radioaktive und eine chemisch-radioaktive Unterabteilung wird durch eine Etat-Übereinkunft sanktioniert. Nach außen (z.B. in den Jahresberichten) firmieren sie jedoch weiterhin als Abteilung(en) Hahn/Meitner.
- 12.07.1924 Otto Hahn wird 2. Direktor des KWI für Chemie.
- 1925 Hahn entwickelt radioaktive Methoden zur geologischen Altersbestimmung.
- 30.09.1926 Alfred Stock scheidet aus gesundheitlichen Gründen als Direktor und Wissenschaftliches Mitglied aus und geht an die Technische Hochschule

- Karlsruhe. Am 16.12.1926 wird er zum Auswärtigen Wissenschaftlichen Mitglied ernannt (und bleibt dies bis zu seinem Tod 1946). Otto Hahn übernimmt seine Vertretung.
- 09.12.1927 Richard Willstätter wird zum Auswärtigen Wissenschaftlichen Mitglied ernannt (im März 1937 aus sog. ‚rassischen Gründen‘ aber gestrichen).
- 01.04.1928 Otto Hahn wird Direktor des Instituts und behält dieses Amt bis 1946 inne.  
Das Institut verfügt über zwei Abteilungen (mit 30 wissenschaftlich Arbeitenden):
- Abt. Radioaktivität mit zwei Unterabteilungen:  
chemisch-radioaktive (Otto Hahn)  
physikalisch-radioaktive (Lise Meitner)
  - Abt. Kurt Hess (von 1931 bis 1944 Gastabteilung am KWI für Chemie).
- 1929 Das „Radiumhaus“ im Hof hinter dem Institut wird fertiggestellt (finanziert durch eine Spende der IG Farben-Industrie). Dort können stark radioaktive Stoffe gelagert und untersucht werden.
- 31.12.1930 Kurt Hess scheidet als Wissenschaftliches Mitglied aus, behält aber seine Räume als auswärtiger Mitarbeiter der I.G. Farbenindustrie A.G. und Wissenschaftlicher Gast des Instituts bis zur Zerstörung 1944. Am 30.03.1931 wird er als Auswärtiges Wissenschaftliches Mitglied berufen.
- 1932 Max Delbrück (1906–1981) wird „Haustheoretiker“ in der physikalisch-radioaktiven Abteilung, vertreten im 2. Halbjahr 1936 von Carl Friedrich von Weizsäcker (1912–2007) und im Herbst 1937 gefolgt von Siegfried Flügge (1912–1997).
- 1936/38 In der physikalisch-radioaktiven Abteilung errichtet Hermann Reddemann (1908–1941) eine 200-kV-Hochspannungsanlage für einen Teilchenbeschleuniger.
- 13.07.1938 Lise Meitner flüchtet wegen ihrer jüdischen Abstammung – auf Grund des „Anschlusses“ Österreichs gilt sie nicht mehr als Ausländerin – ins

- Exil nach Schweden und lässt sich als Abteilungsleiterin am KWI für Chemie zum 01.10.1938 emeritieren.
- 19.12.1938 Entdeckung der Uranspaltung durch Otto Hahn und seinen Assistenten (seit 1929) Fritz Straßmann (1902–1980). Anfang Januar des folgenden Jahres liefern Lise Meitner und Otto Robert Frisch (1904–1979) im schwedischen Exil eine physikalische Erklärung.
- 1939 Die langjährigen Assistenten Otto Erbacher (1900–1950) und Kurt Philipp (1893–1964) werden zu Abteilungsleitern (ohne eigene Abteilung) im chemisch-radioaktiven respektive physikalisch-radioaktiven Bereich ernannt.
- 01.02.1939 Josef Mattauch (1895–1976) übernimmt als Nachfolger Lise Meitners die neue Abteilung für Massenspektroskopie im Rahmen der physikalischen Abteilung des KWI für Chemie.  
Aufstellung eines Mattauch-Herzogschen Massenspektrographen. Zu den neuen Mitarbeitern Mattauchs gehören ab 01.05.1939 u.a. Heinz Ewald (1914–1992) und Alfred Klemm (\* 1913), sowie ab Juni 1943 auch Heinrich Hintenberger (1910–1990).
- Okt. 1939 Otto Hahn wird als Mitglied des sogenannten Uranvereins, der unter der Leitung des Heereswaffenamtes steht, verpflichtet, und das Institut wird in Arbeiten zum deutschen Uranprojekt eingebunden.
- 31.07.1941 Josef Mattauch wird zum Wissenschaftlichen Mitglied ernannt.
- 25.07.1942 Der Bau eines Gebäudes hinter dem Institut für einen Kaskadengenerator und Teilchenbeschleuniger wird genehmigt (Minerva-Projekt).
- 01.11.1943 Josef Mattauch wird stellvertretender Direktor des KWI für Chemie.
- 15.02.1944 Das Institut in Berlin-Dahlem wird durch schwere Bombenschäden zu großen Teilen zerstört. Mitte März wird das Institut provisorisch in eine Textilfabrik der Firma Ludwig Haasis nach Tailfingen (heute Albstadt) in Württemberg verlegt. Zwei umliegende Textilfabriken bieten Unterbringungsmöglichkeiten für einzelne Abteilungen.

- 24.03.1944 Weitere Zerstörungen des Institutsgebäudes in Berlin-Dahlem.
- 26.04.1945 Otto Hahn wird in Tailfingen von US-Militärs im Rahmen der ALSOS-Mission verhaftet und kommt am 03.07.1945 nach Farm Hall in britische Gefangenschaft. Die Freilassung erfolgt am 03.01.1946.
2. Halbj. 1945 In noch intakten Gebäudeteilen des KWI für Chemie in Berlin-Dahlem wird eine organisch-chemische Serviceabteilung für das benachbarte KWI für physikalische Chemie und Elektrochemie eingerichtet.
- 15.11.1945 Für die Entdeckung der Kernspaltung wird Otto Hahn der Nobelpreis für Chemie des Jahres 1944 verliehen. Auf Grund seiner Internierung ist ihm die Entgegennahme erst bei der Nobel-Feier am 10.12.1946 möglich.
- 01.04.1946 Hahn übernimmt in Göttingen (britische Besatzungszone) das Amt des Präsidenten der Kaiser-Wilhelm-Gesellschaft, die zunächst in der britischen Zone wieder zugelassen wird.
- 01.07.1946 Fritz Straßmann wird zum o. Professor für Chemie an der neugegründeten Universität Mainz berufen. Zugleich erhält er den Auftrag, die Übersiedlung des KWI für Chemie nach Mainz vorzubereiten. Die französische Militärbehörde stellt für die Universität Mainz und das KWI ein Gelände mit ehemaligen Flakkasernen zur Verfügung. Um Straßmann am Institut zu halten, schlägt Hahn seine Ernennung zum Wissenschaftlichen Mitglied vor, was zum 29.08.1946 realisiert wird.
- 11.09.1946 In Bad Driburg wird die „Max-Planck-Gesellschaft zur Förderung der Wissenschaften e.V.“ mit Geltungsbereich für die britische Zone als Nachfolgeorganisation der KWG gegründet, während in der amerikanischen und französischen Zone sowie in (West-)Berlin die KWG weiter besteht. Hahn wird zum Geschäftsführenden Vorstand gewählt – neben seiner weiterbestehenden Funktion als Präsident der KWG.
- 01.10.1946 Hahn scheidet als Direktor des KWI für Chemie aus und übergibt die Leitung des Instituts, das sich noch in Tailfingen (französische Besat-

zungszone) befindet, stellvertretend an Josef Mattauch. Hahns Abteilung wird in ihrer bisherigen Struktur aufgelöst, Hahn bleibt aber Wissenschaftliches Mitglied des Instituts. Straßmann übernimmt die verbleibende Abteilung für Radiochemie.

- 11.07.1947 Josef Mattauch wird zum Institutsdirektor des KWI für Chemie ernannt. Längere Kur- und wissenschaftliche Arbeitsaufenthalte im Ausland führen jedoch dazu, dass er sich erst ab Frühjahr 1952 dem Institut wieder voll widmen kann.
- 1947 Transport des Hochspannungsgenerators und weiterer Teile aus dem Minerva-Projekt von Tailfingen nach Mainz, wo der Teilchenbeschleuniger unter der Leitung von Fritz Straßmann und Arnold Flammersfeld (1913–2001) aufgebaut wird und ab 1949 in Betrieb geht. Mehrere neue Radio-Isotope konnten damit gefunden werden.
- 26.02.1948 Neugründung der Max-Planck-Gesellschaft e.V. (MPG) zur Förderung der Wissenschaften als Nachfolgeorganisation der KWG (die MPG für die britische Zone löste sich zwei Tage zuvor auf). Zunächst ist ihr Einflussbereich auf die amerikanische und die britische Besatzungszone beschränkt. Hahn wird Präsident der neugegründeten MPG.
- 29.10.1948 Die Auswärtige Wissenschaftliche Mitgliedschaft von Kurt Hess wird von der MPG nicht erneuert. Lise Meitner wird zum Auswärtigen Wissenschaftlichen Mitglied der MPG berufen (auf Grund einer Satzungsänderung der MPG ab Oktober 1950 Wissenschaftliches Mitglied).
- 24.03.1949 Das Königsteiner Staatsabkommen wird beschlossen. Damit obliegt den Ländern der drei Westzonen, zunächst für fünf Jahre, die Finanzierung der KWG- bzw. MPG-Institute.
1. Halbj. 1949 Umzug des KWI für Chemie von Tailfingen nach Mainz, Saarstraße 23 (inzwischen Joh.-Joachim-Becher-Weg 27). Es besteht aus den beiden Abteilungen  
– Massenspektrometrie und Kernphysik (Mattauch)  
– Kernchemie (Straßmann).

- 25.10.1949 Das KWI für Chemie gehört, zusammen mit der Vogelwarte Radolfzell, zu den ersten beiden Instituten der französischen Zone, die der MPG beitreten; es heißt künftig Max-Planck-Institut (MPI) für Chemie.
- 28.04.1950 Fritz Straßmann, Leiter der radiochemischen Abteilung, wird 2. Direktor des Instituts (nicht zuletzt wegen der andauernden Abwesenheit von Mattauch).
- Mai 1950 Übernahme des Dahlemer Institutsgebäudes durch das Land Berlin und Eingliederung als Chemieinstitut in die neugegründete Freie Universität Berlin.
- 17.07.1952 Der Senat der MPG genehmigt die neue Institutssatzung. Darin wird die Ausrichtung auf reine und angewandte Radiochemie und Kernphysik festgeschrieben.
- 31.03.1953 Fritz Straßmann scheidet aus dem Institut aus und widmet sich voll dem Aufbau des Chemischen Instituts mit kernchemischer Abteilung der Mainzer Universität.
- 20.05.1953 Ernennung Fritz Straßmanns zum Auswärtigen Wissenschaftlichen Mitglied.
- 01.10.1953 Friedrich Adolf Paneth (1887–1958) tritt die Nachfolge Fritz Straßmanns als Direktor der Abteilung Radiochemie an, die er auf Fragestellungen der Kosmochemie neu ausrichtet. Er initiiert die Meteoritenforschung (Untersuchung verschiedener Spaltprodukte in Meteoriten als Folge hochenergetischer kosmischer Strahlung).
- 29.01.1954 Friedrich Adolf Paneth und Ludwig Waldmann (1913–1980) werden zu Wissenschaftlichen Mitgliedern ernannt. Waldmann ist seit 01.05.1943 am Institut, gewissermaßen in der Nachfolge von Flüge als theoretischer Physiker, und gehört zur Abteilung Mattauch.



- 31.03.1954 Arnold Flammersfeld (seit April 1935 am Institut, unterbrochen 1939–1941 für einen Aufenthalt am Institut für Physik des Heidelberger KWI für medizinische Forschung) verlässt das MPI für Chemie und geht als Direktor des II. Physikalischen Instituts an die Universität Göttingen; er baut dort ein Institut für Kernphysik auf.
- 1954 Peter Jensen (1913–1955), ein Schüler von Wolfgang Gentner (1906–1980), wird als Nachfolger von Flammersfeld an die Abteilung Kernphysik berufen (Leiter der Hochspannungsabteilung).
- 24.02.1956 Hermann Wäßler (1910–2003) wird zum Wissenschaftlichen Mitglied ernannt und übernimmt zum 01.10.1956 die Hochspannungsabteilung am MPI für Chemie (ehemals Abteilung Kernphysik).
- 12.06.1956 Heinrich Hintenberger (1910–1990) wird zum Wissenschaftlichen Mitglied ernannt.
- 09.07.1956 Einweihung des Neu- und Umbaus der Gebäude des MPI für Chemie auf dem Campus der Universität Mainz.
- 17.12.1956 Enthüllung einer auf Initiative Max von Laues geschaffenen Gedenktafel im ehemaligen KWI für Chemie in Berlin-Dahlem für Otto Hahn und Fritz Straßmann mit Bezug zur Entdeckung der Kernspaltung. Das Gebäude trägt jetzt die Bezeichnung Otto-Hahn-Bau (ab 2010 Hahn-Meitner-Bau) der Freien Universität Berlin.
- 29.05.1958 Alfred Klemm wird zum Wissenschaftlichen Mitglied ernannt.
- 07.03.1959 Der Senat der MPG beschließt auf seiner Festsitzung anlässlich des 80. Geburtstages von Otto Hahn, dem MPI für Chemie auf Wunsch seiner Mitglieder den Namenszusatz „Otto-Hahn-Institut“ zu geben.
- 01.05.1959 Die Abteilungen Massenspektroskopie und Kernphysik/Hochspannung werden selbständige Abteilungen und deren Leiter Hintenberger und Wäßler zu Direktoren am Institut ernannt.  
Damit besteht das Institut aus 4 Abteilungen:

- Massenspektroskopie I, Bindungsenergie der Atomkerne (Mattauch)
- Massenspektroskopie II, Isotopenkosmologie (Hintenberger)
- Kernphysik (Wäffler)
- Radiochemische Abteilung (bis 1958 Paneth, z.Zt. unbesetzt) und außerdem zwei unselbständigen Abteilungen unter Klemm und Waldmann sowie einer Arbeitsgruppe unter Werner Müller-Warmuth (\* 1929) für Kernresonanzspektroskopie (1960–1965) in der Abt. Massenspektroskopie I.

- 03.06.1959 Alfred O. Nier (1911–1994) wird auf Grund seiner Arbeiten zur Massenbestimmung von Nukliden sowie zur Isotopen-Geochemie und Geochronologie zum Auswärtigen Wissenschaftlichen Mitglied ernannt.
- 19.05.1960 Otto Hahn übergibt die Präsidentschaft der MPG an Adolf Butenandt (1903–1995) und wird vom Senat zum Ehrenpräsidenten und Ehrensensator gewählt.
- 31.05.1960 Otto Hahn beendet seine aktive Dienstzeit als Wissenschaftliches Mitglied des MPI für Chemie, gehört dem Institut aber in dieser Funktion weiter an.
- 1961 Fertigstellung des Neubaus für Kernphysik.
- 12.05.1963 Ludwig Waldmann (1913–1980) scheidet als Wissenschaftliches Mitglied aus und folgt einem Ruf an die Universität Erlangen-Nürnberg. Am 08.12.1963 wird er zum Auswärtigen Wissenschaftlichen Mitglied ernannt.
- 15.05.1963 Heinrich Wänke (\* 1928) wird zum Wissenschaftlichen Mitglied berufen. Er war als Mitarbeiter von Paneth ans Institut gekommen.
- 06.12.1963 Hermann Kümmel (1922–2012) wird zum 01.07.1964 zum Wissenschaftlichen Mitglied berufen (theoretische Arbeitsgruppe in der Abteilung Kernphysik). Er war bereits seit 01.08.1959 als theoretischer Assistent am Institut beschäftigt und befasste sich mit Vielteilchensystemen (z.B. Atomkerne); 1958 hatte er die sogenannte Coupled-Cluster-

Methode entwickelt, die bald zum Standard der Quantenchemie bei der Berechnung der Eigenschaften von Atomen und Molekülen wurde.

- 1967 Der Linearbeschleuniger des Instituts für Kernphysik der Universität Mainz für 300 MeV nimmt seinen Betrieb auf. Laut Vertrag vom 31.12.1958/09.01.1959 zwischen der Universität und der MPG wird er vom MPI für Chemie gleichberechtigt genutzt (Planung unter Herwig Schopper (\* 1924), Realisierung unter der Leitung von Hans Ehrenberg (1922–2004)).
- 05.03.1968 Christian Junge (1912–1996), bisher Ordinarius für Meteorologie an der Universität Mainz, wird zum Wissenschaftlichen Mitglied am MPI für Chemie und zum 01.10.1968 als Direktor des Instituts (als Nachfolger von Josef Mattauch) berufen. Er soll die Forschung des Instituts neu ausrichten.
- 07.03.1969 Das MPI für Chemie wird neu strukturiert. Christian Junge und Heinrich Wänke werden zu Abteilungsdirektoren ernannt:
- Chemie der Atmosphäre und physikalische Chemie der Isotope (Junge), unter Einbeziehung der unselbständigen Arbeitsgruppe von Klemm
  - Kosmochemie / Meteoritenforschung (Wänke) – ehemalige Abteilung Paneth
  - Massenspektroskopie und Isotopenkosmologie (Hintenberger)
  - Kernphysik (Wäffler).
- 31.03.1969 Hermann Kümmel scheidet als Wissenschaftliches Mitglied aus und geht an die Universität Bochum.
- 12.06.1969 Friedrich Begemann (\* 1927) wird zum Wissenschaftlichen Mitglied berufen (zum 01.07.1969).
- 18.09.1969 Heinrich Wänke und seine Arbeitsgruppe beginnen mit den Analysen des von der NASA zur Verfügung gestellten Mondgesteins aus der Apollo-11-Mission (105,9 g standen dem MPI für Chemie zur Verfügung).

- 25.11.1969 Hans Eduard Suess (1909–1993) wird zum Auswärtigen Wissenschaftlichen Mitglied berufen.
- 1971 Friedrich Begemann und Heinrich Hintenberger erklären gemeinsam mit Harald W. Weber, dass es Edelgasanteile in Meteoriten gibt, die nicht durch Höhenstrahlung entstehen.
- 15.03.1972 Hermann Kümmel wird zum Auswärtigen Wissenschaftlichen Mitglied berufen.
- 01.07.1973 Durch Satzungsänderung wird die Umstrukturierung von 1969 festgeschrieben. Das feste Amt des Institutsdirektors wird durch ein Rotationsystem abgelöst, in dessen Rahmen der Direktorenposten periodisch von jeweils einem der Abteilungsdirektoren besetzt wird. Geschäftsführender Direktor wird nach Christian Junge nun Hermann Wäßler.
- 19.06.1975 Hans Ehrenberg wird zum Auswärtigen Wissenschaftlichen Mitglied berufen.
- 30.06.1976 Einrichtung eines Fachbeirates für Kernphysik und am 28./29.10.1976 eines für Kosmochemie, Planetologie und Atmosphärenchemie, im Dezember 1982 ergänzt durch einen für Kosmophysik (alle gemeinsam mit dem MPI für Kernphysik in Heidelberg).
- 19.11.1976 Der Senat der MPG einigt sich auf eine Ausdehnung des Forschungsgebietes des MPI für Chemie auf den Bereich der Geochemie und die Schließung der Abteilung Kernphysik nach der Emeritierung Wäßlers.
- 28.02.1978 Heinrich Hintenberger und Hermann Wäßler beenden ihre aktive Dienstzeit als Direktoren am Institut. Mit Wäßlers Ausscheiden wird die Abteilung für Kernphysik geschlossen; nur die Arbeitsgruppe von Bernhard Ziegler, die vor allem am Linearbeschleuniger der Mainzer Universität arbeitet, wird unter der Leitung von Peter Brix (1918–2007) vom MPI für Kernphysik in Heidelberg bis zum 31.05.1991 weitergeführt.

- 01.03.1978 Friedrich Begemann wird (als Nachfolger von Hintenberger) Direktor der Abteilung Isotopenkosmologie.
- 15.06.1978 Paul Crutzen (\* 1933) wird zum Wissenschaftlichen Mitglied am MPI für Chemie berufen (zugleich Mitglied des Kollegiums und Direktor am Institut).
- 31.12.1978 Christian Junge scheidet auf eigenen Wunsch vorzeitig aus seinem Dienst als Direktor am MPI für Chemie aus.
- 10.05.1979 Albrecht Werner Hofmann (\* 1939), dessen Arbeitsschwerpunkte Geochronologie und Kinetik geochemischer Reaktionen sind, wird als Wissenschaftliches Mitglied berufen (zugleich Mitglied des Kollegiums und Direktor am Institut).
- 01.07.1980 Paul Crutzen übernimmt die Nachfolge Christian Junges als Leiter der Abteilung Chemie der Atmosphäre. Albrecht Werner Hofmann wird Direktor der neuen Abteilung Geochemie.
- 1982 Paul Crutzen publiziert gemeinsam mit John W. Birks (\* 1946) die These vom Nuklearen Winter.
- 1984 Das MPI für Chemie hat folgende Abteilungen:  
– Chemie der Atmosphäre (Crutzen)  
– Geochemie (Hofmann)  
– Kosmochemie – Mondforschung und Planetologie (Wänke)  
– Kosmochemie – Massenspektrometrische Spurenanalysen und Isotopenhäufigkeit bei Meteoriten (Begemann)  
sowie die unselbständigen Arbeitsgruppen Kernphysik (Ziegler) und Physikalische Chemie (ehemals Klemm)
- 1985 Paul Crutzen erklärt die Bildung des Ozonlochs durch den Einfluss der polaren Stratosphärenwolken.
- 1985 Der Neubau für die Abteilung Chemie der Atmosphäre wird in Betrieb genommen.

- 20.11.1986 Meinrat O. Andreae (\* 1949) wird zum Wissenschaftlichen Mitglied berufen (zugleich Mitglied des Kollegiums und Direktor am Institut) und übernimmt am 01.05.1987 die neue Abteilung Biogeochemie.
- 1988 Die Abteilungsstruktur wird wie folgt angegeben:  
– Geochemie (Hofmann)  
– Kosmochemie (Begemann, Wänke)  
– Chemie der Atmosphäre und Biogeochemie (Crutzen, Andreae)  
sowie Arbeitsgruppe Kernphysik (Ziegler).
- Aug.–Sept.  
1992 SAFARI-92 Expedition ins südliche Afrika zur Erforschung der Vegetationsfeuer unter Leitung von Andreae, woran über 150 Wissenschaftler aus 13 Ländern teilnehmen.
- 1995 Paul Crutzen erhält – gemeinsam mit Mario Molina (\* 1943) und F. Sherwood Rowland (1927–2012) – den Nobelpreis für Chemie für seine Arbeiten zur Chemie der Atmosphäre, insbesondere über Bildung und Abbau von Ozon.
- 20.06.1996 Günter W. Lugmair (\* 1940) aus San Diego (Kalifornien), wird zum Wissenschaftlichen Mitglied berufen (zugleich Mitglied des Kollegiums und Direktor am Institut) und übernimmt ab 01.10.1996 die Nachfolge Heinrich Wänkes als Direktor der Abteilung Kosmochemie. Er war bereits 1965–1968 am Institut und entwickelte 1974 eine massenspektrometrische Methode zur Altersbestimmung von Mond- und Meteoritenproben.
- 04.07.1997 Der Mars Pathfinder Lander landet auf dem Mars. An Bord des Rovers Sojourner befindet sich ein in der Abteilung Kosmochemie entwickeltes Analysegerät, das APXS (A für Messung der Alpha-Strahlung, P für Protonenmessung, X für X-ray (Röntgenstrahlung) und S für Spektrometer). Mit Hilfe des APXS können wesentliche Erkenntnisse über die Zusammensetzung der Oberfläche des Mars gewonnen werden. Ein weiterentwickeltes Gerät gleichen Typs ist Teil der Mars Exploration Rover Mission, die 2003 gestartet wird.

- Nov. 1997 Die Abteilung für Atmosphärenchemie führt in Kooperation mit der Fluggesellschaft LTU den ersten Messflug in einem „Ferienflieger“ durch. Das Programm CARIBIC dient Messungen von atmosphärischen Spuregasen auf Flügen von Deutschland nach Indien.
- 1998 Günter Lugmair liefert einen Beweis für den außerirdischen Ursprung der „Iridium-Anomalie“ (und damit ein wichtiges Indiz für die sogenannte Einschlaghypothese, nach der das Artensterben am Ende des Erdmittelalters durch einen Kometeneinschlag hervorgerufen worden sei).
- 1999 EUSTACH Expeditionen in den Amazonaswald (unter der Leitung der Abt. Biogeochemie). Erforschung des Spurengasaustausches im Regenwald.
- 08.06.2000 Johannes Lelieveld (\* 1955) wird zum Wissenschaftlichen Mitglied berufen und tritt zum 01.08.2000 die Nachfolge Paul Crutzen als Direktor der Abteilung Chemie der Atmosphäre an.
- 2000 Paul Crutzen prägt, anknüpfend an Eugene F. Stoermer (1934–2012), den Begriff „Anthropozän“ für das gegenwärtige Erdzeitalter.
- 01.01.2001 Stephan Borrmann (\* 1959) wird Wissenschaftliches Mitglied und Direktor (im Nebenamt) der neuen Abteilung Wolkenphysik und -chemie (seit 2005 Partikelchemie), die in Kooperation mit der Johannes-Gutenberg-Universität Mainz betrieben wird, an der er am Institut für Physik der Atmosphäre das Fach „Experimentelle und Beobachtende Meteorologie“ vertritt.
- 2002 Die Abteilungsstruktur wird wie folgt angegeben:
- Biogeochemie (Andreae)
  - Chemie der Atmosphäre (Lelieveld)
  - Geochemie (Hofmann)
  - Kosmochemie (Lugmair)
  - Wolkenphysik und -chemie (Borrmann) – ab 2005 Partikelchemie, gemeinsam mit der Universität Mainz.



- 31.05.2005 Mit der Emeritierung Günter Lugmairs wird die Abteilung Kosmochemie aufgegeben.
- 12.03.2007 Die Abteilung Biogeochemie übernimmt die seit 1968 bestehende Tropen-Außenstelle des MPI für Limnologie in Manaus/Brasilien mit einem klimabezogenen Schwerpunkt.
- 31.03.2007 Albrecht W. Hofmann beendet seine aktive Dienstzeit als Direktor; die Abteilung Geochemie wird 2010 in die Abteilung Biogeochemie überführt.
- Jan. 2012 Bezug des Neubaus des MPI für Chemie (Architekturbüro Fritsch & Tschaidse, München) am Westrand des Mainzer Universitätscampus (Hahn-Meitner-Weg 1/Ecke Koblenzer Straße) in Nachbarschaft zum MPI für Polymerforschung.
- 01.10.2012 Ulrich Pöschl (\* 1969) wird Wissenschaftliches Mitglied und Direktor der neuen Abteilung Multiphasenchemie.
- Herbst 2012 Das MPI für Chemie hat derzeit vier Abteilungen (mit jeweils mehreren Arbeitsgruppen):
- Biogeochemie (Andreae)
  - Chemie der Atmosphäre (Lelieveld)
  - Partikelchemie (Borrmann) – gemeinsam mit Universität Mainz
  - Multiphasenchemie (Pöschl)
- sowie fünf Einzel-Forschungsgruppen: ORCAS (Frank Keppler), Reaktive Stickstoffverbindungen (Ivonne Trebs), Mittelflüchtige organische Verbindungen (Gerhard Lammel), theoretische atmosphärische Chemie (Luc Vereecken) und Satellitenfernerkundung (Thomas Wagner).



## 11 Bildteil



Abb. 11-1: Das Emblem von KWG wie MPG ist die römische Göttin Minerva in ihrer Funktion als Göttin der Wissenschaft. Früher wurde eine Kopfbüste zumeist über dem Eingangsportal der Institute angebracht; heute ist dieses Symbol i. d. R. durch eine Porträtbüste Max Plancks im Foyer des Institutsgebäudes ersetzt.

Meist wirkt die behelmte Minerva etwas kriegerisch. Das Mainzer Institut erhielt bei seiner Eröffnung 1956 eine von dem Mainzer Bildhauer und Keramiker Adam Winter (1903–1978) geschaffene friedlichere Variante: Auf einer Keramiktafel wird eine Minerva gezeigt, die den Speer abgelegt hat und stattdessen Griffel und Schreibrtafel in der Hand hält (Kopie von einer Halsamphora der frühklassischen Zeit). Zugleich werden darauf der alte und der neue Standort des Instituts benannt. – Die Tafel wurde 2012 in den Neubau des Instituts überführt.



*Abb. 11-2: Das KWI für Chemie in Berlin(-Dahlem) im Jahre 1913 (aus Richtung Osten). Rechts vom KWI für Chemie ist im Hintergrund das KWI für physikalische Chemie und Elektrochemie zu erkennen, links das Pförtnerhaus und das Direktorenwohnhaus. Links im Bild das KWI für experimentelle Therapie, das im Oktober 1913 eröffnet wurde.*



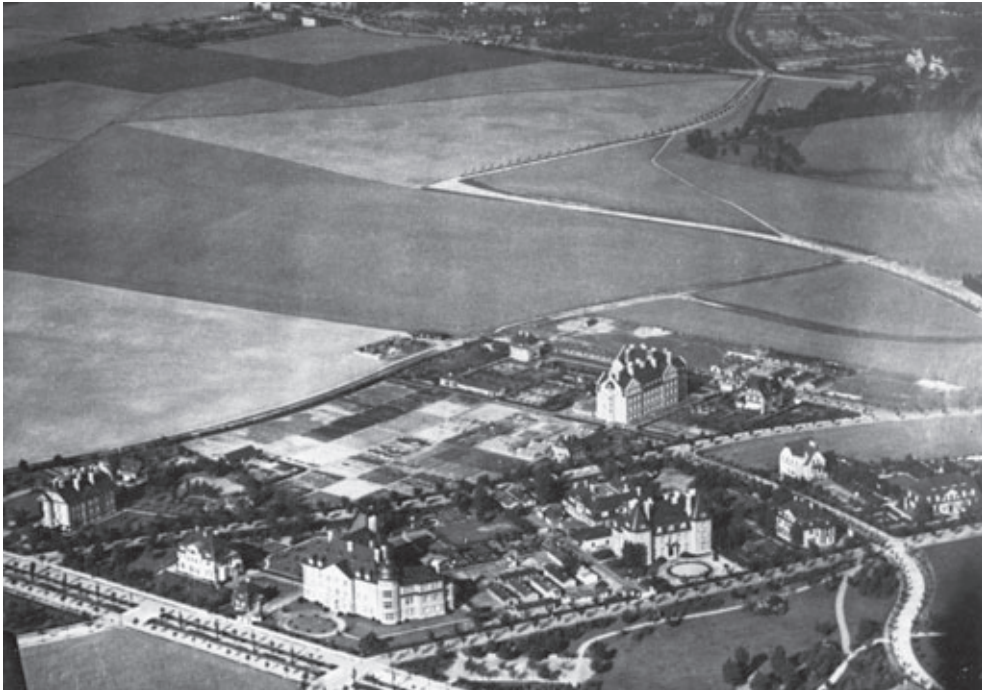
*Abb. 11-3: KWI für Chemie von Südosten. Vorn links das Direktorenwohnhaus, in dem später mehrere Mitarbeiterwohnungen eingerichtet wurden (Lise Meitner wohnte beispielsweise seit Ende der 1920er Jahre hier in einer Wohnung im Erdgeschoss).*



*Abb. 11-4: Bibliothek und Lesesaal im KWI für Chemie um 1913. Vorn links sitzend – Ernst Beckmann, vorn Mitte sitzend – Richard Willstätter, hinten Mitte sitzend – Lise Meitner, hinten Mitte stehend – Otto Hahn.*



*Abb. 11-5: Ernst Beckmann (3. v.r.) mit seinen Mitarbeitern.*



*Abb. 11-6: Luftaufnahme der Dahlemer Kaiser-Wilhelm-Institute um 1918. Vorn in der Mitte das KWI für Chemie (mit dem Direktorenwohnhaus links daneben), dann im Uhrzeigersinn das KWI für experimentelle Therapie, das KWI für Biologie (mit dem Direktorenwohnhaus rechts daneben) und das KWI für physikalische Chemie und Elektrochemie (mit dem Direktorenwohnhaus rechts daneben).*



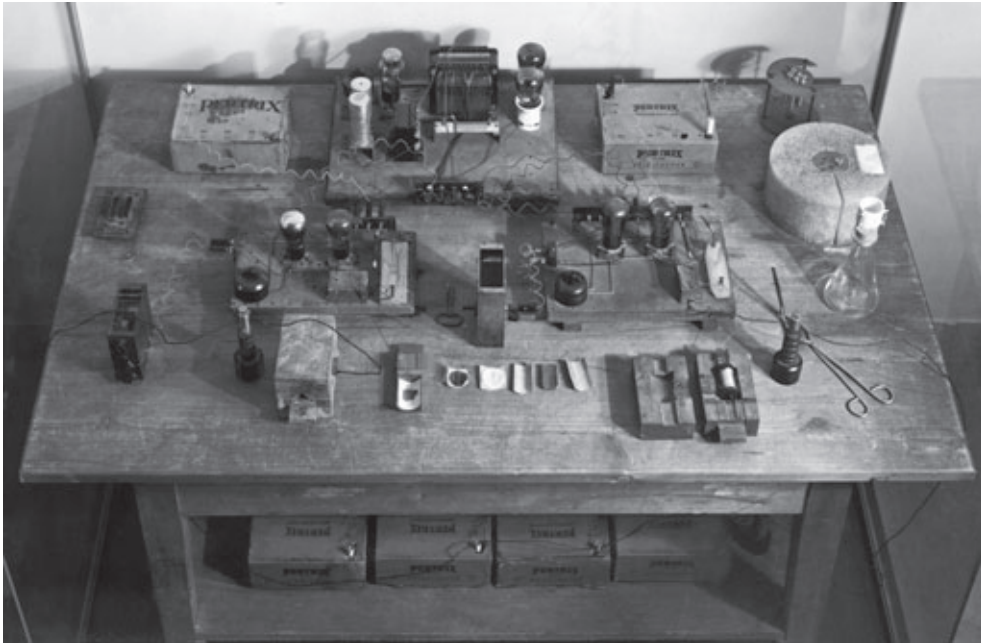


*Abb. 11-7: Das „bonzenfreie Kolloquium“ im April 1920. Niels Bohr hielt in Berlin Vorträge über die neuesten Entwicklungen in der Quantentheorie. Die jüngeren Wissenschaftler hatten ihn zu einer Diskussionsrunde gebeten, an der keine Ordinarien teilnehmen durften. Das Foto bestätigt die starke Verankerung von Otto Hahn und Lise Meitner in der physikalischen Community von Berlin. V.l.n.r.: Otto Stern, Wilhelm Lenz, James Franck, Rudolf Ladenburg, Paul Knipping, Niels Bohr, Ernst Wagner, Otto von Baeyer, Otto Hahn, George von Hevesy, Lise Meitner, Wilhelm Westphal, Hans Geiger, Gustav Hertz, Peter Pringsheim. Das Foto wurde wahrscheinlich vor dem KWI für Chemie aufgenommen.*

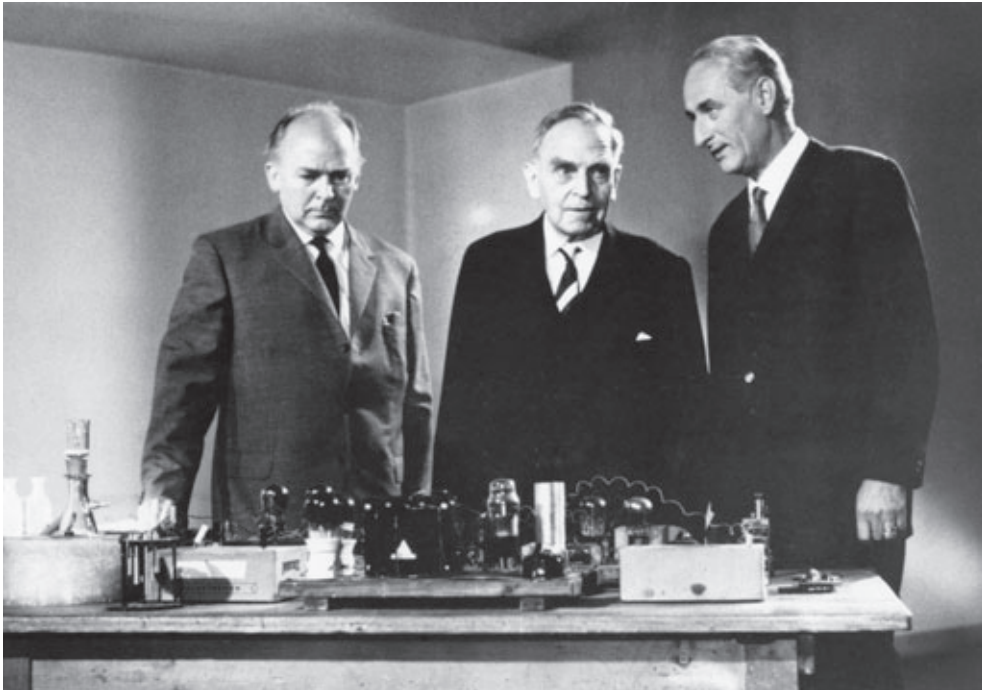


Abb. 11-8: Faschingsfeier vermutlich 1933 in der Abteilung Hahn/Meitner, kurz bevor Hahn zu seiner Gastprofessur in die USA reiste.

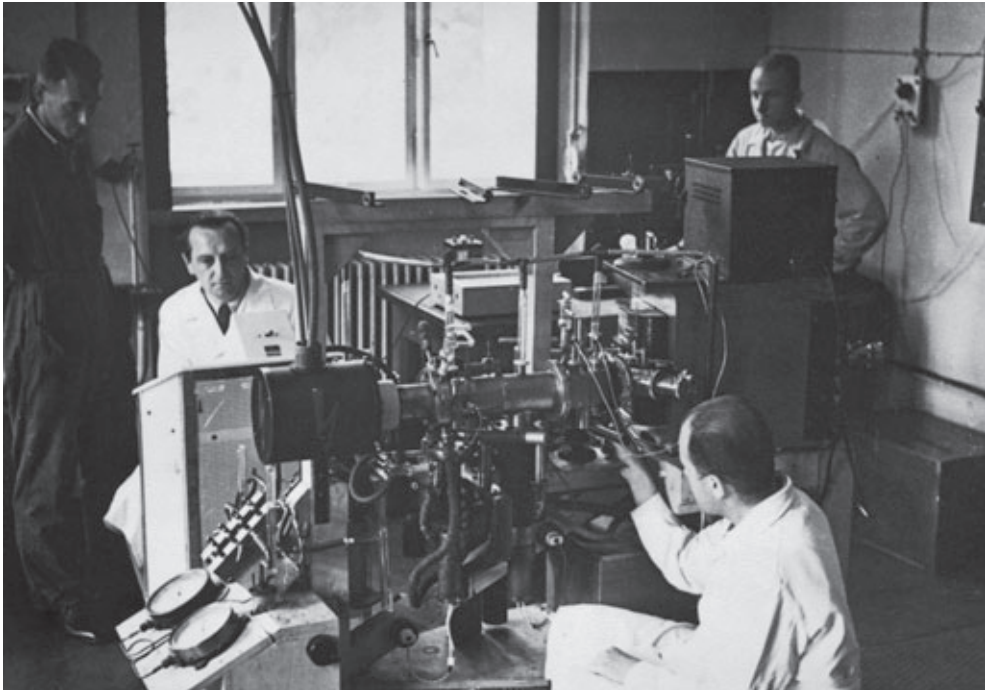
1 – Heinrich Kösters, 2 – Dorothea Born (Laborantin), 3 – Kurt Philipp, 4 – Edith Hahn, 5 – Otto Hahn, 6 – Otto Erbacher, 7 – Rudolf Jücker, 8 – Else Müller (Sekretärin), 9 – Lorenzo Emo Capodilista (Gast aus Rom), 10 – Gottfried von Droste, 11 – Lise Meitner, 12 – Kan Chang [Ganchang] Wang (Doktorand aus China), 13 – Otto Werner, 14 – Fritz Dörffel (Techniker), 15 – Hans Joachim Born, 16 – Margarete Käding (Sekretärin), 17 – Hans Käding, 18 – Johanna Baumann (Chem.-techn. Assistentin), 19 – Ernst Walling, 20 – Max Delbrück, 21 – Fritz Straßmann, 22 – Georg Graue, 23 – Rolf Mumbrauer.



*Abb. 11-9a: Sogenannter „Arbeits-tisch“ von Otto Hahn im Deutschen Museum München, an dem angeblich 1938 die Kernspaltung entdeckt wurde. Tatsächlich ist dieser Tisch ein Nachbau der damals im Institut verwendeten Labortische vom Anfang der 1950er Jahre aus dem MPI für Chemie. Die darauf angeordneten Geräte sind nur z.T. Originalgeräte aus der Zeit um 1939, die Fritz Straßmann für diesen Zweck noch zusammengetragen hat. Aber natürlich waren diese Geräte über mehrere radiophysikalische und radiochemische Laborräume verstreut, denn so wie hier aufgebaut, hätte das Experiment nie funktioniert. Diese „Versuchsanordnung“ sollte jedoch in den 1950er Jahren suggerieren, mit welch einfachen Mitteln die Kernspaltung entdeckt worden war.*



*Abb. 11-9b: Fritz Straßmann und Otto Hahn 1962 im Gespräch mit dem Physiker und Fernsehmoderator Heinz Haber (1913-1990) an dem „Arbeitstisch“ im Deutschen Museum München.*



*Abb. 11-10: Massenspektrograph nach Mattauch-Herzog im KWI für Chemie in Berlin, um 1939/40. Von links: Institutsmechaniker (vermutlich) Ludwig Gille (von 1925 bis 1944 am Institut), Josef Mattauch, Karl Kittel (vom 1. 2. 1939 bis 31. 12. 1940 am Institut, Promotion 1942 an Uni Wien), Heinz Ewald (vom 1. 5. 1939 bis 31. 12. 1951 am Institut).*





*Abb. 11-11: Das KWI für Chemie in Berlin (Westseite, vom KWI für physikalische Chemie und Elektrochemie aus gesehen) nach den Bombenangriffen im Februar und März 1944. Die beiden Fenster im 1. Stockwerk links gehören zu den Laborräumen, in denen Hahn und Straßmann 1938 die Kernspaltung entdeckten. In der Mitte das Radiumhaus.*



*Abb. 11-12: Luftaufnahme von Tailfingen (aus Richtung Süden), des Verlagerungsorts des KWI für Chemie während des Zweiten Weltkrieges (Aufnahme um 1939). Das Institut war hier von 1944 bis 1949 in Räumen der Textilfabriken von Ludwig Haasis, Johannes Maier zum Ritter und Konrad Ammann untergebracht.*



*Abb. 11-13: Haupteingang des Institutsgebäudes in Mainz (ehemalige Luftwaffen-Kaserne), um 1953.*





*Abb. 11-14: Werkstatt des MPI für Chemie um 1953. Von 1948 bis 1955 wurde die Werkstatt von Josef Merz (\* 1909) geleitet, dessen Nachfolger Bernhard Möller (\* 1922) wurde.*



*Abb. 11-15: Bibliothek und Lesesaal des MPI für Chemie, um 1953.*



*Abb. 11-16: Josef Mattauch, Otto Hahn und der neuberufene Leiter der Abteilung Kernphysik Peter Jensen (1913–1955) im Jahre 1954 auf dem Gelände des MPI für Chemie.*



*Abb. 11-17: Friedrich Paneth neben seiner Apparatur zur Mikroanalyse von Edelgasen, um 1956.*

*Abb. 11-18: Otto Hahn spricht als  
Präsident der Max-Planck-Gesellschaft  
bei der Einweihung des Neubaus des  
MPI für Chemie am 9. Juli 1956.*





*Abb. 11-19: Der für den Minerva-Bau in Berlin geplante und Ende der 1940er Jahre in Mainz aufgebaute Kaskadengenerator für etwa 1,5 MV.*



*Abb. 11-19a: Der Aufbau Anfang der 1950er Jahre.*



*Abb. 11-19b: Das Gebäude für die Hochspannungsanlage.*







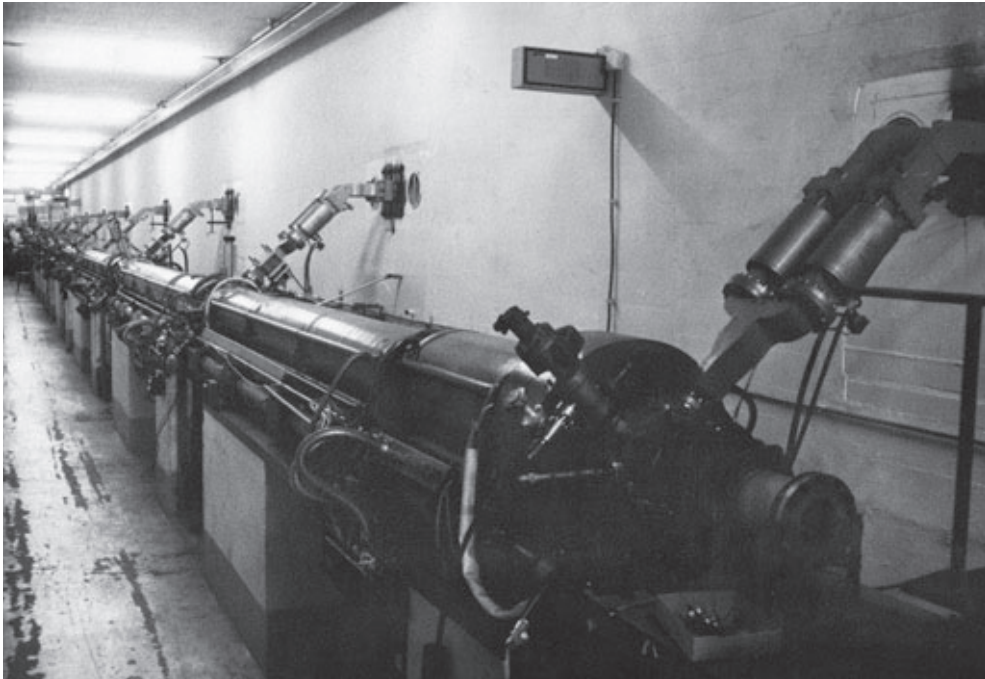
*Abb. 11-19c: Die Hochspannungskaskade war bis 1980 in Betrieb und wurde dann im Hof des Mainzer Instituts als technisches Denkmal aufgestellt.*



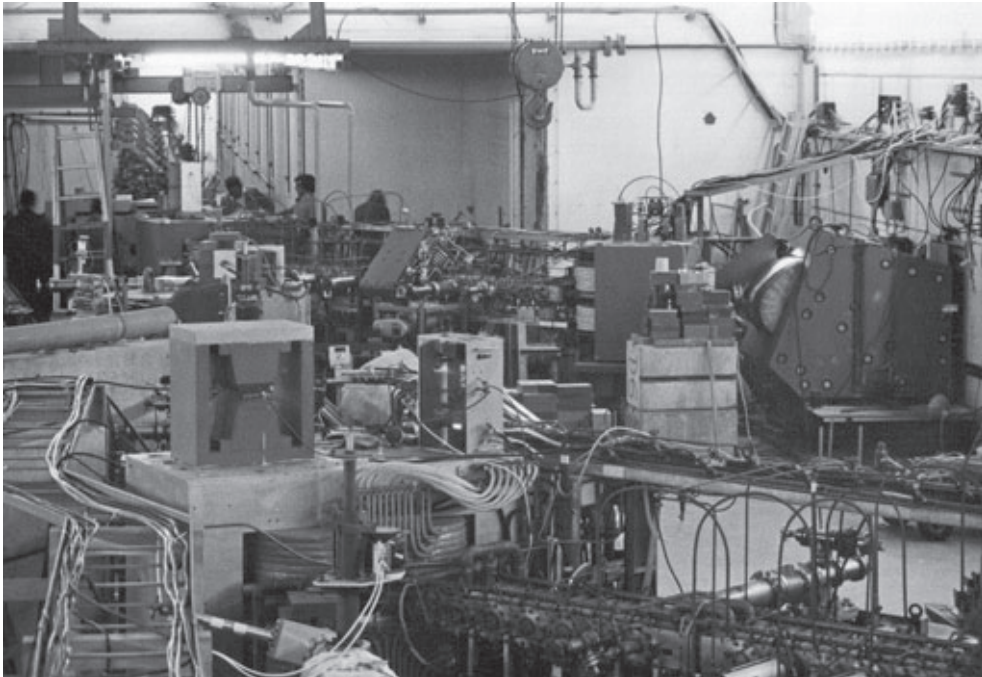
*Abb. 11-19d: Als Technisches Denkmal restauriert, fand die Hochspannungskaskade auch im Hof des Institutsneubaus 2012 einen Platz.*







*Abb. 11-20a: Elektronen-Linearbeschleuniger (Linac, 300 MeV) der Universität Mainz, der gemeinsam mit dem MPI für Chemie genutzt wurde. Hier experimentierte u.a. die Arbeitsgruppe von Bernhard Ziegler.*



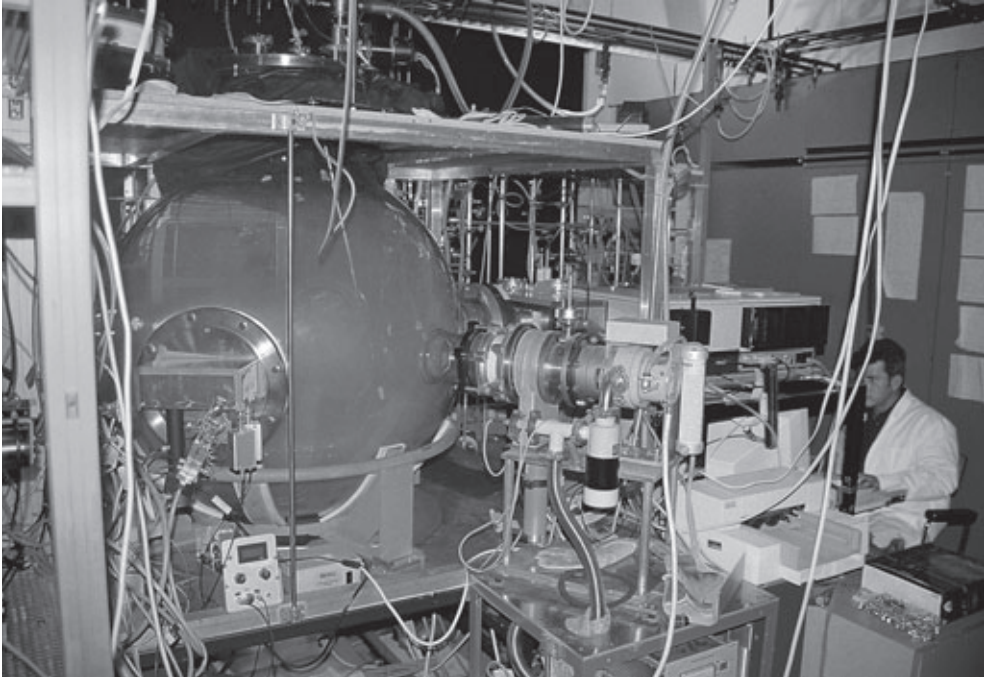
*Abb. 11-20b: „Magnethalle“ des Linac, in der der Elektronenstrahl magnetisch in die verschiedenen Experimentierhallen umgelenkt wurde.*



*Abb. 11-21: Luftaufnahme des Mainzer MPI für Chemie (vor 1987) in der ehemaligen Luftwaffenkaserne auf dem Gelände der Johannes-Gutenberg-Universität Mainz. In der Mitte das Hauptgebäude, dahinter der Neubau für die Abteilung Luftchemie, links vorn ein weiteres Laborgebäude; der langgestreckte Bau links hinten ist der Werkstatttrakt.*



*Abb. 11-22: Der Neubau von 1985 für die Abteilung Luftchemie/Chemie der Atmosphäre.*



*Abb. 11-23: „Kugel“-Laboratorium (etwa 1999). Untersuchungen bestimmter Aerosolbildungsprozesse können nur schwer in Feldversuchen durchgeführt werden und wurden deshalb in einem Glasreaktor – der „Kugel“ (mit einem Volumen von 570 Litern) – simuliert.*





*Abb. 11-24: Laborauswertung von Proben aus Luftmessungen, die in großer Höhe bei Transatlantikflügen gewonnen werden. Dazu wird ein Container mit Meßgeräten bestückt und in einem Flugzeug beispielsweise der Deutschen Lufthansa installiert (Dieter Scharffe und Kirsten Achenbach; Aufnahme ca. 2010).*



*Abb. 11-25: Grundsteinlegung für den Neubau des MPI für Chemie in Mainz am 21. September 2009. Von links: Jens Beutel (Mainzer Oberbürgermeister), Georg Krausch (Präsident der Johannes-Gutenberg-Universität Mainz), Meinrat O. Andreae (Direktor am Max-Planck-Institut für Chemie), Doris Ahnen (Wissenschaftsministerin von Rheinland-Pfalz), Martin Stratmann (Vizepräsident der Max-Planck-Gesellschaft).*





*Abb.: 11-26: Der Neubau im Sommer 2012.*



*Abb. 11-27: Der Innenhof des neuen Instituts im Sommer 2012.*





## 12 Die Wissenschaftlichen Mitglieder des Kaiser-Wilhelm-/Max-Planck-Instituts für Chemie (Kurzbiographien)

zusammengestellt von Horst K a n t , Gregor L a x und Carsten R e i n h a r d t

In einzelnen Fällen, vor allem für einige jüngere Auswärtige Wissenschaftliche Mitglieder, waren biographische Daten nur schwer zu ermitteln. Die Angaben über Auszeichnungen und Publikationen sowie zur Literatur über die genannten Personen stellen nur eine (meist sehr knappe) Auswahl dar, die zum weiteren Lesen anregen soll.

Grundsätzlich gibt es (Fördernde) Mitglieder und Wissenschaftliche Mitglieder der Kaiser-Wilhelm-Gesellschaft (KWG) sowie Max-Planck-Gesellschaft (MPG). Die erste Satzung der KWG von 1911 kannte nur Mitglieder, wobei die Mitgliedschaft erworben wurde, d.h. man zahlte einen Aufnahmebeitrag und einen jährlichen Mitgliedsbeitrag. Trotzdem konnte man nicht einfach beitreten, sondern der Senat der KWG – und gegebenenfalls auf dessen Empfehlung der Protektor – entschied darüber. Anfangs wurde auf eine gewisse Exklusivität bei der Auswahl der Mitglieder geachtet, was schon durch die Höhe des Aufnahmebeitrages von mindestens 20.000 Mark und des jährlichen Mitgliedsbeitrags von 1.000 Mark gelenkt wurde; auch großzügige Spenden waren willkommen. Neben der persönlichen Mitgliedschaft stand und steht die korporative Mitgliedschaft. Zunächst war man stärker auf persönliche Mitgliedschaften fokussiert; dafür durften die Mitglieder das Abzeichen der Gesellschaft tragen – bis 1926 mit dem Bild des Protektors Kaiser Wilhelms II., danach mit dem Bildnis der Minerva. Vor allem die finanziellen Probleme in der Weimarer Zeit und später nach dem Zweiten Weltkrieg zwangen dazu, den Mitgliederkreis zu öffnen, indem die Aufnahmegebühr entfiel und die jährlichen Beiträge gesenkt wurden.

Ursprünglich war nur diese Art der Mitgliedschaft vorgesehen.<sup>1</sup> Insbesondere die Berufung Richard Willstätters an das Kaiser-Wilhelm-Institut (KWI) für Chemie veranlasste Emil Fischer und Fritz Haber, die Kategorie eines Wissenschaftlichen Mitgliedes eines

<sup>1</sup> Vgl. Statut der KWG von 1911 (abgedruckt beispielsweise in: Eckart Henning, Marion Kazemi: Chronik der Kaiser-Wilhelm-/Max-Planck-Gesellschaft zur Förderung der Wissenschaften 1911–2011. Berlin 2011, S. 899–903).

Instituts vorzuschlagen, um ihn gegenüber dem Institutsdirektor Ernst Beckmann nicht zurückzusetzen.<sup>2</sup> Anfangs bezog man die Wissenschaftliche Mitgliedschaft nur auf das jeweilige Institut. Im Vertrag über die Errichtung des KWI für Chemie wird diese Kategorie in § 15 – allerdings ziemlich beiläufig – eingeführt: „Dauernd anzunehmende Gelehrte (wissenschaftliche Mitglieder) wählt der Verwaltungsrat im Einverständnis mit dem Direktor.“<sup>3</sup> Es folgte dann aber der entscheidende Satz: „Die wissenschaftlichen Mitglieder unterliegen in wissenschaftlicher Hinsicht bei Wahl und Ausführung ihrer wissenschaftlichen Arbeiten keinerlei Beschränkung.“<sup>4</sup>

Erst die Satzung der KWG von 1921 schrieb fest, dass Direktoren der Kaiser-Wilhelm-Institute für die Dauer ihres Amtes (ohne Zahlung eines Mitgliedsbeitrages) auch Mitglieder der KWG sind. Erst mit der Satzungsreform von 1925 wurden auch die wissenschaftlichen Mitglieder der Institute in der Satzung der KWG erwähnt und ihre Mitgliedschaft in der Gesamtgesellschaft verankert (ebenfalls ohne Zahlung eines Mitgliedsbeitrages). – Die Wissenschaftliche Mitgliedschaft war anfangs nur für die Direktoren der Institute gedacht, dann auch für die Leiter verschiedener (gleichberechtigter) Abteilungen. Ab 1929 gibt es zudem auf Anregung von Fritz Haber einen Wissenschaftlichen Rat der KWG (und später der MPG), dem alle Wissenschaftlichen Mitglieder angehören.

Wissenschaftliche Mitglieder (WM) werden vom Senat der KWG/MPG berufen (auf Grund ihrer wissenschaftlichen Leistungen und zumeist auf Empfehlung der zuständigen Sektion, im Falle des Chemie-Instituts heute also der Chemisch-Physikalisch-Technischen Sektion und des Institutsdirektors).

Seit Einführung der kollegialen Leitung im Rahmen der Strukturreform der MPG Anfang der 1970er Jahre werden die Hauptabteilungen der Institute von Direktoren geführt, die abwechselnd als Geschäftsführender (Instituts-)Direktor fungieren.

Wer seine Tätigkeit in der KWG/MPG aufgibt, verliert i.d.R. auch seine Mitgliedschaft in der Gesellschaft. Er kann vom Senat zum Auswärtigen Wissenschaftlichen Mitglied (AWM) ernannt werden, wenn weiterhin eine enge Arbeitsbeziehung zum Institut besteht. Solche Arbeitsbeziehungen können auch zu Auswärtigen Wissenschaftlichen

<sup>2</sup> Vgl. u.a. Fritz Haber an Emil Fischer am 25. 7. 1911. In: Horst Remane, Wolfgang Schweitzer (Hrsgg.): Richard Willstätter im Briefwechsel mit Emil Fischer in den Jahren 1901 bis 1918. Berlin 2000, S. 62 f. – Haber an Willstätter am 26. 7. 1911. In: Petra Werner, Angelika Irmscher (Hrsgg.): Fritz Haber. Briefe an Richard Willstätter 1910–1934. Berlin 2005, S. 43–45.

<sup>3</sup> Vertrag über die Errichtung des Kaiser-Wilhelm-Instituts für Chemie (Archiv der MPG (künftig MPG-Archiv), Abt. I, Rep. 11 Kaiser-Wilhelm-Institut für Chemie, Nr. 354).

<sup>4</sup> Ebenda.

Mitgliedschaften führen, ohne dass der/die Betreffende vorher an einem Institut der KWG/MPG gearbeitet hat. Wissenschaftliche Mitglieder, die an einem Institut emeritiert werden, werden meist als Emeritierte Wissenschaftliche Mitglieder weitergeführt. – Es gibt auch Ehrenmitgliedschaften sowie Mitglieder von Amts wegen (z.B. Senatoren als Vertreter der Wirtschaft oder der Politik).

Mit den Änderungen der Satzungen der KWG/MPG änderten sich auch die Definitionen der verschiedenen Mitgliedskategorien, so dass Irritationen über die genaue Zuordnung entstanden. Der Status von Lise Meitner beispielsweise veränderte sich dahingehend, dass sie zuerst lediglich als ‚derzeitiges Mitglied des Instituts‘ bezeichnet wurde und erst nach dem Ersten Weltkrieg als ‚Wissenschaftliches Mitglied (des Instituts)‘ geführt wurde – und damit ab 1925 als WM der KWG. Mit ihrer Emigration verlor sie ihren Status als ‚Wissenschaftliches Mitglied‘. Nach dem Zweiten Weltkrieg wurde sie dann vom Senat der MPG angefragt,<sup>5</sup> ob sie bereit wäre, ihre Mitgliedschaft in der nunmehrigen MPG zu erneuern. Sie wurde zunächst als Auswärtiges Wissenschaftliches Mitglied geführt, auf Grund der Satzungsänderung vom Oktober 1950 aber als Wissenschaftliches Mitglied der MPG, um Verwechslungen mit den Auswärtigen Wissenschaftlichen Mitgliedern der Institute zu vermeiden. – Emil Fischer wurde hier in die Liste aufgenommen, obwohl er kein Wissenschaftliches Mitglied des KWI für Chemie war, sondern von Beginn an (Förderndes) Mitglied der KWG. Doch hat er insbesondere als Vorsitzender des Verwaltungsrates des KWI für Chemie so viel für die Entwicklung dieses Instituts getan, dass uns seine Aufnahme gerechtfertigt erschien. – Bei Heinrich Wieland ist letztlich unklar, ob er überhaupt Wissenschaftliches Mitglied war, aber es gibt einen Senatsbeschluss von 1917, der dies zumindest nahelegt, indem eine „zeitweise Berufung [...] in das Kaiser-Wilhelm-Institut für Chemie“ protokolliert wird.<sup>6</sup> Da er nach Beendigung seiner Kriegsarbeit sofort wieder ausschied, entfiel auch seine mögliche Wissenschaftliche Mitgliedschaft, und da diese Kategorie offiziell erst 1925 Aufnahme im Statut der KWG fand, erscheint sein Name auch in den entsprechenden Mitgliederlisten nicht; gewissermaßen ein Kuriosum – wir haben Wieland deswegen aufgenommen.

<sup>5</sup> Niederschrift über die Sitzung des Senats der MPG am 29. 10. 1948, S. 25 (MPG-Archiv, Abt. II Max-Planck-Gesellschaft, Rep. 1A Senat, Protokolle).

<sup>6</sup> Protokoll über die Sitzung des Senats vom 13. 2. 1917, S. 5, TOP 9 (MPG-Archiv, wie Anm. 5). – Vgl. auch Adolf von Harnack an Emil Fischer und Fritz Haber am 19. 2. 1917 (MPG-Archiv, Abt. II, Rep. 1 A Generalverwaltung, PA Wieland). – Ebenfalls Haber an von Harnack am 28. 1. 1919 (Ebda.).

## Meinrat Otto Andreae

\* 19. 5. 1949 Augsburg  
 am MPI für Chemie seit 1. 1. 1987  
 WM seit 1. 1. 1987



Nach Abschluss seines Mineralogiestudiums an den Universitäten Karlsruhe und Göttingen bei Karl Hans Wedepohl (\* 1925) 1974 promovierte Andreae 1978 am Scripps Institution of Oceanography an der University of California, San Diego, bei Edward D. Goldberg (1921–2008) mit dem Thema „Distribution and speciation of arsenic in the natural environment“. Von 1978 bis 1982 war er Assistant Professor, bis 1986 Associate Professor und bis 1987 Full Professor für Ozeanographie an der Florida State University, Tallahassee. Während dieser Zeit war er darüber hinaus 1984 Gastprofessor an der Universität Antwerpen und 1985 Gastwissenschaftler am National Research Center for Atmospheric Research (NCAR) in Boulder/Colorado.

1987 folgte er der Berufung durch die MPG zum Direktor der neu gegründeten Abteilung Biogeochemie an das Max-Planck-Institut (MPI) für Chemie nach Mainz. Von 1993 bis 2002 war er zudem Gastprofessor am Department of Environmental Engineering Science des California Institute of Technology in Pasadena. 1996 übernahm er eine Honorarprofessur an der York University/Canada und 2010 am Institut für Geowissenschaften an der Johannes-Gutenberg Universität Mainz.

Andreae beschäftigt sich insbesondere mit der wechselseitigen Wirkung von Bio-, Geo- und Atmosphäre. Seine Arbeiten befassen sich vor allem mit dem Schwefel- und Stickstoffkreislauf, mit biogeochemischen Zyklen methylierter Metallverbindungen im Ozean, dem Einfluss von Biomasseverbrennung auf Ökosysteme und die Atmosphäre sowie mit den Ursprüngen klimawirksamer Aerosole und deren Verbreitung.

Für seine wissenschaftlichen Leistungen wurde Andreae vielfach ausgezeichnet. Zu seinen Ehrungen gehören der Fissan-Pui Prize der International Aerosol Research Association,

den er 2010 gemeinsam mit Paolo Artaxo (\* 1954) erhielt, und die Verleihung des Ehrendokortitels durch die Universität Gent 2010. Andreae ist u.a. Mitglied der European und American Geophysical Union sowie der American Association for the Advancement of Science. 2003 war er einer der weltweit am häufigsten zitierten Naturwissenschaftler.

Publikationen: Impact of biomass burning on cloud properties in the Amazon Basin. In: *Journal of Geophysical Research* 108 D2 (2003), S. 4062 (mit G.C. Roberts, A. Nenes und J.H. Seinfeld). – Raising dust in the greenhouse. In: *Nature* 380 (1996) 6573, S. 389 f. – Atmospheric chemistry. Fire and ice. In: *Nature* 429 (2004) 6993, S. 713. – Cloud condensation nuclei in polluted air and biomass burning smoke near the mega-city Guangzhou, China-Part 2: Size-resolved aerosol chemical composition, diurnal cycles, and externally mixed weakly CCN-active soot particles. In: *Atmospheric Chemistry and Physics* 11/6 (2011), S. 2817–2836 (mit D. Rose, S.S. Gunthe, H. Su et al.).



## Ernst Otto Beckmann

\* 4. 7. 1853 Solingen, † 12. 7. 1923

Berlin-Dahlem

Direktor des KWI für Chemie

15. 1. 1912–30. 9. 1921

WM des KWI für Chemie

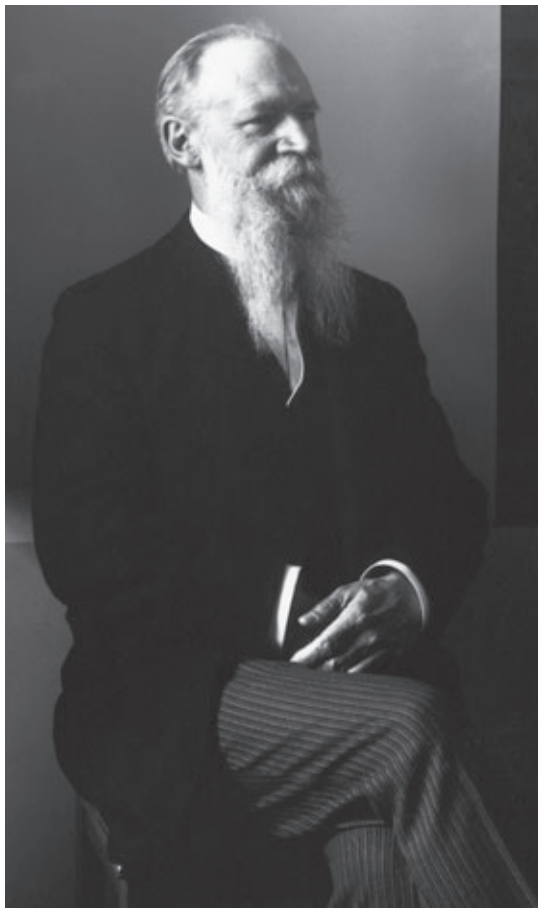
15. 1. 1912–12. 7. 1923

Mitglied der KWG

13. 2. 1917–12. 7. 1923

Erste Kontakte zur Chemie hatte Beckmann in der kleinen Farben- und Schmirgelfabrik seines Vaters. Auf dessen Wunsch nahm er nach dem Schulabschluss 1870 eine Apothekerlehre in Elberfeld auf und arbeitete anschließend an verschiedenen Orten als Apothekergehilfe. Von 1874 bis 1875 bildete er sich bei Carl Remigius Fresenius (1818–1897) in Wiesbaden in chemischer Analyse weiter und nahm auf dessen Empfehlung anschließend ein Chemie- und Pharmaziestudium bei Hermann Kolbe (1818–1884) in Leipzig auf.

1877 legte er sein pharmazeutisches Staatsexamen ab und promovierte 1878 in Chemie. Nach seinem Militärjahr ging er 1879 als Assistent an die Technische Hochschule Braunschweig und habilitierte sich dort 1882 für Chemie und Pharmazie. Um sich 1885 nach Leipzig umhabilitieren zu können, musste er mit einer Weiterbildung u.a. in Latein und Geschichte den Gymnasialabschluss nachholen. Er arbeitete in Leipzig ab 1885 zunächst bei Johannes Wislicenus (1835–1902) auf organischem Gebiet. Ab 1887 führte er am neugegründeten 2. Chemischen Laboratorium unter Wilhelm Ostwald (1853–1932) die Pharmazeutenausbildung durch. Angeregt durch Ostwald, befasste er sich mit der experimentellen Bestimmung der Molekulargewichte; zu diesem Zweck entwickelte er



das nach ihm benannte Beckmann-Thermometer, um eine genaue Gefrierpunktserniedrigung bzw. Siedepunktserhöhung feststellen zu können.

Noch 1890 in Leipzig zum ao. Professor ernannt, ging er 1891 als ao. Professor für Physikalische Chemie nach Gießen und 1892 als o. Professor für Pharmazeutische Chemie nach Erlangen, wo er gleichzeitig Direktor der dortigen staatlichen Untersuchungsanstalt für Nahrungs- und Genussmittel wurde. 1897 kam er als Ordinarius und Direktor des neugegründeten Laboratoriums für Angewandte Chemie zurück an die Leipziger Universität.

Im Rahmen der Gründung des Vereins Chemische Reichsanstalt wurde Beckmann 1908 zum designierten Präsidenten bestimmt. Als die diesbezüglichen Pläne schließlich in der Gründung des KWI für Chemie aufgingen, trug der Vereinsvorsitzende Emil Fischer ihm die Übernahme des Direktorenpostens an diesem Institut an. Zugleich wurde er Ordinarius an der Berliner Universität und Mitglied der Preußischen Akademie der Wissenschaften.

Am KWI für Chemie setzte Beckmann in seiner Abteilung anorganische und physikalische Chemie seine Leipziger Untersuchungen zur genauen Molekulargewichtsbestimmung und zur Spektralanalyse fort. Mit Kriegsausbruch übernahm er verschiedene kriegsrelevante Arbeiten, die von der Herstellung spezieller Schutzmasken, der Verständigung durch geheime Lichtsignale bis zum alkalischen Aufschluss von Stroh zur besseren Kohlehydratausnutzung (als Mitglied des Kriegsausschusses für Ersatzfutterstoffe) reichten. Gesundheitliche Probleme (vermutet werden Folgen der Entgiftungsversuche an Lupinen) führten 1921 zu seiner Emeritierung. In den 1913/14 für Carl Liebermann hergerichteten Räumen des Instituts wandte er sich in den letzten Lebensjahren wieder früheren Themen zu, so u.a. der sogenannten „Beckmannschen Umlagerung“, einer katalysierten Umwandlung von Ketoximen oder Aldoximen in Amide.

Beckmann war seit 1887 verheiratet und hatte drei Kinder.

Er war u.a. Mitglied der Deutschen Akademie der Naturforscher Leopoldina (1890) und der Sächsischen Akademie der Wissenschaften zu Leipzig (1890).

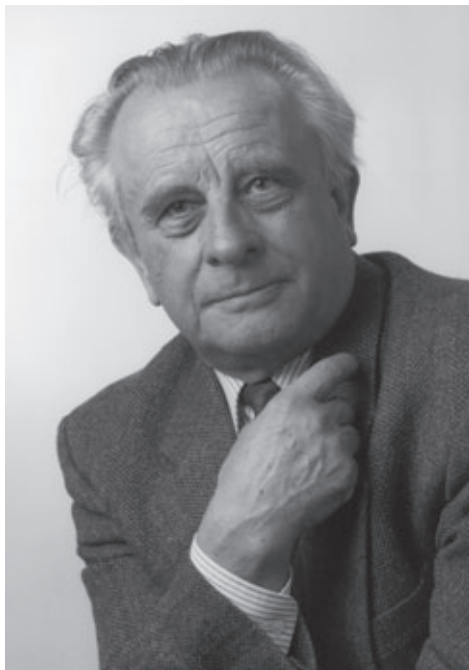
Literatur: Georg Lockemann: Ernst Beckmann (1853–1923). In: Berichte der Deutschen Chemischen Gesellschaft 61A (1928) 7, S. 87–130. – R.E. Oeser: Ernst Beckmann, 1853–1923. In: Journal of Chemical Education 21 (1944) 10, S. 470–475.

## Friedrich Heinrich Begemann

\* 28. 10. 1927 Almena/Lippe  
am MPI für Chemie seit 1. 7. 1957  
WM 25. 11. 1969–31. 10. 1995  
(danach em. WM)

Friedrich Begemann wuchs in Almena auf, besuchte die Staatliche Oberschule für Jungen in Rinteln/Westf. und geriet 1945 als Wehrdienstleistender in britische Kriegsgefangenschaft. Nach seiner Freilassung schloss er seine Schulausbildung ab und schrieb sich von 1947 bis 1952 für Physik an der Universität in Göttingen ein, wo er insbesondere bei Friedrich Houtermans (1903–1966) studierte. Nach Abschluss seines Diploms ging er mit Houtermans nach Bern und promovierte dort 1954 mit dem Thema „Messung des Thorium- und Radiumgehaltes von Gesteinen mit dem Proportionalzählrohr“. Im selben Jahr ging Begemann zu Willard F. Libby (1908–1980) an das Institute for Nuclear Studies (das später den Namenszusatz Enrico-Fermi-Institute erhielt) der University of Chicago und arbeitete in der Gruppe von Harold C. Urey (1893–1981) vor allem an Messungen der Verteilung von Tritium ( $^3\text{H}$ ) im Wasser und der Erdatmosphäre. Unter anderem verfolgte diese Gruppe die weltweite Verbreitung des 1954 durch die Zündung der ersten Wasserstoffbombe (Operation Castle) künstlich freigesetzten  $^3\text{H}$ .

1957 folgte Begemann einer Einladung Friedrich A. Paneths an das MPI für Chemie nach Mainz und konnte dort nach dessen Tod 1958 gemeinsam mit Heinrich Wänke die begonnenen Arbeiten zu Gasisotopen in Meteoriten (zunächst mit Unterstützung der Fritz Thyssen Stiftung) in der Abteilung von Heinrich Hintenberger fortsetzen. Begemann nahm zusätzlich Tätigkeiten als Privatdozent an der Universität Mainz (1961), als Gastprofessor für Physik an der Universität Bern (1964) und als außerplanmäßiger Professor an der Universität Mainz (1967) wahr. 1969 wurde er Wissenschaftliches Mitglied des MPI für Chemie und war ab 1977 bis zu seiner Emeritierung 1995 Leiter der



Abteilung Isotopenkosmologie dieses Instituts. 1998 war er als Gastwissenschaftler am International Space Science Institute (ISSI) in Bern tätig.

Begemann beschäftigt sich insbesondere mit der Altersbestimmung von Meteoriten und der chemischen und isotopischen Zusammensetzung des Sonnenwindes. Darüber hinaus befasst er sich mit Analysen zur Kernsynthese (besonders von mittelschweren Elementen und ihren Isotopen). Zusammen mit Heinrich Wänke und anderen analysierte er das erste Mondgestein, das die NASA nach der erfolgreichen Apollo-11 Mission dem Mainzer Institut überließ.

Friedrich Begemann wurde für seine wissenschaftlichen Leistungen mehrfach ausgezeichnet. Er ist seit 1976 Mitglied der Meteoritical Society, die ihm 1995 die Leonard Medal verlieh. 2002 wurde Begemann Namenspatron des Asteoriden 1982 BD13.

Publikationen: Tritium and Deuterium Content of Atmospheric Hydrogen. In: Zeitschrift für Naturforschung A 14 (1959), S. 1024 (mit I. Friedman). – Edelgasmessungen an Eisenmeteoriten und deren Einschlüssen. In: Zeitschrift für Naturforschung A 20 (1965) S. 950. – Major and Trace Elements and Cosmic-Ray Produced Radioisotopes in Lunar Samples. In: Science 167 (1970) 3918, S. 523–525 (mit H. Wänke, E. Vilcsek, R. Rieder, F. Teschke, W. Born, M. Quijano-Rico, H. Voshage und F. Wlotzka). – Allende meteorite. Old age but normal isotopic composition of potassium. In: Nature 282 (1979), S. 290 f. (mit W. Stegmann).

Literatur: Ursula B. Marvin: Oral histories in meteoritics and planetary science: VIII. Friedrich Begemann. In: Meteoritics & Planetary Science 37 (2002) Suppl., S. B69–B77.

## Stephan Borrmann

\* 18. 1. 1959 Mainz  
am MPI für Chemie seit 1. 1. 2001  
WM seit 1. 1. 2001



Borrmann studierte von 1977 bis 1984 Physik und Biologie an der Johannes-Gutenberg-Universität in Mainz. 1985 ging er für ein Jahr an die Naval Postgraduate School nach Monterey in Kalifornien. 1991 erfolgte die Promotion in experimenteller Meteorologie zum Thema „On sizes and spatial distributions of cloud droplets measured in-situ by Fraunhofer in-line holography“. Anschließend arbeitete er als Post-Doc am National Center for Atmospheric Research (NCAR) in Boulder/Colorado.

Von 1998 bis 2000 leitete er die Forschungsgruppe für Aerosole am Institut für Chemie und Dynamik der Geosphäre des Forschungszentrums Jülich und habilitierte sich 1999 in Meteorologie. 2000 folgte er einem Ruf auf eine Professur für Physik an das Institut für Physik der Atmosphäre der Johannes-Gutenberg-Universität Mainz.

2001 wurde Borrmann Direktor der neu gegründeten Abteilung für Wolkenphysik und -chemie am MPI für Chemie, die 2005 in Abteilung Partikelchemie umbenannt wurde.

Borrmann befasst sich insbesondere mit Analysen physikalischer und chemischer Vorgänge in Aerosolen, Eis- und polaren Stratosphärenwolken.

Publikationen: Atmospheric science. Lasing on a cloudy afternoon. In: *Nature* 418 (2002), S. 826 f. (mit J. Curtius). – Global air pollution crossroads over the Mediterranean. In: *Science* 298 (2002), S. 794–799 (mit J. Lelieveld, H. Berresheim, P. J. Crutzen, F. J. Dentener, H. Fischer, J. Feichter, P. J. Flatau, J. Heland, R. Holzinger, R. Kormann, M. B. Lawrence, Z. Levin, K. Markowicz, N. Mihalopoulos, A. Minikin, V. Ramanathan, M. de Reus, G. J. Roelofs, H. A. Scheeren, J. Sciare, H. Schlager, M. Schulz, P. Siegmund, B. Steil, E. G. Stephanou, P. Stier, M. Traub, C. Warneke, J. Williams, H. Ziereis). – Development and characterization of an ion trap mass spectrometer for the on-line chemical analysis of atmospheric aerosol particle. In: *International Journal of Mass Spectrometry* 265 (2007), S. 30–39 (mit A. Kürten, J. Curtius, F. Helleis, E. R. Lovejoy).



## Paul Josef Crutzen

\* 3. 12. 1933 Amsterdam  
 am MPI für Chemie seit 1. 7. 1980  
 WM 15. 6.1978–31. 12. 2000  
 (danach em. WM)

Als eines von zwei Kindern in Amsterdam aufgewachsen, beendete Paul Crutzen 1954 sein Studium als Bauingenieur an der Middelbare Technischen School (MTS, heute HTS) in der niederländischen Hauptstadt. Seine anschließende Tätigkeit im Brückenkonstruktionsbüro Amsterdam bis 1958 wurde durch den 1956 beginnenden und 21 Monate dauernden Militärdienst unterbrochen. 1958 heiratete

Crutzen. Im selben Jahr folgte der Umzug nach Gävle in Schweden, wo er zunächst im Büro für Hauskonstruktion (HKB) arbeitete. Ab dem 1. Juli 1959 war er als Programmierer am meteorologischen Institut der nahegelegenen Universität Stockholm (MISU) tätig, an dem er dann Mathematik, Statistik und Meteorologie studierte.

1968 promovierte Crutzen bei Bert Bolin (1925–2007) mit dem Thema „Determination of parameters appearing in the ‚dry‘ and the ‚wet‘ photochemical theories for ozone in the stratosphere.“ Bis 1974 bekleidete er Lehr- und Forschungsstellen bis zum Grad des Research Assistant Professor. Unterbrochen wurde die Zeit am MISU durch einen Aufenthalt von 1969 bis 1971 als Postdoc am Clarendon Laboratory der University of Oxford, gefördert von der European Space Research Organization. 1973 habilitierte sich Crutzen am MISU mit der Arbeit „On the photochemistry of ozone in the stratosphere and troposphere and pollution of the stratosphere by high-flying aircraft“, ging 1974 an das National Center for Atmospheric Research (NCAR) in Boulder/Colorado und forschte dort im Rahmen des Upper Atmosphere Project; er fungierte zudem als Berater u.a. der National Oceanic and Atmospheric Administration (NOAA) in Boulder. Von 1977 bis 1980 war er Direktor der Air Quality Division am NCAR und nahm zwischen 1976 und 1981 eine Stelle als ao. Professor am Atmospheric Science Department an der Colorado State University wahr.

1978 wurde Crutzen zum Wissenschaftlichen Mitglied des MPI für Chemie berufen und trat 1980 die Nachfolge Christian Junges als Direktor der Abteilung Chemie der Atmosphäre an. Von 1983 bis 1985 war er Geschäftsführender Direktor des Instituts; im November 2000 wurde er emeritiert.

Des Weiteren war Crutzen zwischen 1987 und 1991 Teilzeitprofessor am Department für Geophysical Sciences an der University of Chicago und von 1992 bis 2008 an der Scripps Institution of Oceanography der University of California in La Jolla; dort ist er seit Mai 2008 Professor Emeritus. Zwischen 1997 und 2000 war er weiterhin als Teilzeitprofessor am Institut für Meereswissenschaft und Wissenschaften der Atmosphäre an der Universität Utrecht tätig.

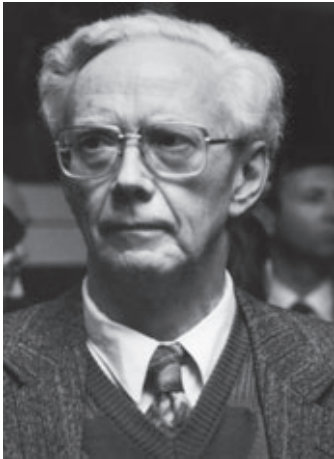
Crutzen wurde u.a. durch seine Arbeiten zur Rolle von Stickoxiden in der Atmosphäre, seine Mitwirkung an der Erstellung von Szenarien zum Nuklearen Winter und durch den Vorschlag eines neuen Erdzeitalters, das er als Anthropozän bezeichnete, bekannt. Dieser Begriff hat inzwischen auch Eingang in die öffentlichen Medien gefunden.

Paul Crutzen erhielt zahlreiche Auszeichnungen und Ehrungen. Darunter befindet sich der Leo Szilard Lectureship Award 1985 der American Physical Society (für den Einsatz der Physik im öffentlichen Interesse) und der Nobelpreis für Chemie 1995, der ihm insbesondere für seine Beiträge über die chemische Zusammensetzung der Ozonschicht – gemeinsam mit Mario J. Molina (\* 1943) und Frank S. Rowland (1927–2012) – verliehen wurde. 1996 erhielt er das Bundesverdienstkreuz. Außerdem wurden ihm mehrere Ehrendoktorate verliehen, und er ist u.a. Mitglied der Deutschen Akademie der Naturforscher Leopoldina (1992) und der US-National Academy of Science (1994).

**Publikationen:** The influence of nitrogen oxides on the atmospheric ozone content. In: *Quarterly Journal of the Royal Meteorological Society* 96 (1970), S. 320–325. – Comments on “Absorption and emission by carbon dioxide in the mesosphere”. In: *Ebda.*, S. 767–769. – The atmosphere after a nuclear war: Twilight at noon. In: *Ambio* 11 (1982), S. 114–125 (mit John W. Birks). – *Atmosphäre im Wandel. Die empfindliche Lufthülle unseres Planeten.* Heidelberg/Berlin/Oxford 1996 (mit Thomas E. Graedel). – The New World of the Anthropocene. In: *Environmental Science & Technology* 44 (2010) 7, S. 2228–2231 (mit J. Zalasiewicz, M. Williams, W. Steffen).

**Literatur:** Les Prix Nobel en 1995. Ed. Tore Frängsmyr. Stockholm 1996, S. 116–122. – Marion Kazemi: *Nobelpreisträger in der Kaiser-Wilhelm-/Max-Planck-Gesellschaft*, 2. Aufl. Berlin 2006, S. 48–52 (= Veröffentlichungen aus dem Archiv der Max-Planck-Gesellschaft, 15).





## Hans Ehrenberg

\* 13. 9. 1922 Bonn, † 19. 11. 2004 Mainz  
AWM 19. 6. 1975–19. 11. 2004

Hans Ehrenberg, Sohn des gleichnamigen Mineralogen (1894–1977), begann ein Physikstudium an der Technischen Hochschule Aachen, bevor er zum Wehrdienst im Zweiten Weltkrieg eingezogen wurde. Nach seiner Rückkehr setzte er sein Studium in Göttingen fort und promovierte 1950 bei Wolfgang Paul (1913–1993, Nobelpreis 1989) über „Isotopenanalyse an Bleierzten in Mineralien“. Danach folgte er Paul als Assistent an das Physikalische

Institut der Universität Bonn, wo er am Aufbau des von Paul konzipierten 500-MeV-Elektronen-Synchrotrons mitwirkte, dem ersten dieser Größenordnung in Europa.

Nach einem Forschungsaufenthalt 1956/57 bei Robert Hofstadter (1915–1990, Nobelpreis 1961) an der Stanford University habilitierte sich Ehrenberg 1958 in Bonn. 1961 ging er an die Universität Mainz, wo er am Institut für Kernphysik den von Herwig Schopper (\* 1924) begonnenen Aufbau des 300-MeV-Elektronenlinearbeschleunigers, der ab 1967 gemeinsam mit dem MPI für Chemie betrieben wurde, realisierte. Seit Anfang der 1970er Jahre konzipierte er mit seinen Mitarbeitern einen verbesserten Elektronenbeschleuniger, das Mainzer Mikrotron MAMI, das 1980 mit 15 MeV in Betrieb ging und bis 1991 auf eine Leistung von 855 MeV ausgebaut wurde.

Forschungsschwerpunkte waren die Vermessung der Kernladungsverteilung insbesondere bei schweren Kernen sowie Messungen zur Totalabsorption hochenergetischer Photonen an Atomkernen (woran die Arbeitsgruppe Ziegler vom MPI für Chemie wesentlich beteiligt war).

In den 1970er Jahren war Ehrenberg auch Vorsitzender des Wissenschaftlichen Rates beim DESY in Hamburg. Nach seiner Emeritierung 1990 unterstützte er u.a. die Volksternwarte Mainz bei der Betriebsverbesserung ihres Refraktors. Ehrenberg war u.a. Mitglied der Mainzer Akademie der Wissenschaften und Literatur.

Literatur: Nachruf im Jahresbericht 2004–2005 des Instituts für Kernphysik der Johannes-Gutenberg-Universität Mainz, S. 15–17.

## Emil Hermann Fischer

\* 9. 10. 1852 Euskirchen,  
 † 15. 7. 1919 Berlin  
 Mitglied der KWG  
 11. 1. 1911–15. 7. 1919  
 Senator der KWG 1911–1919,  
 2. Schriftführer der KWG  
 23. 1. 1911–17. 6. 1913,  
 2. Vizepräsident der KWG  
 17. 6. 1913–15. 7. 1919,  
 Vorsitzender des Verwaltungsausschusses des KWI für Chemie  
 Dez. 1911–Juli 1919

Der Kaufmannssohn studierte nach abgebrochener Kaufmannslehre von 1871 bis 1874 Chemie in Bonn und Straßburg; dort wurde er 1874 bei Adolf von Baeyer (1835–1917) promoviert. In Straßburg gelang ihm 1875 mit der Entdeckung des Phenyl-

hydrazins sein erster bedeutender Erfolg in der Forschung (Phenylhydrazin ist ein geeignetes Reagenz für die Identifizierung von Verbindungen mit Carbonylgruppen).

1875 folgte er von Baeyer als Assistent an die Universität München, wo er sich 1878 habilitierte und 1879 als Professor für analytische Chemie berufen wurde. Über Ordinariate in Erlangen (1882–1884) und Würzburg (1885–1892) kam er 1892 als Nachfolger von August Wilhelm Hofmann (1818–1892) an die Berliner Universität und übernahm das I. Chemische Institut in der Georgenstraße. Den ihm mit der Berufung zugesagten Neubau in der Hessischen Straße in der Nähe der Charité konnte er im Jahre 1900 eröffnen – der Bau galt damals als das modernste und am zweckmäßigsten konzipierte chemische Institut.



1884 hatte Fischer seine Arbeiten zur Chemie der Kohlenhydrate begonnen. Mit Hilfe des Phenylhydrazins gelang es ihm, alle sechs bis dahin bekannten (und natürlich vorkommenden) Saccharide chemisch zu trennen. Auf dieser Grundlage konnte er die Synthese dieser und noch etwa 30 weiterer künstlicher Saccharide vornehmen. Die Unterschiede zwischen diesen einzelnen Zuckern wurden erst durch eine stereochemische Betrachtungsweise verständlich. Fischer entwickelte dabei eine Systematik der Zucker und auch eine spezifische zweidimensionale Schreibweise für die dreidimensionalen Verbindungen (Fischersche Konfigurationsformeln). Die Bedeutung der unterschiedlichen geometrischen Struktur der Saccharide wurde namentlich bei deren biochemischer Umwandlung durch Enzyme deutlich.

Mit der Erforschung der Purin-Derivate widmete sich Fischer dem Gebiet der physiologisch interessanten Naturstoffe und eröffnete das Gebiet der Biochemie. In der Berliner Zeit verlagerte sich der Schwerpunkt dann auf die Erforschung der Proteine. Er befasste sich mit der Aufklärung der Eiweißstrukturen und zeigte, dass Aminosäuren die ausschließlichen Bausteine der Eiweiße sind.

Gemeinsames Ziel aller Arbeiten war – bei aller Unterschiedlichkeit – die Strukturermittlung und Synthese lebenswichtiger organischer Stoffe. Dabei stand die präparative Chemie im Vordergrund. Er gilt als Begründer der klassischen organischen Chemie, hat aber auch allen anderen Gebieten der Chemie Beachtung geschenkt.

In seinen Bemühungen um neue Organisationsformen der wissenschaftlichen Forschung wurde Fischer im Zusammenwirken mit der chemischen Großindustrie zu einem wesentlichen Promotor für die Gründung der KWG und bemühte sich insbesondere um deren Institute für Chemie, Eisenforschung und Kohlenforschung. Während des Ersten Weltkrieges wirkte er als Leiter zahlreicher Kommissionen zur Ersatzbeschaffung von Nahrungs- und Futtermitteln.

Eine Krebserkrankung und Depressionen infolge des Todes zweier von drei Söhnen im Ersten Weltkrieg führten vermutlich zum Freitod Fischers.

Für seine Arbeiten über die Zucker- und Purin-Synthesen erhielt Fischer 1902 den Nobelpreis für Chemie. 1904 wurde er Mitglied des Ordens Pour le mérite für Wissenschaften und Künste. Er war Mitglied zahlreicher wissenschaftlicher Gesellschaften und Akademien; genannt seien hier nur die Mitgliedschaft in der Preußischen Akademie der Wissenschaften zu Berlin (1893) und in der Bayerischen Akademie der Wissenschaften (1880). Carl Duisberg (1861–1935), Generaldirektor der Farbenfabriken Bayer, stiftete anlässlich Fischers 60. Geburtstag die Emil-Fischer-Medaille, die seither von der Gesell-



schaft Deutscher Chemiker für Verdienste um die organische Chemie regelmäßig verliehen wird (Otto Hahn erhielt sie 1919).

Publikationen: Gesammelte Werke. 7 Bde. Hrsg. von Max Bergmann, Berlin 1906–1925.

Literatur: Horst Remane: Emil Fischer. Leipzig 1984 (= Biographien hervorragender Naturwissenschaftler, Techniker und Mediziner, 74). – George B. Kauffman, Paul M. Priebe: Emil Fischer's Role in the Founding of the Kaiser Wilhelm Society. In: *Journal of Chemical Education* 66 (1989) 5, S. 394–400. – Dietrich Stoltzenberg: Emil Fischer und die chemische Industrie. Sein Verhältnis zu Carl Duisberg. In: *Dahlemer Archivgespräche* 9 (2003), S. 24–42. – Marion Kazemi: Nobelpreisträger in der Kaiser-Wilhelm-/Max-Planck-Gesellschaft, 2. Aufl. Berlin 2006, S. 90–94 (= Veröffentlichungen aus dem Archiv der Max-Planck-Gesellschaft, 15).





## Otto Hahn

\* 8. 3. 1879 Frankfurt a.M.,  
 † 28. 7. 1968 Göttingen  
 WM KWI/MPI für Chemie  
 1. 10. 1912–31. 5. 1960  
 (danach em. Mitglied)  
 Senator der KWG 1928–1936,  
 Vorsitzender der CPTS 1932–1936,  
 Stellvertretender Vorsitzender der CPTS  
 1929–1932 und 1936–1939  
 Präsident der KWG 1. 4. 1946–6. 4. 1951,  
 Präsident der MPG (in der britischen  
 Besatzungszone 11. 9. 1946–24. 2. 1948)  
 26. 2. 1948–19. 5. 1960,  
 Ehrenpräsident und Ehrensenator der  
 MPG 19. 5. 1960–28. 7. 1968  
 2. Direktor des KWI für Chemie ab  
 12. 7. 1924,  
 Direktor des KWI für Chemie  
 1. 4. 1928–30. 9. 1946 (kommissarisch  
 bereits seit 1926), kommissarischer  
 Direktor des KWI für physikalische  
 Chemie und Elektrochemie  
 1. 8.–30. 10. 1933

Hahn war der jüngste Sohn eines Glasermeisters aus dem ‚gehobenen Handwerkerstand‘ Frankfurts. Er studierte Chemie in Marburg bei Theodor Zincke (1843–1928) und in München bei Adolf von Baeyer (1835–1917). Er promovierte in Marburg und war nach seinem Militärfahr Assistent bei Zincke. 1904 ging er nach London zu William Ramsay (1852–1916), um sich auf eine Industriechemikerkarriere vorzubereiten. Hier wurde er mit dem neuen Forschungsgebiet der Radioaktivität vertraut und ging deshalb noch zu einem Studienaufenthalt zu Ernest Rutherford (1871–1937) nach Montreal. Dann bot ihm Emil Fischer (1852–1919) eine Assistentenstelle an seinem Berliner Chemischen Institut an, wohin er 1906 kam. 1907 habilitierte er sich in Berlin. Im gleichen Jahr fand

er die Radioelemente Mesothorium I und Mesothorium II, die bald in vielen Anwendungsbereichen als Ersatz für das teurere Radium dienen konnten. 1907 lernte er im Berliner Physikalischen Kolloquium die Physikerin Lise Meitner (1878–1968) kennen, und eine fruchtbare Zusammenarbeit begann.

1910 wurde Hahn der Professorentitel verliehen; im gleichen Jahr war er auch Mitglied der neugegründeten Internationalen Radium-Standard-Kommission geworden. 1912 wurde ihm die Leitung der kleinen Abteilung für radioaktive Forschung am neugegründeten KWI für Chemie in Berlin-Dahlem übertragen. Am Ersten Weltkrieg nahm Hahn in der von Fritz Haber (1868–1934) geleiteten Spezialtruppe für Gaskampf teil. Lise Meitner nahm 1916 gemeinsame Versuche wieder auf, an denen Hahn sporadisch teilnehmen konnte und 1917 entdeckten sie das Element 91 (Protactinium). 1918 gab es eine Neustrukturierung der Radioaktiven Abteilung im KWI für Chemie. Die Forschungen von Hahn und Meitner bewegten sich nun auf etwas eigenständigeren Themenfeldern.

Die Domäne von Hahn und seiner radiochemischen Abteilung wurde die angewandte Radiochemie und dabei insbesondere das Arbeiten mit minimalen ‚gewichtslosen‘ Mengen. Insbesondere seine ‚Emaniermethode‘ (Verfahren zum Studium von Struktur- und Oberflächenänderungen fester Körper mittels des radioaktiven Edelgases Radon) fand verbreitete Anwendung. Auch befasste er sich mit geochemischen Methoden zur geologischen Altersbestimmung.

Die Erforschung der (sogenannten) Transurane führte ab 1934 wieder zu einer engeren Zusammenarbeit von Hahn und Meitner, nunmehr unter Hinzuziehung des Radiochemikers Fritz Straßmann (1902–1980). Nach der durch die politischen Verhältnisse erzwungenen Emigration Meitners im Sommer 1938 gelang Hahn und Straßmann bei Fortsetzung der Versuchsreihen im Dezember 1938 die Entdeckung der Urankernspaltung; Meitner und ihr Neffe Otto Robert Frisch (1904–1979) konnten an der Jahreswende 1938/39 aus dem Exil die physikalische Erklärung dafür liefern.

Am physikalischen Problem der Energiegewinnung auf der Basis der Atomkernspaltung war Hahn relativ wenig interessiert, doch befasste er sich mit seinen Mitarbeitern weiterhin mit der Untersuchung der Spaltprodukte. Auf diese Weise war er am deutschen Uranprojekt während des Zweiten Weltkrieges beteiligt und gewissermaßen als ‚Seniorwissenschaftler‘ auch weitgehend über die Projektentwicklung informiert.

Nach dem Kriege wurde Hahn von den Alliierten in der zweiten Jahreshälfte 1945 mit weiteren führenden Wissenschaftlern des deutschen Uranprojektes im britischen Farm Hall interniert. Dort erfuhr er von den amerikanischen Atombombenabwürfen über

japanischen Städten und war nicht nur tief erschüttert, sondern wurde sich auch seiner Verantwortung als Entdecker der Kernspaltung durchaus bewusst. So wurde er 1955 Initiator der ‚Mainauer Kundgebung‘ zur Warnung vor einem Kernwaffeneinsatz und 1957 Mitinitiator der ‚Göttinger Erklärung‘ gegen eine nukleare Aufrüstung der Bundeswehr.

Anfang 1946 nach Göttingen zurückgekehrt, wurde Hahn zum Präsidenten der Kaiser-Wilhelm-Gesellschaft und ebenso der 1946/48 gegründeten Max-Planck-Gesellschaft gewählt, der er bis 1960 vorstand. In dieser Funktion widmete er seine ganze Kraft dem Wiederaufbau der Forschung in (West-)Deutschland.

Für die Entdeckung der Kernspaltung wurde Hahn 1945 der Nobelpreis für Chemie des Jahres 1944 zugesprochen (entgegengenommen 1946). Hahn war u.a. Mitglied der Berliner Akademie der Wissenschaften (OM 1924), der Deutschen Akademie der Naturforscher Leopoldina in Halle (OM 1926), der Bayerischen (KM 1937) und der Schwedischen (AM 1943) Akademie der Wissenschaften. Unter den zahlreichen Ehrungen seien neben mehreren Ehrendoktoraten und Ehrenmitgliedschaften noch genannt: Max-Planck-Medaille der DPG (1949, mit L. Meitner), Mitglied des Ordens Pour le mérite (1952); Enrico-Fermi-Preis (1966; gemeinsam mit L. Meitner und F. Straßmann). – Die Gesellschaft Deutscher Chemiker und die Deutsche Physikalische Gesellschaft stifteten 1953 gemeinsam den Otto-Hahn-Preis; die Stadt Frankfurt am Main vergibt ebenfalls einen Otto-Hahn-Preis. Das MPI für Chemie trägt seit 1959 im Untertitel seinen Namen.

Hahn war seit 1913 verheiratet und hatte einen Sohn.

Publikationen: Über ein neues, die Emanation des Thoriums gebendes radioaktives Element. In: Jahrbuch der Radioaktivität und Elektronik 2 (1905), S. 233–266. – Die Muttersubstanz des Actiniums, ein neues radioaktives Element von langer Lebensdauer. In: Physikalische Zeitschrift 19 (1918), S. 208–218 (mit L. Meitner). – Applied Radiochemistry. London & Ithaca 1936. – Über den Nachweis und das Verhalten der bei der Bestrahlung des Urans mittels Neutronen entstehenden Erdalkalimetalle. In: Die Naturwissenschaften 27 (1939) 1, S. 11–15 (mit F. Straßmann). – Cobalt 60. Gefahr oder Segen für die Menschheit? Göttingen u.a. 1955.

Literatur: Dietrich Hahn (Hrsg.): Otto Hahn. Begründer des Atomzeitalters. München 1979. – Dietrich Hahn (Hrsg.): Otto Hahn. Mein Leben. München 1986 (erw. Neuausgabe). – Klaus Hoffmann: Otto Hahn. Schuld und Verantwortung. Heidelberg u.a. 1993. – Jost Lemmerich: Die Geschichte der Entdeckung der Kernspaltung. Ausstellungskatalog, Berlin 1989. – Marion Kazemi: Nobelpreisträger in der Kaiser-Wilhelm-/Max-Planck-Gesellschaft, 2. Aufl. Berlin 2006, S. 114–120 (= Veröffentlichungen aus dem Archiv der Max-Planck-Gesellschaft, 15).



## Kurt Hess

\* 5. 10. 1888 Krefeld, † 8. 4. 1961 Immenstadt  
im Allgäu  
am KWI für Chemie 1. 4. 1921–31. 12. 1930  
(Gastabteilung 1931–1944)  
WM 1. 4. 1921–31. 12. 1930,  
AWM 30. 3. 1931–25. 10. 1949



Kurt Hess, Sohn eines Vorstandsmitgliedes der Bayer Farbenfabrik Elberfeld (später IG Farben), studierte von 1908 bis 1910 in Dresden und 1910/11 in Jena Chemie (Promotion 1911). 1911 bis 1913 Mitarbeiter bei Emil Fischer in Berlin, 1914 Habilitation in Freiburg/Br., 1916 ao. Professor daselbst, 1918 ao. Professor an der TH Karlsruhe sowie von 1932 bis 1934 ao. Professor an der Berliner Universität, wurde er 1921 Abteilungsleiter am KWI für Chemie in Berlin und baute hier eine neue chemisch-organische Abteilung mit dem Schwerpunkt Zellulosechemie auf. 1926 wurde er Mitglied der Deutschen Akademie der Naturforscher Leopoldina.

Seine Bemühungen um ein Ordinariat scheiterten, da er zwar einerseits als kenntnisreich und phantasiebegabt, andererseits aber im persönlichen Kontakt als schillernde Persönlichkeit mit einem Hang zur Unwahrheit galt und einige seiner wissenschaftlichen Auffassungen und Folgerungen umstritten waren. Seine Fürsprecher kamen vor allem aus der Industrie – u.a. Carl Duisberg und Arthur von Weinberg. Politisch neigte er früh den Ansichten des Nationalsozialismus zu, trat 1933 der SA und 1940 der NSDAP bei (später auch der SS). 1938 denunzierte er Lise Meitner beim Sicherheitsdienst als Jüdin und hätte fast ihre Emigration verhindert.

Seine Abteilung am KWI für Chemie wurde 1931 in eine Gastabteilung umgewandelt und nicht mehr von der KWG mitfinanziert, sondern nur noch von der IG Farbenindustrie (und teilweise der DFG); die Abteilung blieb allerdings in den bisherigen Räumen des KWI. Der Status der Abteilung war stets etwas umstritten, da sich Hess weiterhin als zur KWG gehörig betrachtete, obwohl er als „Auswärtiger Mitarbeiter“ der IG Farben

galt. Seine Abteilung wurde infolge der Zerstörung des KWI für Chemie 1944 nach Löwenberg in Schlesien (heute: Lwówek Śląski) verlagert, und er nannte sie wegen eines Forschungsauftrages von Reichsführer SS Heinrich Himmler nun „Institut für Kautschukforschung“.

1952 wurde Hess Honorarprofessor und Leiter des „Labors für Mehl- und Eiweißforschung“ an der Technischen Hochschule Hannover. An der Technischen Universität München wurde eine Forschungsstelle der Deutschen Forschungsanstalt für Lebensmittelchemie als „Kurt-Hess-Institut für Mehl- und Eiweißforschung“ bezeichnet, inzwischen ist sie nach dem Lebensmittelchemiker Hans-Dieter Belitz (1931–1993) benannt.

Hess' Hauptarbeitsgebiet war die Erforschung hochmolekularer Stoffe, wobei er die Vorstellung makromolekularer Gebilde weitgehend ablehnte, dennoch aber wichtige Erkenntnisse beigetragen hat. Als Untersuchungsmethoden führte er Röntgenanalyse und Elektronenmikroskopie in die organische Chemie ein. Seine Bandbreite reichte von der Zellulose über Faserstoffe und Kautschuk bis zur Chemie der Mehl- und Getreideproteine.

Publikationen: Die Chemie der Zellulose und ihrer Begleiter. Leipzig 1928.

Literatur: Manfred Rasch: Das Schlesische Kohlenforschungsinstitut der Kaiser-Wilhelm-Gesellschaft. In: Bernhard vom Brocke, Hubert Laitko (Hrsgg.): Die Kaiser-Wilhelm-/Max-Planck-Gesellschaft und ihre Institute. Das Harnack-Prinzip. Berlin 1996, S. 173–210, insbesondere S. 208. – Ute Deichmann: Flüchten, Mitmachen, Vergessen. Chemiker und Biochemiker in der NS-Zeit. Weinheim u.a. 2001 (div. Anmerkungen).

## Heinrich Hintenberger

\* 7. 2. 1910 Ober-Grafendorf/Niederösterreich,  
 † 5. 12. 1990 Mainz  
 am KWI/MPI für Chemie  
 21. 6. 1943–28. 2. 1978, Direktor seit 3. 6. 1959  
 WM 1. 7. 1956–28. 2. 1978 (dann em. WM)



Heinrich Hintenbergers Eltern verstarben in seiner frühen Kindheit, sein Vater war kaufmännischer Angestellter. Nach dem Physikstudium promovierte Hintenberger bei Josef Mattauch 1935 an der Universität Wien mit einer Arbeit über Massenspektroskopie und war bis Ende 1937 wissenschaftliche Hilfskraft an der Universität und der Technischen Hochschule Wien. 1938 ging er an das II. Forschungslaboratorium der Siemens & Halske AG, das von dem Physiker Gustav Hertz (1887–1975) geleitet wurde.

1943 wechselte er an das KWI für Chemie in Berlin-Dahlem und machte auch 1944 dessen Verlagerung nach Tübingen mit. Von 1949 bis 1951 war er gemeinsam mit Mattauch am Theodor-Kocher-Institut der Universität Bern tätig. Während dieser Zeit war er am MPI für Chemie beurlaubt. 1950 habilitierte er sich für Experimentalphysik an der Universität Bern und habilitierte sich 1953 nach Mainz um. 1951 kehrten Mattauch und Hintenberger an das MPI für Chemie zurück, das mittlerweile nach Mainz umgezogen war. 1956 zum Wissenschaftlichen Mitglied des MPI für Chemie (und zum apl. Professor für Physik an der Universität Mainz) ernannt, wurde Hintenberger 1959 Direktor der selbstständigen Abteilung für Massenspektroskopie. Er behielt diese Stellung bis zu seiner Emeritierung 1978. Vom Ausscheiden Mattauchs 1965 bis zum Amtsantritt Christian Junges am 1. Oktober 1968 war er kommissarischer Direktor des Instituts.

Hintenbergers zeitlich direkt an seine Promotion anschließenden Arbeiten bezogen sich nicht auf die Massenspektroskopie. So arbeitete er zunächst in Wien zum elastischen Verhalten von Kautschuk, und in seiner Zeit am Forschungslaboratorium von Siemens publizierte er hauptsächlich zur Physik von Halbleitern. Von 1943 an forschte Hintenberger

ausschließlich zur Massenspektroskopie. Während des Zweiten Weltkrieges wirkte er an der Konstruktion eines Massenspektrometers mit, das der Bestimmung der Anreicherungsgehalte bei der Isotopentrennung dienen sollte. Seine frühen Nachkriegsarbeiten konzentrierten sich auf die Verbesserung des Auflösungsvermögens großer Massenspektrographen. In seiner Berner Zeit berechnete er einen Massenspektrographen nach dem Design von Mattauch und Richard Herzog, welcher die Bildfehler (Fehler 2. Ordnung) in der ‚Ionenoptik‘ korrigieren sollte. Unter Hintenbergers Leitung wurden zahlreiche Spezialmassenspektrometer konstruiert, so für hochpräzise Edelgasmessungen. 1956 organisierte er in Mainz die erste umfassende internationale Konferenz auf dem Gebiet der Präzisionsbestimmung von Atommassen. Seit Mitte der 1950er Jahre beteiligte sich Hintenberger mit seiner methodischen Expertise an Untersuchungen zur Analyse des Edelgasgehalts von Meteoriten. Er war auch an geochemischen Untersuchungen beteiligt, die der Datierung von Mineralien dienten. In den Apollo-11 und Apollo-12 Programmen der NASA wirkte er als ‚Principal Investigator‘.

Heinrich Hintenberger war verheiratet und hatte einen Sohn.

Publikationen: Methoden und Anwendungen der Massenspektroskopie. Weinheim 1953 (mit Heinz Ewald).

Literatur: Ludolf Schultz: Nachruf. In: MPG Berichte und Mitteilungen Heft 4/1991, S. 96 f. – Ludolf Schultz: Memorial for Heinrich Hintenberger. In: Meteoritics 26 (1991), S. 172.

## Albrecht Werner Hofmann

\* 11. 3. 1939 Zeitz

am MPI für Chemie 1. 7. 1980–31. 3. 2007

WM 1. 7. 1980–31. 3. 2007 (danach em. WM)



Hofmann studierte Geologie und Mineralogie an der Duke University of Durham/North Carolina, der Universität Freiburg und der Brown University of Providence in Rhode Island. An der Brown University promovierte er 1968 in Geochemie zu dem Thema „Hydrothermal experiments on equilibrium partitioning and diffusion kinetics of Rb, Sr, and Na in biotite-alkali chloride solution systems“ und arbeitete anschließend bis 1970 als Assistent an der Universität Heidelberg. Als Postdoc und Scientific Staff Member ging er dann an die Carnegie Institution in Washington.

1980 nahm er den Ruf der MPG als Direktor der neu gegründeten Abteilung Geochemie am MPI für Chemie an, an dem er bis zu seiner Emeritierung 2007 blieb. Seit 1987 war er zudem Honorarprofessor an der Universität Mainz. 1996 war Hofmann Präsident der Union of Geosciences (EUG) und 1997 Vizepräsident der European Association of Geochemistry (EAG).

Hofmann beschäftigt sich insbesondere mit Fragen der Geochemie des Erdmantels und mit geochronologischen Themen. Hierzu zählen Fragen zur Bildung und Entwicklung der kontinentalen und der ozeanischen Kruste sowie zur chemischen Differentiation des Erdmantels. Dabei steht vor allem die Analyse von Isotopen und Spurenelementen in Gesteinen im Mittelpunkt, die Aufschluss über die Evolution des Erdinneren geben sollen. Ferner befasst sich Hofmann mit Problemstellungen zur Kinetik überwiegend diffusionskontrollierter geochemischer Reaktionen in festen bzw. magmatischen Phasen und arbeitet außerdem über die Ursprünge des ozeanischen Vulkanismus (auf der Grundlage von Untersuchungen aktiver hawaiianischer Vulkane und grönländischer Basalte).

Für seine wissenschaftlichen Leistungen wurde Hofmann mehrfach geehrt. Zu seinen Auszeichnungen gehören die Viktor-Moritz-Goldschmidt-Medaille der Geochemical



Society (1996) sowie der Humboldt-Preis des Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche und der Alexander-von-Humboldt-Stiftung (1996).

Publikationen: Mantle plums and episodic crustal growth. In: Nature 372 (1994), S. 63–68 (mit M. Stein).  
– Mantle geochemistry – the message from oceanic volcanism. In: Nature 285 (1997), S. 219–229.



## Christian Eduard Friedrich Junge

\* 2. 7.1912 Elmshorn,  
 † 18. 6. 1996 Überlingen  
 am MPI für Chemie  
 1. 10. 1968–31. 12. 1978  
 WM 1. 10. 1968–31. 12. 1978



Als Sohn eines Holzhändlers aufgewachsen, studierte Christian Junge Meteorologie und Geophysik an den Universitäten Graz, Hamburg und Frankfurt a.M. An letzterer war er zwischen 1934 und 1937 als Assistent beschäftigt und promovierte dort 1935 mit dem Thema „Übersättigungsmessungen an atmosphärischen Kondensationskernen“ bei Franz Linke (1878–1944). Anschließend arbeitete er als Meteorologe für den Reichswetterdienst in Hamburg und war zwischen 1940 und 1945 Regierungsrat auf Kriegsdauer. Auf Grund dieser Funktion wurde er nach dem Krieg interniert.

1946 kam er frei und war zwischen 1947 und 1948 beim Meteorologischen Amt für Nordwestdeutschland tätig, dann bis 1950 Oberinspektor beim Deutschen Wetterdienst in Offenbach am Main. Zwischen 1950 und 1953 war er Assistent am Meteorologisch-Geophysikalischen Institut an der Universität Frankfurt am Main, wo er sich 1952 in Meteorologie und Geophysik habilitierte.

1953 bis 1961 ging Junge an das Air Force Cambridge Research Center nach Bedford, Massachusetts und erhielt die US-Staatsbürgerschaft. 1962 folgte er einem Ruf auf eine ordentliche Professur an das Institut für Meteorologie der Universität Mainz, an der er experimentelle Meteorologie und Atmosphärenchemie lehrte. Diese Stelle hatte er bis zu seiner Berufung zum Direktor an das MPI für Chemie 1968 inne.

Ab 1969 leitete er am MPI für Chemie die neu eingerichtete Abteilung Chemie der Atmosphäre und physikalische Chemie der Isotope. Junge war maßgeblich an der Neuausrichtung des Instituts hin zu atmosphären-, geo- und kosmochemischen Arbeitsgebieten beteiligt. Ende 1978 ging er in den Ruhestand.



Junge beschäftigte sich insbesondere mit der Erforschung chemischer Eigenschaften der Atmosphäre und den Veränderungen ihrer Zusammensetzung über die Erdzeitalter hinweg. Zu Beginn der 1960er Jahre entdeckte er einen Aerosolschleier in der Stratosphäre, der aus Schwefelsäureteilchen besteht und die Erde knapp oberhalb der Ozonschicht umspannt (Junge-Schicht). Desweiteren arbeitete er zu Spurengaskreisläufen.

Für seine wissenschaftlichen Tätigkeiten wurde Junge mehrfach geehrt. Zu seinen Auszeichnungen gehörten 1973 die Alfred-Wegener-Medaille des Verbandes Deutscher Meteorologischer Gesellschaften und 1974 die Carl-Gustav-Rossby-Forschungsmedaille der American Meteorological Society. 1981 erhielt er das große Verdienstkreuz des Verdienstordens der Bundesrepublik Deutschland.

Christian Junge war verheiratet und hatte zwei Töchter.

Publikationen: Air chemistry and radioactivity. New York 1963. – Atmosphärische Spurenstoffe und ihre Bedeutung für den Menschen. Basel 1967. – Der Stoffkreislauf der Atmosphäre. Probleme und neuere Ergebnisse der luftchemischen Forschung. In: Jahrbuch der Max-Planck-Gesellschaft. München 1971, S. 149–181. – Die chemische Zusammensetzung der unteren Atmosphäre. Offenbach 1975. – Die Entwicklung der Erdatmosphäre und ihre Wechselbeziehung zur Entwicklung der Sedimente und des Lebens. In: Die Naturwissenschaften 68 (1981), S. 236–244.

## Alfred Klemm

\*15. 2. 1913 Leipzig  
 am KWI/MPI für Chemie seit 1. 5. 1939  
 WM 1. 6. 1958–28. 2. 1981 (danach em. WM)

Alfred Klemm promovierte 1938 an der Universität München bei Klaus Clusius (1903–1963) über die „Kataphorese von Gasblasen“. 1939 kam er als Mitarbeiter an das KWI für Chemie nach Berlin-Dahlem. 1946 gründete er dort zusammen mit Hans Friedrich-Freksa (1906–1973) und unter der Mitwirkung von Ludwig Waldmann (1913–1980) die Zeitschrift für Naturforschung.

1954 habilitierte sich Klemm an der Universität Mainz mit einer Arbeit zur „Thermodynamik der Transportvorgänge in Ionengemischen und ihre Anwendung auf isotonenhaltige Salze und Metalle“. Nach einem Aufenthalt an der Chalmers University of Technology in Göteborg übernahm Klemm 1958 eine apl. Professur für Physikalische Chemie an der Universität Mainz.

Im selben Jahr wurde er zum Wissenschaftlichen Mitglied am MPI für Chemie berufen.

Klemms wissenschaftliche Interessen galten insbesondere der physikalischen Chemie stabiler Isotope, vor allem der Anreicherung von Isotopen in geschmolzenen Salzen durch Elektrotransport und in geschmolzenen Metallen durch viskose Strömung. Darüber hinaus beschäftigte er sich mit den physikalischen Eigenschaften von Para- und Orthowasserstoffmolekülen.

Publikationen: Zur Theorie der für alle Massen doppelfokussierenden Massenspektrographen. In: Zeitschrift für Naturforschung 1 (1946) 3, S. 137–141. – Thermodynamik der Transportvorgänge in Ionengemischen und ihre Anwendung auf isotonenhaltige Salze und Metalle. In: Zeitschrift für Naturforschung 8a (1953), S. 397–400. – Geschmolzene Salze. In: Jahrbuch der Max-Planck-Gesellschaft 1965, S. 118–134.





## Hermann Kümmel

\* 7. 10. 1922 Berlin, † 16. 5. 2012 Herne  
 am MPI für Chemie 1958–31. 3. 1969  
 (ab 1. 7. 1964 Abt.-lfr.)  
 WM 1. 7. 1964–31. 3. 1969,  
 AWM 15. 3. 1972–16. 5. 2012

In einem evangelischen Elternhaus aufgewachsen, studierte Kümmel von 1946 bis 1950 Physik an der Humboldt-Universität in (Ost-)Berlin und promovierte 1952 in theoretischer Physik mit dem Thema „Freie Elektronen in der unitären Quantenelektrodynamik“ an der (West-)Berliner Freien Universität.

1956 habilitierte er sich mit einer Arbeit zur quantenmechanischen Begründung der Thermodynamik und ging noch im selben Jahr für einen zweijährigen Forschungsaufenthalt an die Iowa State University/Iowa City. 1958 lehrte er für ein Semester an der Universität Tübingen und erhielt dann eine Forschungsstelle am MPI für Chemie in Mainz. 1963 wurde er zum Wissenschaftlichen Mitglied ernannt und 1964 Abteilungsleiter in der Nachfolge von Ludwig Waldmann, schied jedoch 1969 wieder aus, als er eine Professur für Theoretische Physik an der – zu diesem Zeitpunkt noch nicht vollständig fertiggestellten – Ruhr-Universität Bochum annahm. 1974 wurde er vom MPG-Senat zum Auswärtigen Wissenschaftlichen Mitglied berufen.

Kümmel beschäftigte sich insbesondere mit Fragestellungen zu Vielteilchensystemen und entwickelte 1958 – gemeinsam mit Fritz Coester (\*1921) – die Coupled Cluster Methode für die Berechnungen von Eigenschaften leichter bis mittelschwerer Atome (Vielteilchensysteme), die später auch für quantenchemische Problemstellungen weiterentwickelt wurde. Mit der entsprechenden Computer-Verfügbarkeit konnte Kümmel 1975 mit seinen Mitarbeitern diese Methode für spezifische Rechnungen in Atomkernen einsetzen.

Für seine Arbeiten wurde Kümmel mehrmals geehrt. Zu seinen Auszeichnungen gehörte u.a. der Eugene-Feenberg-Memorial-Award in Many-body Physics, den er 2005 zusam-

men mit dem britischen Physiker Raymond Bishop (\*1945) erhielt. 2007 richtete das International Advisory Committee der internationalen Konferenzserie Recent Progress in Many-body Theories den Hermann Kümmel Early-Achievement-Award in Many-body Physics ein.

Hermann Kümmel war verheiratet.

Publikationen: Short-Range Correlations in Nuclear Wave Functions. In: Nuclear Physics 17 (1960), S. 477–485 (mit F. Coester). – Theory of many-body wave functions with correlations. In: Nuclear Physics A 176 (1971), S. 205–218.

Literatur: Rodney J. Bartlett and Monika Musial: Coupled-cluster theory in quantum chemistry. In: Reviews of Modern Physics 79 (2007) 1, S. 291–352.



## Johannes (Jos) Lelieveld

\* 25. 7. 1955 Den Haag  
 am MPI für Chemie seit 1987,  
 Direktor seit 1. 8. 2000  
 WM seit 1. 8. 2000

Jos Lelieveld beendete 1984 sein Biologiestudium an der naturwissenschaftlichen Fakultät der Universität Leiden/Niederlande. 1990 promovierte er bei Paul Crutzen in Atmosphärenchemie an der Fakultät für Physik und Astronomie der Universität Utrecht mit dem Thema „The role of clouds in tropospheric photochemistry“.

1984 wurde Lelieveld Mitarbeiter im Umweltlabor Geosens B.V. in Rotterdam und ging 1987 an das MPI für Chemie nach Mainz. Unterbrochen durch kurze Aufenthalte am

International Meteorological Institute an der Universität Stockholm (1991–1992) sowie am Center for Clouds, Chemistry and Climate an der University of California in San Diego (1992), arbeitete er hier bis 1993 als wissenschaftlicher Mitarbeiter in der Abteilung Atmosphärenchemie.

1993 ging Lelieveld für zwei Jahre als Leiter und Professor an das Air Quality Department der Universität Wageningen/Niederlande. 1996 nahm er einen Ruf an die Universität Utrecht als Professor für Physik und Chemie der Atmosphäre an.

Er kam 2000 – diesmal als Direktor der Abteilung Atmosphärenchemie – an das MPI für Chemie in Mainz zurück. 2008 übernahm er außerdem eine Stelle als Professor am Cyprus Institute in Nicosia.

Lelievelds wissenschaftliche Hauptinteressen liegen in der Erforschung der Ozon-Fotochemie, in Selbstreinigungsmechanismen der Erdatmosphäre sowie in speziellen Fragen zum Klimawandel. Darüber hinaus beschäftigt er sich mit der Funktion reaktiver Gase und Aerosole in biogeochemikalischen Zyklen und ihrem Einfluss auf das Klima.



Publikationen: Influences of cloud photochemical processes on tropospheric ozone. In: *Nature* 343 (1990), S. 227–233 (mit Paul Crutzen). – Sulfate cooling effect on climate through incloud oxidation of  $\text{SO}_2$ . In: *Science* 258 (1992), S. 117–120 (mit J. Heintzenberg). – Continuing emissions of methyl chloroform from Europe. In: *Nature* 421 (2003), S. 131–136 (mit M.C. Krol, D.E. Oram, G.A. Sturrock, S.A. Penkett, C.A.M. Brenninkmeijer, V. Gros, J. Williams und H.A. Scheeren).





## Günter Wilhelm Lugmair

\* 10. 2. 1940 Wels/Oberösterreich  
 am MPI für Chemie 1965–1968 und  
 1. 10. 1996–31. 5. 2005  
 WM 1. 10. 1996–31. 5. 2005 (dann em. WM)

Günter Lugmair studierte Physik an der Universität Wien, wo er 1968 promovierte. Zwischen 1965 und 1968 arbeitete er als wissenschaftlicher Mitarbeiter am MPI für Chemie in Mainz. Von 1968 bis 1971 war er als Postdoc an der University of California, San Diego (UCSD) und anschließend bis 1996 zunächst als Assistant Research Chemist, dann als Associate Research Chemist und schließlich als Research Professor für Chemie an der UCSD und der Scripps Institution of Oceanography an der University of California, San Diego.

1996 folgte er einem Ruf als Direktor der Abteilung Kosmochemie an das MPI für Chemie nach Mainz, an dem er 2005 emeritiert wurde. Seitdem leitet er wieder seine Forschungsgruppe in San Diego.

Lugmair beschäftigt sich insbesondere mit Fragen nach dem Ursprung und der Entwicklung des Sonnensystems. In diesem Zusammenhang entwickelte er u.a. 1974 die Samarium-Neodym-Methode zur Altersbestimmung von Gesteinsproben – heute eine der verbreitetsten Methoden – und wies einige Jahre später die Existenz des Isotops  $^{146}\text{Sm}$  in Meteoriten nach. Die Suche nach heute verschwundenen Radionukliden und deren Folgeprodukten führte ihn u.a. zu Studien über die isotopische Zusammensetzung interstellarer Staubkörner. In seiner Mainzer Abteilung wurde das Alpha-Röntgen-Spektrometer (APXS) entwickelt, das 2004 in den Mars-Missionen der NASA eingesetzt wurde.

Lugmair wurde u.a. 1987 mit dem George-P.-Merrill-Preis der US National Academy of Sciences, 2000 mit der Leonard-Medaille der Meteoritical Society und 2007 mit der Viktor-Moritz-Goldschmidt-Medaille der Geochemical Society ausgezeichnet. 2000 wurde er zudem Mitglied der Academia Europaea.





Publikationen: Live Iron-60 in the Early Solar System. In: *Science* 259 (1993), S. 1138–1142 (mit A. Shukolyukov). – High spatial resolution ion microprobe measurements refine chronology of carbonate formation in Orgueil. In: *Meteoritics & Planetary Science* 42 (2007), S. 1309–1320 (mit P. Hoppe und D. MaxDougall).





## Josef Mattauch

\* 21. 11. 1895 Mährisch-Ostrau/Mähren  
(heute: Ostrava),  
† 10. 8. 1976 Klosterneuburg/Niederösterreich  
am KWI/MPI für Chemie  
1. 2. 1939–30. 11. 1965,  
Direktor seit 11. 7. 1947  
WM 31. 7. 1941–30. 11. 1965  
(dann em. WM)

Josef Mattauch, Sohn eines Realschulprofessors, studierte von 1913 bis 1915 an der Technischen Hochschule Wien Chemie und leistete dann seinen Militärdienst, auch an den Fronten des Ersten

Weltkrieges, zuletzt als Leutnant der Reserve. Von 1918 bis 1920 studierte er an der Wiener Universität Mathematik und Physik, wo er 1920 über Photophorese promovierte. Von 1920 bis 1921 war er wissenschaftliche Hilfskraft, von 1921 bis 1928 außerordentlicher Assistent, von 1928 bis zum 31. Januar 1939 ordentlicher Assistent am physikalischen Institut der Universität Wien. Von 1926 bis 1927 war er mit einem Stipendium der Rockefeller Foundation am von Robert A. Millikan (1868–1953) geleiteten Norman Bridge Laboratory of Physics am California Institute of Technology in Pasadena, USA. Er habilitierte sich 1928 in Wien und wurde dort am 31. Juli 1937 zum ao. Professor ernannt.

Zum 1. Februar 1939 trat er die Nachfolge Lise Meitners am KWI für Chemie an. 1940 zum apl. Professor der Berliner Universität ernannt, wurde er 1941 Wissenschaftliches Mitglied des KWI für Chemie, am 1. November 1943 dessen stellvertretender Direktor. Am 11. Juli 1947 wurde er Direktor des KWI, ab 1. Dezember 1949 des MPI für Chemie. Wegen einer Lungentuberkulose verbrachte er nach dem Zweiten Weltkrieg einen mehrjährigen Sanatoriumsaufenthalt in der Schweiz. Von 1949 bis 1951 führte er seine Forschungen am Theodor-Kocher-Institut an der Universität Bern fort. 1952 kehrte er an das MPI für Chemie in Mainz zurück.

Am Caltech orientierte sich Mattauch auf das damals noch recht neue Gebiet der Massenspektroskopie und erarbeitete mit William R. Smythe (1893–1988) neuartige Kon-

struktionsprinzipien für Massenspektrometer. Darauf baute auch seine spätere Entwicklung, der Mattauch-Herzog-Massenspektrograph, auf (1934/36). Mattauchs eigentliches Ziel war es, Erkenntnisse über den Aufbau der Atomkerne zu erhalten und dafür die experimentellen Grundlagen zu schaffen. 1934 formulierte er die sogenannte Isobarenregel, nach der nur eines der beiden benachbarten Nuklide gleicher Massenzahl stabil sein kann. Während des Zweiten Weltkrieges arbeitete er auch für das deutsche Uranprojekt.

In der Nachkriegszeit verbesserte er zum einen das Auflösungsvermögen der Massenspektrographen weiter. Zum anderen verfolgte Mattauch eine intensiv und ausdauernd betriebene Sammlung experimenteller Daten über Nuklide.

Ehrungen: Haittinger-Preis der Wiener Akademie der Wissenschaften (1935), Korrespondierendes Mitglied der Österreichischen Akademie der Wissenschaften (1955), Wilhelm-Exner-Medaille (1958), Österreichisches Ehrenzeichen für Wissenschaft und Kunst (1965), Dr. h.c. der Technischen Hochschule Wien (1965) und der University of Manitoba/Winnipeg, Kanada (1968).

Publikationen: Über einen neuen Massenspektrographen. In: Zeitschrift für Physik 89 (1934), S. 786–795 (mit Richard Herzog). – Kernphysikalische Tabellen, mit einer Einführung in die Kernphysik. Berlin 1942 (mit Siegfried Flügge). – Isotopenbericht. Tabellarische Übersicht der Eigenschaften der Atomkerne, soweit bis Ende 1948 bekannt. Tübingen 1949 (mit Arnold Flammersfeld).

Literatur: Heinrich Hintenberger: Nachruf auf Josef Mattauch. In: Berichte und Mitteilungen der Max-Planck-Gesellschaft 1977, Sonderheft Nachrufe, S. 19–21.



## Lise Meitner

\* 7. 11. 1878 Wien, † 27. 10. 1968  
 Cambridge/Großbritannien  
 am KWI für Chemie 1. 10. 1912–30. 9.  
 1938 (ab 13. 7.1938 im Exil)  
 WM KWG 1. 10. 1913–30. 9. 1938,  
 AWM/WM MPG 29. 10. 1948–27. 10.  
 1968 (Meitner war erstes weibliches  
 Mitglied der KWG)

Aufgewachsen als drittes von acht Kindern in einer angesehenen Wiener Advokatenfamilie, legte Meitner 1901 extern ihr Matura-Examen ab und studierte von 1901 bis 1906 an der Wiener Universität Mathematik und Physik. Wichtigster akademischer Lehrer war Ludwig Boltzmann (1844–1906). Ihre Promotionsarbeit schrieb sie bei

Franz Exner (1849–1926) über „Wärmeleitung in inhomogenen Körpern“; danach wurde sie Assistentin am II. Physikalischen Institut der Wiener Universität, wo sie von Stefan Meyer (1872–1949) in die Radioaktivität eingeführt wurde.

Im Herbst 1907 ging Lise Meitner nach Berlin, um bei Max Planck (1858–1947) Vorlesungen in theoretischer Physik zu hören; 1912 bis 1915 bezog sie als seine Assistentin ihr erstes geringes Gehalt. Gleichzeitig begann die gemeinsame Arbeit zur Radioaktivität mit Otto Hahn als unbezahlte Assistentin in seinem Labor am I. Chemischen Institut der Berliner Universität.

Ab 1. Oktober 1912 war Meitner als unbezahlter wissenschaftlicher Gast in der Abteilung Radioaktivität (Ltg. Otto Hahn) des KWI für Chemie tätig. Ab 1. Oktober 1913 Wissenschaftliches Mitglied des KWI Chemie (zunächst lediglich als „derzeitiges Mitglied des Instituts“) mit einem eigenen Gehalt (aus einer Spende des Vereins zur Förderung der Chemischen Industrie), baute sie ab 1917 eine eigene radiophysikalische (Unter-)Abteilung auf, die sie ab 1924 als eine eigenständige Abteilung Radiophysik neben der von Hahn geführten Abteilung Radiochemie leitete. 1917 erfolgte die Entdeckung des Protaktiniums. 1919 wurde Meitner der Professorentitel verliehen; 1922 habilitierte sie

sich an der Universität Berlin mit der Arbeit „Über die Entstehung der  $\beta$ -Strahl-Spektren radioaktiver Substanzen“. 1926 wurde sie zur (nicht beamteten) außerordentlichen Professorin an der Berliner Universität ernannt.

1933 erfolgte der Entzug der Lehrerlaubnis auf Grund des sogenannten „Gesetzes zur Wiederherstellung des Berufsbeamtentums“ (Meitner stammte aus einer jüdischen Familie, konvertierte aber 1908 zum Protestantismus). Am 13. Juli 1938 musste sie nach dem ‚Anschluss Österreichs‘ emigrieren, der Weg führte sie über die Niederlande und Dänemark nach Schweden. Ab Oktober arbeitete sie am Nobelinstitut in Stockholm unter Manne Siegbahn (1886–1978). Meitner blieb bis 1960 in Stockholm und nahm 1948 die schwedische (neben der österreichischen) Staatsbürgerschaft an. Ab 1947 hatte sie eine Forschungsprofessur an der Kgl. Technischen Hochschule in Stockholm inne und ab 1953 wirkte sie am Institut der Kgl. Akademie für Ingenieurwissenschaften. 1960 übersiedelte sie nach Cambridge/Großbritannien zu ihrem Neffen.

Die Erforschung der  $\beta$ -Spektren wurde in den 1920er Jahren das Hauptarbeitsgebiet von Meitner. Die Natur der  $\beta$ -Strahlen war damals noch keineswegs eindeutig erkannt, und sie leistete wichtige Beiträge zu ihrer Aufklärung. Sie fand heraus, dass  $\beta$ -Elektronen ein kontinuierliches Energiespektrum besitzen und sie erbrachte den Nachweis, dass  $\gamma$ -Strahlen erst nach erfolgtem Atomzerfall emittiert werden. Damit konnte die Reihenfolge von  $\beta$ -Zerfall und  $\gamma$ -Emission bestimmt werden. Um 1924 entwickelte Meitner ein klares Verständnis für die Vorstellung von Anregungszuständen und Grundzuständen der Kerne. 1934 begann sie eine erneute engere Zusammenarbeit mit Hahn über Transurane. An der Jahreswende 1938/39, bereits aus dem Exil, lieferte sie gemeinsam mit ihrem Neffen Otto Robert Frisch (1904–1979) die physikalische Erklärung für die kurz zuvor von Hahn und Straßmann entdeckte Urankernspaltung.

Ehrungen: 1924 Silberne Leibniz-Medaille der Preußischen Akademie der Wissenschaften zu Berlin, 1926 Mitglied der Leopoldina zu Halle (1937 ‚gestrichen‘) und Korrespondierendes Mitglied der Göttinger Akademie der Wissenschaften, 1949 Korrespondierendes Mitglied der Akademie der Wissenschaften der DDR und Max-Planck-Medaille der Deutschen Physikalischen Gesellschaft, 1966 Enrico-Fermi-Preis (mit O. Hahn und F. Straßmann). 1957 Mitglied des Ordens Pour le mérite. 1992 erhielt das 1982 bei der Gesellschaft für Schwerionenforschung in Darmstadt erstmals nachgewiesene Element 109 ihren Namen.

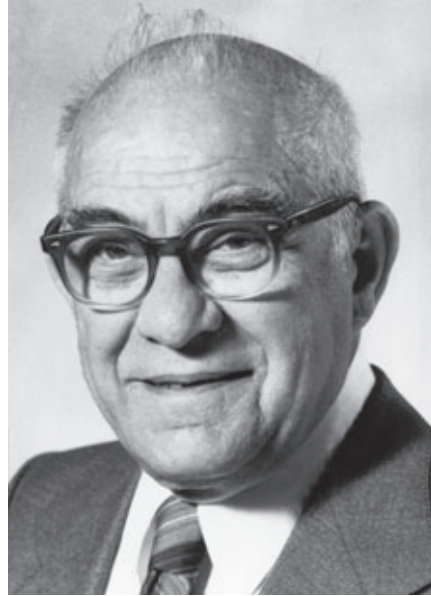
Publikationen: Der Zusammenhang zwischen  $\beta$ - und  $\gamma$ -Strahlen. In: Ergebnisse der exakten Naturwissenschaften 3 (1924), S. 160–181. – Kernstruktur. In: Hans Geiger und Karl Scheel (Hrsgg.): Handbuch der

Physik, Bd. XXII, Berlin 1926, S. 124–145. – Der Aufbau der Atomkerne. Berlin 1935 (mit Max Delbrück).  
– Disintegration of Uranium by Neutrons – a New Type of Nuclear Reaction. In: Nature 143 (1939) S. 239–  
240 (mit Otto R. Frisch).

Literatur: Fritz Krafft: Lise Meitner. Her Life and Times. In: Angewandte Chemie 17 (1978) 11, S. 826–  
842. – Ruth L. Sime: Lise Meitner. Ein Leben für die Physik. Frankfurt a.M./Leipzig 2001. – Lore Sexl,  
Anne Hardy: Lise Meitner. Reinbek bei Hamburg 2002.

## Alfred (Al) Otto Carl Nier

\* 28. 5. 1911 Saint Paul/Minnesota,  
 † 16. 5. 1994 Minneapolis/Minnesota  
 AWM 3. 6. 1959–16. 5. 1994



In den USA als Sohn deutscher Immigranten und mit einer älteren Schwester aufgewachsen, studierte Nier Physik an der University of Minnesota in Minneapolis. Zu seinen Lehrern gehörten u.a. Henry A. Erikson (1896–1951) und John Tate (1889–1950). 1931 begann er sich insbesondere mit Massenspektrometrie zu beschäftigen. 1935 folgte die Promotion, in deren Rahmen Nier ein Massenspektrometer baute, das die damals vorhandenen Auflösungsmöglichkeiten erheblich verbesserte und ihm schließlich die Entdeckung von  $^{40}\text{K}$  ermöglichte. Diese Entdeckung wurde später vor allem für die geologische Altersbestimmung bedeutsam.

1936 bis 1938 ging er als National Research Council Fellow an die Harvard University zu Kenneth Tompkins Bainbridge (1904–1996), wo er ein weiteres Massenspektrometer konstruierte und u.a. die isotopische Zusammensetzung von 19 Elementen entschlüsselte sowie vier neue Isotope entdeckte. 1938 ging Nier zurück an die Fakultät für Physik der University of Minnesota, an der er sich maßgeblich am Ausbau der massenspektrometrischen Forschung beteiligte. 1940 gelang es ihm, detaillierte Messungen von  $^{235}\text{U}$  und  $^{238}\text{U}$  anzustellen. 1943 bis 1945 leitete er bei der Kellogg Corporation in New York City die Instrumentenentwicklung. Einer der von ihm entwickelten Prototypen wurde für das Manhattan-Projekt von der General Electric Company in Serie produziert. 1945 kehrte Nier zurück nach Minnesota.

Niers wissenschaftliche Hauptinteressen galten der Entwicklung von Massenspektrometern. Nach dem Zweiten Weltkrieg beschäftigte er sich insbesondere mit spezifischen Fragen zur geochemischen Altersbestimmung und der Messung der Massen von Nukliden. Mitte der 1960er Jahre begann er außerdem intensiv zu kosmophysikalischen und -chemischen Themengebieten zu arbeiten. Zusammen mit Michael McElroy (\*1939) entwickelte er u.a. Messinstrumente für die NASA Viking Marsmission.



Für seine wissenschaftlichen Leistungen wurde Nier mehrfach geehrt. 1966 gehörte er zu den ersten fünf Wissenschaftlern, die von der University of Minnesota den 1965 eingeführten Titel Regent Professor verliehen bekamen. Zu seinen Auszeichnungen gehörten weiterhin die Arthur L. Day Medal der Geological Society of America und die William Bowie Medal der American Geophysical Union. Er war u.a. Mitglied der US-National Academy of Sciences, der American Academy of Arts and Sciences und der Kgl. schwedischen Akademie der Wissenschaften.

Nier war zweimal verheiratet und hatte zwei Kinder.

Publikationen: A mass spectrographic study of the isotopes of Hg, Xe, Kr, Be, I, As, and Cs. In: *Physical Review* 52 (1937), S. 933–937. – The isotopic composition of lead and the measurement of geological time. III. In: *Physical Review* 60 (1941), S. 112–116 (et al.). – Atomic masses in the region xenon to europium. In: *Physical Review* 105 (1957), S. 1014–1023 (mit W.H. Johnson). – A miniature Mattauch-Herzog mass spectrometer for the investigation of planetary atmospheres. In: *International Journal for Mass Spectrometry and Ion Physics* 6 (1971), S. 339–346.

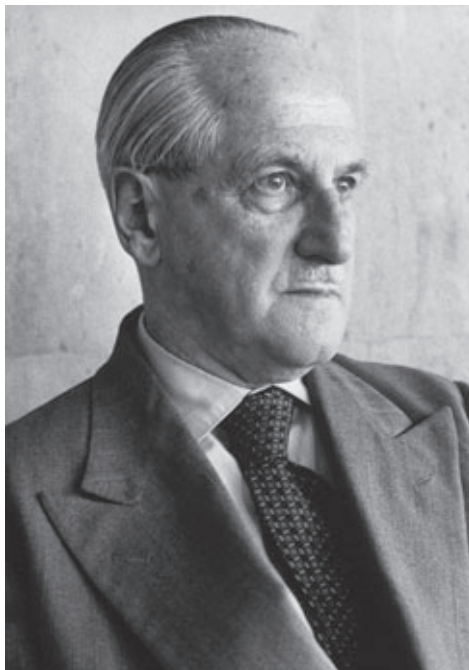
Literatur: John de Laeter und Mark D. Kurz: Alfred Nier and the sector field mass spectrometer. In: *Journal of Mass Spectrometry* 41 (2006), S. 847–854. – John H. Reynolds: Alfred Otto Carl Nier. In: *Biographical Memoirs of the National Academy of Sciences*, URL: <http://www.nap.edu/readingroom/books/biomems/anier.html>, retrieved 7. 8. 2012.

## Friedrich Adolf Paneth

\* 31. 8. 1887 Wien, † 17. 8. 1958 Wien  
 am MPI für Chemie 1. 10. 1953–17. 8.  
 1958  
 WM 29. 1. 1954–17. 8. 1958

Als zweitältestes von drei Kindern aufgewachsen, studierte Paneth zwischen 1906 und 1910 Chemie in Wien und München und promovierte 1910 in Wien am Institut für Radiumforschung. Anschließend war er dort Assistent bei Stefan Meyer (1872–1949). 1913 weilte er zu Forschungsaufenthalten bei Frederick Soddy (1877–1956) in Glasgow und bei Ernest Rutherford (1871–1937) in Manchester. Paneth habilitierte sich noch im selben Jahr an der Universität Wien und ging anschließend als Assistent nach Prag. Nach dem Kriege folgten Professuren an den Universitäten Hamburg (1919–1922) und Berlin (1922–1929). 1929 wurde er als Direktor an das chemische Laboratorium der Universität Königsberg berufen. Hier begann er sich auch mit der Meteoritenforschung zu befassen, die ihn bis zum Ende seines Lebens begleitete. Auf Grund der nationalsozialistischen Machtübernahme in Deutschland verließ er 1933 Königsberg und emigrierte nach Großbritannien, denn er war zwar evangelisch getauft, aber seine Eltern waren Juden. Er ging zunächst als Gastdozent an das Imperial College of Science and Technology in London, an dem er fünf Jahre blieb. 1939 folgte er einem Ruf an die University of Durham, an der er Direktor des Chemischen Instituts wurde. 1953 wurde er als Nachfolger Fritz Straßmanns Direktor der Abteilung Radiochemie am MPI für Chemie.

Paneths Hauptarbeitsgebiet war die Radiochemie und insbesondere die Arbeit mit radioaktiven Indikatoren (Tracermethode), die er in gemeinsamer Arbeit mit George de Hevesy (1885–1966) voranbrachte. Paneth setzte die radiochemischen Methoden schließlich zur Altersbestimmung von Meteoriten ein und wurde damit zu einem Begrün-



der der Kosmochemie. Neben seinen naturwissenschaftlichen Interessen ging er auch historischen Fragestellungen nach und publizierte insbesondere zur Geschichte und Philosophie der Chemie eine Reihe von Aufsätzen.

Paneth gehörte zu den achtzehn Wissenschaftlern, die 1957 die Göttinger Erklärung gegen die atomare Aufrüstung der Bundeswehr unterschrieben.

Paneth erhielt zahlreiche Ehrungen und Auszeichnungen, darunter die Lavoisier-Medaille der Société Chimique de France. Ein Mondkrater trägt seinen Namen.

Paneth war verheiratet und hatte zwei Kinder.

Publikationen: Lehrbuch der Radioaktivität. Leipzig 1923 (mit George de Hevesy). – Radio-Elements as Indicators and other Selected Topics in Inorganic Chemistry. New York 1928. – The Origin of Meteorites. Oxford 1942.

Literatur: H.J. Emeléus: Friedrich Adolf Paneth, 1887–1958. In: Biographical Memoirs of Fellows of the Royal Society, Bd. 6 (1960), S. 227–246. – Ernest G. Spittler: Friedrich Adolf Paneth. In: Dictionary of Scientific Biography, Bd. 10 (2008), S. 288 f.

## Stuart Arthur Penkett

\* 3. 1. 1939 Eccles/Großbritannien  
AWM seit 19. 9. 1987

Stuart A. Penkett promovierte 1963 an der University of Leeds mit dem Thema „Kinetics of some fast reactions of aliphatic amines in solution“ und war anschließend bis 1965 Postdoc-Fellow an der University of Southern California (USC), Los Angeles. Von 1965 bis 1968 arbeitete er im Unilever Research Laboratory Welwyn, Herfordshire/Großbritannien und ging dann an das Atomic Energy Research Establishment (AERE) nach Harwell/Großbritannien. Ab 1985 war er zunächst als Dozent und ab 1990



als Professor für Atmosphärenchemie am UK-Natural Environment Research Council (NERC) an der University of East Anglia (UEA)/Großbritannien, tätig. Dort wurde er 2004 emeritiert. 1997 bis 2000 war er darüber hinaus wissenschaftliches Mitglied des National Center for Atmospheric Research in Boulder, Colorado/USA.

Penkett beschäftigt sich insbesondere mit Fragen der chemischen Zusammensetzung der Erdatmosphäre und dem Einfluss menschlicher Aktivitäten auf die natürliche Umwelt. Penkett ist Mitglied des European Research Council Panel on Earth System Sciences und Vorsitzender der Reactive Gases Group des Beratungskomitees des Atmospheric Watch program der World Meteorological Organization (WMO).

Für seine wissenschaftlichen Leistungen erhielt er u.a. 1987 die Gaskell-Memorial-Medaille der Royal Meteorological Society und 2003 den von Elsevier verliehenen Haagen-Smit-Award.

Publikationen: A Potent Greenhouse Gas identified in the Atmosphere:  $\text{SF}_5\text{CF}_3$ . In: Science 289 (2000), S. 611–613 (mit W.T. Sturges, T.J. Wallington, M.D. Hurley, K.P. Shine, K. Sihra, A. Engel, D.E. Oram, R. Mulvaney und C.A.M. Brenninkmeijer). – Long-term record of carbonyl sulfide (COS) in two hemispheres from firn air measurements. In: Geophysical Research Letter 28 (2001) 21, S. 4095–4098 (mit W.T. Sturges, J.M. Barnola, J. Chappellaz, E. Atlas, and V. Stroud). – Measurements of peroxides and what they tell us. In: Chemical Reviews 103 (2003), S. 5199–5218 (mit C.E. Reeves).

## Ulrich Platt

\* 27. 7. 1949 Eberbach  
AWM seit 19. 11. 1999

Nach Abschluss seines Physikstudiums an der Universität Heidelberg (1974) promovierte Ulrich Platt 1977 mit dem Thema „Mikrometeorologische Bestimmung der SO<sub>2</sub>-Abscheidung im Boden“. Anschließend war er am Institut für Atmosphärische Chemie des Atomforschungszentrums in Jülich tätig (heute Forschungszentrum Jülich, KFA). 1980 bis 1982 ging er als Visiting Scientist an das Statewide Air Pollution Research Center (SAPRC) der University of California in Riverside, wo er sich insbesondere mit Nitrat-Radikalen beschäftigte. 1984 habilitierte sich Platt in Geophysik an der Universität zu Köln mit dem Thema „Neue Erkenntnisse zur Chemie der Stickoxide in der Atmosphäre“. 1989 folgte er einem Ruf an die Universität Heidelberg auf eine Professur für Experimentalphysik.

Seit 1990 ist Ulrich Platt Direktor am Institut für Umweltphysik an der Universität Heidelberg. Zwischen 2001 und 2006 war er Mitglied des Scientific Steering Committee (SSC) der International Global Atmospheric Chemistry (IGAC) und von 2002 bis 2007 des wissenschaftlichen Präsidiums der Surface Ocean and Lower Atmosphere Studies (SOLAS).

Publikationen: Observations of nitrous acid in an urban atmosphere by differential optical absorption. In: Nature 285 (1980), S. 312–314 (mit H. Perner, G.W. Harris, A.M. Winder und J.N. Pitts). – Detection of Iodine Oxide by DOAS in the Marine Boundary Layer. In: Nature 397 (1999), S. 572 f. (mit B. Alicke, K. Hebestreit und J. Stutz). – Detection of Bromine Monoxide in a Volcanic Plume. In: Nature 423 (2003), S. 273–276 (mit N. Bobrowski, G. Hönninger und B. Galle). – Differential Optical Absorption spectroscopy, Principles and Applications. Berlin 2008 (= Physics of Earth and Space Environments) (mit J. Stutz).

## Ulrich Pöschl

\* 9. 10. 1969 Klagenfurt/Kärnten  
am MPI für Chemie seit 1997,  
Direktor ab 1. 10. 2012, WM ab 1. 10. 2012



Ulrich Pöschl studierte Chemie an der Technischen Universität Graz, Österreich und promovierte 1995 bei Karl Hassler am Institut für anorganische Chemie über das Thema „Synthese, Spektroskopie und Struktur selektiv funktionalisierter Cyclosilane“. Von 1996 bis 1997 arbeitete er als Postdoctoral Fellow am Massachusetts Institute of Technology, Cambridge, USA in der Gruppe von Mario Molina im Bereich der atmosphärenchemischen Reaktionskinetik und Massenspektrometrie von Schwefelsäure.

1997 trat Pöschl als wissenschaftlicher Mitarbeiter am MPI für Chemie in die Abteilung Atmosphärenchemie ein und forschte in der Gruppe von Paul Crutzen über die Fotochemie von Ozon, organischen Spurengasen und stratosphärischen Wolken.

Von 1999 bis 2005 arbeitete Ulrich Pöschl am Institut für Wasserchemie der Technischen Universität München, leitete eine unabhängige Nachwuchsforschergruppe und habilitierte sich in Chemie zum Thema „Carbonaceous Aerosol Composition, Reactivity and Water Interactions“.

2005 kehrte er an das MPI für Chemie nach Mainz zurück und leitete bis 2012 eine Forschungsgruppe in der Abteilung für Biogeochemie. Seit 2007 lehrt Pöschl auch im Fachbereich für Chemie, Pharmazie und Geowissenschaften der Johannes Gutenberg Universität Mainz.

Pöschls Forschungsinteressen gelten der Chemie, Physik und Biologie von Aerosolen und Multiphasenprozessen sowie deren Auswirkungen auf das Erdsystem, das Klima und die menschliche Gesundheit. Er ist außerdem Initiator und Chefreditor der interaktiven Open Access Fachzeitschrift „Atmospheric Chemistry and Physics“ (ACP) sowie Vorsitzender des Publikationskomitees und Ratsmitglied der Europäischen Geowissenschaftlichen Union (EGU).

Publikationen: Atmospheric aerosols: composition, transformation, climate and health effects. In: *Angewandte Chemie Int. Ed.* 44 (2005), S. 7520–7540. – Kinetic model framework for aerosol and cloud surface chemistry and gas-particle interactions, Part 1: General equations, parameters and terminology. In: *Atmospheric Chemistry and Physics* 7 (2007), S. 5989–6023 (mit Y. Rudich und M. Ammann). – Rainforest aerosols as biogenic nuclei of clouds and precipitation in the Amazon. In: *Science* 429 (2010), S. 1513–1516 (mit S.T. Martin u.a.).



## Alfred Stock

\* 16. 7. 1876 Danzig (heute: Gdańsk),  
 † 12. 8. 1946 Aken an der Elbe (bei Dessau)  
 am KWI für Chemie 1. 4. 1916–30. 9. 1926,  
 Direktor 1. 10. 1921–30. 9. 1926  
 WM 7. 8. 1915–30. 9. 1926,  
 AWM 16. 12. 1926–12. 8. 1946

Stock wuchs in Berlin auf und studierte nach dem Abitur ab 1894 Chemie an der Berliner Universität. 1898/99 war er Vorlesungsassistent bei Emil Fischer und promovierte bei ihm 1899 auf dem Gebiet der anorganischen Chemie. Fischer schickte ihn anschließend nach Paris zu einem Forschungsaufenthalt bei Henri Moissan (1852–1907); hier lernte er die Chemie des

Bors und Siliziums kennen, eines seiner späteren Hauptarbeitsgebiete.

1904 habilitierte sich Stock an der Berliner Universität und wurde bereits 1906 zum Professor und Abteilungsvorsteher im Fischerschen Institut ernannt. 1907 wurde er beauftragt, an der neu zu eröffnenden Technischen Hochschule Breslau (heute: Wrocław) ein Institut für Anorganische Chemie aufzubauen, dessen Leitung er am 1. Oktober 1909 übernahm.

1915 wurde er nach Münster berufen, nahm stattdessen aber den Ruf an das KWI für Chemie als Leiter einer Anorganischen Abteilung an (auf die Stelle des Organikers Richard Willstätter). 1921 wurde Stock in der Nachfolge Beckmanns Institutsdirektor; zugleich übernahm er dessen Ordinariat an der Berliner Universität. Eine zunehmende Quecksilbervergiftung, die er sich bei seinen Arbeiten im Labor zugezogen hatte und die erst 1924 erkannt wurde, bewirkte seinen Rückzug von der Institutsleitung und 1926 sein Ausscheiden aus dem KWI für Chemie. Diese Erkrankung veranlasste Stock, sich künftig verstärkt dem Thema Quecksilbervergiftungen zuzuwenden.

1926 nahm Stock einen Ruf an die Technische Hochschule Karlsruhe an, als deren Rektor er 1929/30 wirkte. Im ersten Halbjahr 1932 nahm er eine Gastprofessur an der Cornell University in Ithaca wahr. Aus Krankheitsgründen ließ sich Stock zum 1. Oktober 1936 emeritieren, trat aber noch eine Forschungsprofessur an der Berliner Universität



an, um über Quecksilbervergiftungen zu arbeiten; ab Oktober 1939 nutzte er dafür zwei Arbeitsräume im Dahlemer KWI für physikalische Chemie und Elektrochemie.

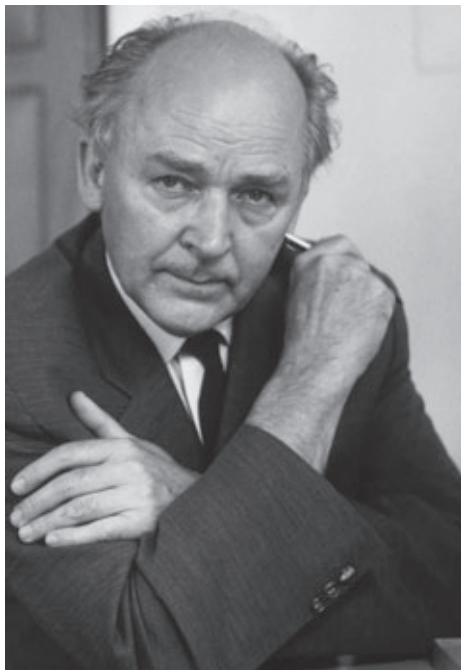
Von 1936 bis 1938 war Stock Präsident der Deutschen Chemischen Gesellschaft. Zum 1. Mai 1933 war Stock Mitglied der NSDAP geworden und vertrat deren Auffassungen zumindest in den Anfangsjahren vehement, wie ein Briefwechsel mit Louis Monroe Dennis (1863–1936) von der Cornell University belegt.

Stock erforschte vor allem die Bor- und Siliziumwasserstoffe einschließlich ihrer Hydride und organometallischen Verbindungen und prägte die Namen Silone, Siloxane und Borane für bisher unbekannte Verbindungsklassen, entwickelte verschiedene Laborgeräte wie das Tensionsthermometer (1923) oder die Stocksche Hochvakuumapparatur (1917) und schlug die Stock-Nomenklatur (1919) zur Bezeichnung der Oxidationsstufen chemischer Verbindungen vor.

Stock war u.a. Korrespondierendes Mitglied der Gesellschaft der Wissenschaften zu Göttingen (1925); seit 1950 gibt es einen Alfred-Stock-Gedächtnispreis der Gesellschaft Deutscher Chemiker.

Publikationen: Praktikum der quantitativen anorganischen Analyse. Berlin 1909 (mit Arthur Stähler). – Ultra-Strukturchemie. Berlin 1920. – Die Gefährlichkeit des Quecksilbers und der Amalgam-Zahnfüllungen. In: Zeitschrift für angewandte Chemie 41 (1928) 24, S. 663–672.

Literatur: Egon Wiberg: Alfred Stock 1876–1946. In: Chemische Berichte 83 (1950) 6, S. XIX–LXXVI. – Alfred Neubauer: „You, a man of high intelligence ...“. Über den Antisemitismus des Alfred Stock. In: Horst Kant, Annette Vogt (Hrsgg.): Aus Wissenschaftsgeschichte und -theorie. Hubert Laitko zum 70. Geburtstag. Berlin 2005, S. 277–287.



## Fritz Straßmann

\* 22. 2. 1902 Boppard, † 22. 4. 1980 Mainz  
 am KWI/MPI für Chemie 1. 7. 1929–31.  
 3. 1953  
 WM KWG/MPG 29. 10. 1946–31. 3.  
 1953, AWM MPG 20. 5. 1953–22. 4.  
 1980

Straßmann wuchs als neuntes Kind eines mittleren Gerichtsbeamten auf. 1920 legte er sein Abitur in Düsseldorf ab. Von 1920 bis 1929 studierte er Chemie (als Werkstudent) an der Technischen Hochschule Hannover, 1924 erlangte er den Grad eines Dipl.-Ing. für Technische Chemie, 1929 eines Dr.-Ing. für Physikalische Chemie (Promotion bei Hermann Braune (1886–1977) mit einer Arbeit „Über die Beeinflussung der Sättigungsdampfkonzentration durch Anwesenheit komprimierter unidealer Gase (System  $J_2$ - $CO_2$ )“). Mit einem Stipendium der Notgemeinschaft der Deutschen Wissenschaft kam er als Assistent zu Hahn und erlernte das Arbeiten mit radioaktiven Substanzen.

Ab Herbst 1934 wurde Straßmann zu den Arbeiten von Hahn und Meitner über Transurane hinzugezogen. Ab 1. Januar 1935 erfolgte seine Anstellung am KWI für Chemie als Assistent mit Gehalt. Am 19. Dezember 1938 – Meitner musste inzwischen emigrieren – gelang ihm gemeinsam mit Hahn der chemische Nachweis der Urankernspaltung. Zwischen 1939 und 1945 entstanden Arbeiten (z.T. mit Hahn) zum Nachweis von Spaltprodukten und zum Element 93. Als absoluter Nazi-Gegner einerseits und quasi ‚Privatassistent‘ von Hahn andererseits war er im Institut relativ isoliert. 1944 ging er mit dem Institut in den Verlagerungsort Tailfingen.

Am 1. Juli 1946 wurde Straßmann zum o. Professor für Chemie an der neugegründeten Universität Mainz berufen, bereitete zum einen den Umzug des KWI für Chemie von Tailfingen nach Mainz vor und leitete zum anderen den Aufbau des Chemieinstituts der Universität Mainz. Als Leiter der radiochemischen Abteilung vertrat er Mattauch als

Direktor des KWI für Chemie und wurde nach dem Umzug nach Mainz 1950 zum 2. Direktor des Instituts ernannt. Zum 31. März 1953 schied Straßmann aus dem nunmehrigen MPI für Chemie aus und widmete sich voll seinen Lehraufgaben an der Universität und dem weiteren Ausbau des anorganisch-chemischen Universitätsinstituts (ab 1960 Institut für Anorganische Chemie und Kernchemie). Unter seiner Leitung wurde u.a. der TRIGA-Forschungsreaktor erbaut (1960–1967). 1957 gehörte er zu den Unterzeichnern der ‚Göttinger Erklärung‘. Seine Emeritierung erfolgte 1970.

Nach dem Tode seiner ersten Frau heiratete Straßmann 1959 erneut.

Ehrungen: 1966 Enrico-Fermi-Preis der US-Atomenergie-Kommission (gemeinsam mit O. Hahn und L. Meitner), 1972 Ehrenbürger der Stadt Mainz, 1985 posthume Ehrung als „Gerechter unter den Völkern“ durch den Staat Israel.

Publikationen: Einige neue Anwendungsmöglichkeiten der Emaniermethode. In: Die Naturwissenschaften 19 (1931), S. 502–504. – Über den Nachweis und das Verhalten der bei der Bestrahlung des Urans mittels Neutronen entstehenden Erdalkalimetalle. In: Die Naturwissenschaften 27 (1939) 1, S. 11–15 (mit O. Hahn). – Geologische Altersbestimmungen nach der Strontiummethode. In: Forschungen und Fortschritte 18 (1942), S. 353–355 (mit O. Hahn, J. Mattauach, H. Ewald).

Literatur: Fritz Krafft: Im Schatten der Sensation. Leben und Wirken von Fritz Straßmann. Weinheim 1981. – Peter Brommer und Günter Herrmann: Fritz Straßmann (1902–1980). Mitentdecker der Kernspaltung. Inventar des Nachlasses und Kommentierung der Versuche zur Kernspaltung. Koblenz 2001 (= Veröffentlichungen der Landesarchivverwaltung Rheinland-Pfalz, 95).



## Hans Eduard Suess

\* 16. 12. 1909 Wien, † 20. 9. 1993  
 am MPI für Chemie 1960/61  
 AWM 25. 11. 1969–20. 9. 1993

Als Sohn des Geologen Franz Eduard Suess (1867–1941) in Wien aufgewachsen, studierte Hans Eduard Suess Chemie an der dortigen Universität. 1935 promovierte er bei Philipp Gross (1899–1974) „Über den thermischen Zerfall einiger organischer Substanzen“. Nach einem Aufenthalt in Zürich ging er 1938 zunächst als Assistent an das Institut für physikalische Chemie der Universität Hamburg und habilitierte dort 1940 in physikalischer Chemie über „Das Verhalten von Bromverbindungen

bei Bromkernprozessen“. Zwischen 1939 und 1945 war er auch im deutschen Uranprojekt beschäftigt und befasste sich mit der Herstellung von Schwerem Wasser.

1950 folgte ein Jahresaufenthalt an der University of Chicago, wo Suess als Assistent bei Harold Urey (1893–1981) beschäftigt war. 1951 ging er dann bis 1955 an den U.S. Geological Survey (USGS) und im Anschluss daran an die Scripps Institution of Oceanography in San Diego, Californien. 1958 folgte er einem Ruf als Professor für Geochemie an die University of California in San Diego. Dort blieb er bis zu seiner Pensionierung 1977. Einen Ruf nach Mainz als Nachfolger Paneths hatte er 1961 nicht angenommen.

Suess beschäftigte sich außerdem mit der kosmischen Häufigkeitsverteilung der Elemente und arbeitete nach dem Kriege in diesem Zusammenhang mit Otto Haxel (1909–1998) und J. Hans D. Jensen (1907–1973) zum Schalenmodell des Atomkerns.

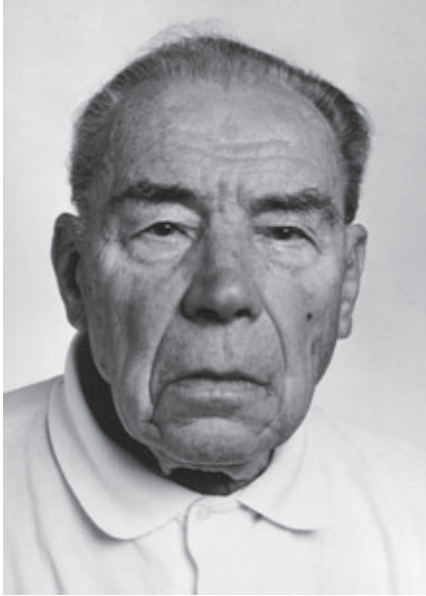
Er war maßgeblich am Aufbau des Radiocarbon Laboratory in La Jolla bei San Diego beteiligt und verbesserte dort insbesondere die  $^{14}\text{C}$ -Datierungsmethode mit Radiokohlenstoff.

Suess wurde mehrfach für seine wissenschaftlichen Leistungen ausgezeichnet. Zu seinen Ehrungen gehörten u.a. die Viktor-Moritz-Goldschmidt-Medaille der Geochemical

Society (1974) und die Leonard-Medal of the International Meteoritical Society (1977).

Publikationen: On the „magic numbers“ in nuclear structure. In: *Physical Review* 75 (1949), S. 1766 (mit Otto Haxel und J. Hans D. Jensen). – Zur Chemie der Planeten- und Meteoritenbildung. In: *Zeitschrift für Elektrochemie und Angewandte Physikalische Chemie* 53 (1949), S. 237–241. – Thermodynamic data on the formation of solid carbon and organic compounds in primitive planetary atmospheres. In: *Journal of Geophysical Research* 67 (1962), S. 2029–2043. – *Chemistry of the Solar System*. New York 1987.

Literatur: Heinrich Wänke, James R. Arnold: Hans E. Suess (1909–1993). In: *Biographical Memoirs of the National Academy of Sciences* 87 (2005), S. 3–20.



## Hermann Wäffler

\* 9. 2. 1910 St. Petersburg,

† 2. 9. 2003 Windisch/Aargau

am MPI für Chemie 1. 10. 1956–28. 2. 1978

WM 24. 2. 1956–28. 2. 1978

Der Sohn eines Bankdirektors wuchs in Schaffhausen/Schweiz auf. Nach Abschluss der Realschule erlernte er den Beruf eines Elektromechanikers und arbeitete danach als Monteur bei den Eisen- und Stahlwerken Georg Fischer AG in Schaffhausen. Im Herbst 1931 bestand er die Aufnahmeprüfung an der ETH Zürich und studierte zunächst Maschineningenieurwesen, ab 1933 dann Mathematik und Physik (Physikdiplom 1936). Danach war er Assistent am Physik-

sikalischen Institut der ETH bei Paul Scherrer (1890–1969). 1941 promovierte Wäffler bei Scherrer mit der Arbeit „Ueber die Intensitätsschwankungen der harten Komponente der Höhenstrahlung auf Jungfrauoch (3.500 m ü.M.)“. Im Herbst 1943 habilitierte er sich an der ETH Zürich zum Privatdozenten für Atomphysik. 1949 wurde er Titularprofessor an der ETH, 1950 berief ihn die Universität Zürich zum ao. Professor für Experimentalphysik.

1956 erhielt Wäffler den Ruf an das MPI für Chemie als Leiter der Abteilung Hochspannungsphysik als Nachfolger von Peter Jensen (1913–1955). Ab 20. April 1959 war er Direktor der nunmehr selbständigen Abteilung Kernphysik. Er vollendete den Aufbau des Van-de-Graaff-Beschleunigers am MPI für Chemie (6 MeV) und stand in enger Zusammenarbeit mit dem Institut für Kernphysik der Mainzer Universität, das 1967 einen 300-MeV-Elektronenlinearbeschleuniger in Betrieb nahm. Schwerpunkt seiner Arbeiten war die Untersuchung von Prozessen an Atomkernen, u.a. zur Paritätsverletzung.

Wäffler war verheiratet und hatte vier Kinder. Wäffler war begeisterter Bergsteiger.

Publikationen: Forschung in Kernphysik an der ETH Zürich 1928–1960. Villingen 1991.

## Heinrich Wänke

\* 5. 9. 1928 Linz/Oberösterreich  
 am MPI für Chemie 1. 1. 1954–30. 9. 1996,  
 seit 1976 Direktor der Abteilung Kosmochemie  
 WM 15. 5. 1963–30. 9. 1996  
 (danach em. WM)



Nach Abschluss seines Physikstudiums promovierte Heinrich Wänke 1952 in Wien bei Berta Karlik (1904–1990) über das Thema „Elektronisch-optisches Verfahren zur automatischen Ermittlung der Amplitudenverteilung elektrischer Impulse“. Im selben Jahr ging er an die University of Durham, arbeitete dort als Assistent in der Forschergruppe von Friedrich A. Paneth und beschäftigte sich während dieser Zeit insbesondere mit der Altersbestimmung von Meteoriten.

Als Paneth im Oktober 1953 einen Ruf an das MPI für Chemie erhielt, folgte Wänke ihm an das Mainzer Institut. Dort führte er seine Meteoritenforschung fort und befasste sich darüber hinaus mit der Messung von Edelgasen in der Stratosphäre. Mit finanzieller Unterstützung der Fritz Thyssen Stiftung führte Wänke diese Arbeiten nach Paneths Tod u.a. gemeinsam mit Friedrich Begemann fort. 1961 habilitierte sich Wänke bei Fritz Straßmann an der Universität Mainz. Sein Hauptarbeitsgebiet wurde nun die Analyse von Spaltprodukten aus der Höhenstrahlung in Meteoriten.

1967 trat er das Direktorat der Abteilung für Kosmochemie am MPI für Chemie an, das er bis zu seiner Emeritierung 1996 inne hatte.

In diese Zeit fielen u.a. die Apollo-Missionen der NASA. Wänke und sein Team erhielten nach der erfolgreichen Mondlandemission von Apollo-11 1969 mit 105,9 g die größte Mondgesteinsprobe, die damals außerhalb der USA vergeben wurde. In den 1980er Jahren richtete sich Wänkes Hauptinteresse auf die Erforschung der Zusammensetzung von Marsgestein.

Wänke erhielt für seine Arbeiten mehrere Auszeichnungen. Er ist u.a. Runcorn-Forensky-Medaillist der European Geophysical Society (EGS) und erhielt 2005 die Jean-





Dominique-Cassini-Union-Medaille der European Geosciences Union (EGU). Außerdem bekam er 1997 – gemeinsam mit Rudolf Rieder – für seine öffentlichkeitswirksame Darstellung der Ergebnisse der Meteoritenforschung den Medienpreis BAMBI.

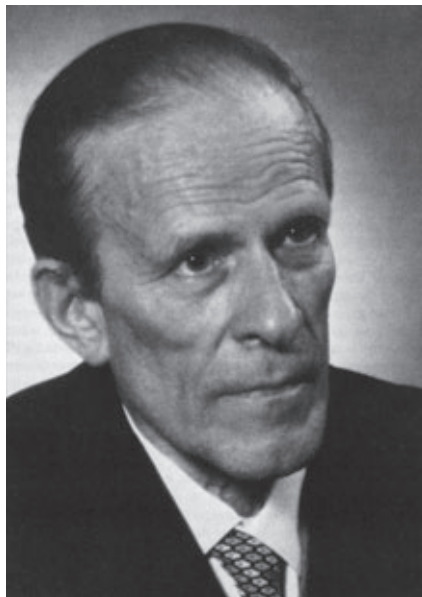
Publikationen: Eine neue Methode zur Bestimmung kleinster Uranmengen und ihre Anwendung auf die Urananalyse von Steinmeteoriten. In: Zeitschrift für Naturforschung 12a (1957), S. 763–765 (mit K.H. Ebert und H. König). – Was sagen die Mondproben? In: Mitteilungen aus der Max-Planck-Gesellschaft zur Förderung der Wissenschaften 1970, S. 150–165. – Geochemical evidence for the formation of the Moon by impact-induced fission of the proto-Earth. In: W.K. Hartmann, R.J. Phillips, G.J. Taylor (Hrsgg.): Origin of the Moon. Houston 1986, S. 649–672 (mit G. Dreibus).

Literatur: Ursula B. Marvin: Oral histories in meteoritics and planetary science: IX. Heinrich Wänke. In: Meteoritics & Planetary Science 37 (2002) Suppl., S. B79–B88.



## Ludwig Waldmann

\* 8. 6. 1913 Fürth, † 9. 2. 1980  
 am KWI/MPI für Chemie  
 1. 5. 1943–12. 5. 1963  
 WM 29. 1. 1954–12. 5. 1963,  
 AWM 8. 12. 1963–9. 2. 1980



Nach seinem Abitur an der Oberrealschule in Fürth studierte Waldmann ab 1932 an den Universitäten München und Göttingen Mathematik und Physik. 1938 erfolgte die Promotion „Über die Verallgemeinerung der Boltzmannschen Abzählmethode und das van der Waalsche Gas“ bei Arnold Sommerfeld (1868–1951) in München. Ab 1937 arbeitete er zunächst als Assistent weiter bei Sommerfeld im Institut für theoretische Physik und war zwischen 1939 und 1943 bei Klaus Clusius (1903–1963) am Institut für Physikalische Chemie der Münchener Universität beschäftigt. 1940 habilitierte er sich an der Universität München.

1943 kam Waldmann als ‚Haustheoretiker‘ in der Nachfolge von Siegfried Flügge (1912–1997) an das KWI für Chemie nach Berlin-Dahlem. Hier – wie zuvor schon in München – war er im Rahmen des deutschen Uranprojektes mit Fragen der Isotopentrennung befasst und arbeitete zu diesen Fragen mit Josef Mattauch zusammen, wobei sich auch sein Interesse für experimentelle Arbeiten zeigte. Daneben befasste er sich ausführlich mit dem Diffusionsthermoeffekt; Transportphänomene in Gasen und Flüssigkeiten waren ein Schwerpunkt seiner Forschungsarbeit. Er entwickelte (um 1957) eine neue quantenmechanische Interpretation der Boltzmann-Gleichung, die unter dem Namen Waldmann-Snider-Gleichung bekannt wurde.

1954 wurde er Wissenschaftliches Mitglied am MPI für Chemie, nahm jedoch 1963 einen Ruf auf die Professur für Theoretische Physik an der Universität von Erlangen-Nürnberg an. Er wurde Auswärtiges Wissenschaftliches Mitglied des MPI für Chemie. 1964/65 wirkte er als Gastdozent am Department of Chemical Engineering an der University of Minnesota in Minneapolis.

1974 arbeitete Waldmann zusammen mit Jan Beenakker (1926–1998) und Hein Knaap zu molekularphysikalischen Themen an der Leidener Universität in den Niederlanden. 1978 schied er aus gesundheitlichen Gründen aus dem Universitätsbetrieb aus.

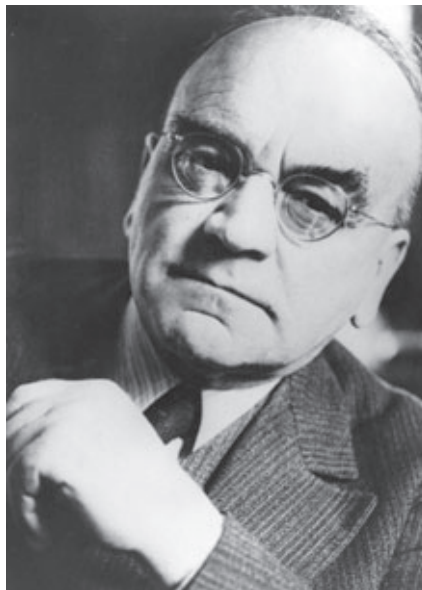
Waldmann war seit 1979 Mitglied der Bayerischen Akademie der Wissenschaften. Im selben Jahr erhielt er für seine Beiträge zur kinetischen Theorie der Gasmoleküle den Ehrendokortitel der Universität Leiden.

Publikationen: Zur Theorie des Isotopenverfahrens von Clusius und Dickel I. In: *Zeitschrift für Physik* 114 (1939) 1–2, S. 53–81. – Transporterscheinungen in Gasen von mittlerem Druck. In: Siegfried Flügge (Hrsg.): *Handbuch der Physik*, Bd. 12. Berlin 1958, S. 295–514. – Theory of Boundary Conditions for the Boltzmann Equation. *Zeitschrift für Naturforschung* 32a (1977), S. 521–531.

Literatur: Siegfried Hess: In Memoriam Ludwig Waldmann. *Zeitschrift für Naturforschung* 58a (2003), S. 269–274.

## Heinrich Wieland

\* 4. 6. 1877 Pforzheim,  
 † 5. 8. 1957 Starnberg bei München  
 am KWI für Chemie  
 (15.) 26. 3. 1917–31. 12. 1918  
 WM KWI für Chemie  
 13. 2. 1917–31. 12. 1918  
 Senator der MPG 1948–1951



Wieland stammte aus einer wohlhabenden Unternehmerfamilie, sein Vater, ebenfalls Chemiker, betrieb eine Edelmetallscheideanstalt. Wieland studierte von 1896 bis 1901 in Berlin, Stuttgart und München Chemie; 1901 promovierte er an der Universität München und habilitierte sich dort 1904, wurde 1909 Titularprofessor und 1914 ao. Professor für spezielle organische Chemie. 1917 wurde er Professor für organische Chemie an der Technischen Hochschule München, ging 1921 nach Freiburg und kehrte 1925 als o. Professor für organische Chemie an die Universität München zurück (Nachfolge von Richard Willstätter); emeritiert 1950.

Wieland wurde im Februar 1917 – an Stelle des erkrankten Wilhelm Steinkopf (1879–1949) – „bis auf weiteres“ an das KWI für Chemie berufen zur Leitung der organischen Arbeiten auf dem Gebiet der Kampfreizstoffe; unterstellt war er allerdings als ‚Abteilung D‘ dem KWI für physikalische Chemie und Elektrochemie in seiner Rolle als Militärinstitut. Mit mehreren Mitarbeitern entwickelte er Kampfgase aus der Gruppe der Lose (wie Senfgas) und den Einsatz von ‚maskenbrechenden‘ Wirkstoffen. Da Kriegsarbeiten im Institutsbericht 1917/18 ausdrücklich nicht genannt wurden, kommt Wieland darin nicht vor.

Wieland arbeitete anfangs über Stickoxide. Es folgten Arbeiten über Gallensäuren (insbesondere Cholsäure) und Krötengifte. Im Zusammenwirken mit seinem Bruder, dem Pharmakologen Hermann Wieland (1885–1929), beriet Wieland auch die Firma C.H. Boehringer in Ingelheim und entwickelte aus seinen Forschungen 1920 das Herz-Kreislaufmittel Cardechol. Stickstoffhaltige Naturstoffe wurden sein Hauptarbeitsgebiet, dar-

unter Knollenblätterpilz- und Curaregifte. Da diese Forschungen im Dritten Reich als kriegswichtig galten, genoss er einen gewissen Schutz vor nationalsozialistischen Denunziationen, und dies ermöglichte es ihm, jüdische Mitarbeiter wie auch der ‚Weißen Rose‘ nahestehende Studenten zu unterstützen.

Ein weiterer Arbeitsschwerpunkt Wielands war die Aufklärung des Mechanismus der biologischen Oxidation. Er erkannte, dass enzymatisch aktivierter Wasserstoff der eigentliche Brennstoff der Zelle ist (Dehydrierungstheorie).

Für seine Arbeiten zur Strukturermittlung der Gallensäuren und verwandter Substanzen erhielt Wieland 1928 den Nobelpreis für Chemie des Jahres 1927 zugesprochen. Von den weiteren Ehrungen seien genannt: 1952 Mitglied im Orden Pour le mérite, 1955 Otto-Hahn-Preis für Chemie (zusammen mit Lise Meitner), Mitglied verschiedener Wissenschaftsakademien, so Berlin, München, Göttingen sowie der Royal Society of London. Die Boehringer-Ingelheim-Stiftung vergibt seit 1964 den Heinrich-Wieland-Preis.

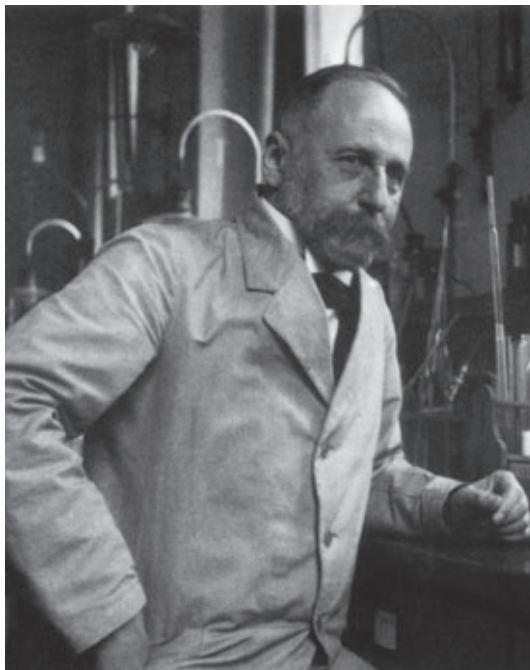
Wieland war verheiratet und hatte vier Kinder.

Publikationen: Die Hydrazine. Stuttgart 1913. – Über den Verlauf der Oxydationsvorgänge. Stuttgart 1933.

Literatur: Paul Karrer: Heinrich Wieland. In: Biographical Memoirs of Fellows of the Royal Society 4 (1958), S. 340–352. – Chemiker im Gespräch. Erinnerungen an Heinrich Wieland. In: Chemie in unserer Zeit 11 (1977) 5, S. 143–149. – Elisabeth Vaupel: Interconnections and Independence: Heinrich Wieland and His Era. In: Angewandte Chemie, Int. Edition 46 (2007), S. 9154–9179. – Sibylle Wieland et al. (Hrsgg): Heinrich Wieland – Naturforscher, Nobelpreisträger und Willstätters Uhr. Weinheim 2008. – Marion Kazemi: Nobelpreisträger in der Kaiser-Wilhelm-/Max-Planck-Gesellschaft, 2. Aufl. Berlin 2006, S. 299–302 (= Veröffentlichungen aus dem Archiv der Max-Planck-Gesellschaft, 15).

## Richard Willstätter

\* 13. 8. 1872 Karlsruhe,  
 † 3. 8. 1942 Muralto/Tessin  
 am KWI für Chemie  
 1. 10. 1912–31. 3. 1916  
 WM 1. 10. 1912–31. 3. 1916  
 AWM 9. 12. 1927–März 1937  
 (gestrichen auf Grund der  
 NS-,Rassegesetze)



Willstätter entstammte einer wohlhabenden jüdischen Großkaufmannsfamilie. Er studierte Chemie zunächst an der Technischen Hochschule, dann an der Universität München; 1894 promovierte er über die „Struktur des Kokains“. Danach wurde er Privatassistent Adolf von Baeyers (1835–

1917) an der Münchener Universität und habilitierte 1896. 1902 wurde er ao. Professor und Vorstand der organischen Abteilung im von Baeyerschen Institut. Ab 1905 war er als o. Professor für allgemeine Chemie an der ETH Zürich tätig, setzte dort seine in München begonnenen Arbeiten über Chinone und chinoide Farbstoffe fort und widmete sich dem für die Fotosynthese wichtigen Pflanzenfarbstoff Chlorophyll.

1912 gewann ihn Emil Fischer für das KWI für Chemie als Leiter der Organischen Abteilung; zugleich erhielt er eine o. Honorarprofessur an der Berliner Universität in der Nachfolge von Jacobus Hendricus van't Hoff (1852–1911), doch ging er bereits 1916 wieder nach München als Nachfolger von Baeyers.

In Berlin wurde die Strukturaufklärung und Synthese von Anthocyanen (Blütenfarbstoffe) ein neuer Forschungsschwerpunkt Willstätters. Zudem wurde er auch in kriegsbedingte Forschungen einbezogen, so zur Zuckergewinnung aus Holz (eine heute noch im Rahmen der Bioenergiegewinnung aktuelle Fragestellung) und bei der Entwicklung von Filtereinsätzen für Gasmasken gegen Kampfgase. In München rückten dann die Enzymforschung und die Aufklärung der Fotosynthese in den Mittelpunkt.

1924 trat Willstätter – nicht zuletzt aus Protest gegen die antisemitische Haltung vieler Mitglieder des Lehrkörpers – von seinem Ordinariat zurück. In Zusammenarbeit mit der chemischen Industrie und unterstützt von seinem Nachfolger Heinrich Wieland konnte er aber in München als Privatgelehrter weiter forschen (ein Angebot, an das KWI für Chemie zurückzukehren, lehnte er 1926 ab). Die zunehmende Judendiskriminierung im Nazi-Reich zwang ihn am 4. März 1939 in die Emigration in die Schweiz (Abschiebung nach missglücktem Fluchtversuch). Als Privatgelehrter konnte er noch bei der Schweizer Pharmafirma Sandoz in Basel arbeiten – sein ehemaliger Schüler Arthur Stoll (1887–1971), den er 1912 auch an das KWI für Chemie mitgebracht hatte, war dort seit 1933 Direktor.

Für seine Untersuchungen über Pflanzenfarbstoffe, insbesondere des Chlorophylls, erhielt Willstätter 1915 den Nobelpreis für Chemie, den er aber wegen der Kriegsergebnisse erst 1916 entgegennehmen konnte. Willstätter war Mitglied zahlreicher Wissenschaftsakademien, darunter Göttingen (1910), Berlin (1914), Deutsche Akademie der Naturforscher Leopoldina (1919), Rom (1923), Royal Society London (1928). Von anderen Ehrungen seien genannt: Orden Pour le mérite (1924), Bayerischer Maximiliansorden für Wissenschaft und Kunst (1925), Faraday-Medaille der Chemical Society London (1927), Goethe-Medaille für Kunst und Wissenschaft (1932).

Publikationen: Untersuchungen über Chlorophyll. Methoden und Ergebnisse. Berlin 1913 (mit Arthur Stoll). – Untersuchungen über Enzyme, 2 Bde. Berlin 1928. – Aus meinem Leben. Weinheim 1949.

Literatur: Robert Robinson: Richard Willstätter. In: *Obituary Notices of Fellows of the Royal Society* 8 (1953), S. 609–634. – Jany Renz: Richard Willstätter und seine Bedeutung für die Entwicklung der Chemie. In: *Helvetica Chimica Acta* 56 (1973) 1, S. 1–14. – Petra Werner, Angelika Irmischer (Hrsgg.): Fritz Haber – Briefe an Richard Willstätter 1910–1934. Berlin 1995. – Horst Remane, Wolfgang Schweitzer (Hrsgg.): Richard Willstätter im Briefwechsel mit Emil Fischer in den Jahren 1901 bis 1918. Berlin 2000. – Marion Kazemi: Nobelpreisträger in der Kaiser-Wilhelm-/Max-Planck-Gesellschaft, 2. Aufl. Berlin 2006, S. 311–315 (= Veröffentlichungen aus dem Archiv der Max-Planck-Gesellschaft, 15).





## Autorenverzeichnis

Meinrat Otto Andreae (\* 1949) ist seit 1987 Direktor am MPI für Chemie. Zu weiteren Details siehe seine Kurzbiographie im Kapitel 12.

Paul Crutzen (\* 1933) war 1980–2000 Direktor am MPI für Chemie. 1995 erhielt er den Nobelpreis für Chemie. Zu weiteren Details siehe seine Kurzbiographie im Kapitel 12.

Ruprecht Jaenicke (\* 1940) studierte Meteorologie und Geophysik an der Universität Mainz (Diplom 1964, Promotion 1970). 1969–1979 wiss. Mitarbeiter am MPI für Chemie in Mainz, 1979–2008 Prof. für Meteorologie an der Universität Mainz. Forschungsaufenthalte am CalTech in Pasadena (1965) und am National Center for Atmospheric Research in Boulder/Colorado (1970/71). Forschungsschwerpunkte: Atmosphärenphysik und Luftchemie, atmosphärische Aerosole, Instrumentenentwicklung

Jeffrey Allan Johnson (\* 1947) studierte Geschichte an der Rice University, Houston, Texas und an der Princeton University in Princeton, New Jersey (MA 1973, Promotion 1980). Forschungsaufenthalt an der LMU München (1973/74). 1980–1986 Assistant Professor State University of New York, Binghamton. Seit 1986 Professor of History an der Villanova University, Villanova, Pennsylvania. Forschungsschwerpunkte: deutsche Geschichte, Wissenschaftsgeschichte der Moderne, Gendergeschichte, Chemiegeschichte.

Horst Kant (\* 1946) studierte 1964–1969 Physik an der Humboldt-Universität zu Berlin (1969 Diplom) und 1969–1972 Wissenschaftstheorie und -geschichte ebenda (1973 Promotion). Danach bis 1978 wiss. Mitarbeiter an der Humboldt-Universität, dann bis 1991 an der Akademie der Wissenschaften der DDR, anschließend am Forschungsschwerpunkt Wissenschaftsgeschichte und -theorie in Berlin und seit 1995 am Max-Planck-Institut für Wissenschaftsgeschichte in Berlin. Forschungsgebiete: Geschichte der Physik im 19. und 20. Jahrhundert (speziell Sozial-, Institutional- und Personengeschichte), Geschichte der Radioaktivität und Kernphysik, Entwicklung der Physik in Berlin.

Gregor Valentin Lax (\* 1982) studierte Geschichts- und Sozialwissenschaften am Institut für Wissenschafts- und Technikforschung der Universität Bielefeld (M.A. 2010) mit der Spezialisierung auf History, Philosophy and Sociology of Science. Seit 2010 Promovend an der Bielefeld Graduate School in History and Sociology. Forschungsschwerpunkte: (Diskurs-)geschichte der Wissenschafts- und Innovationspolitik nach 1945, Entstehung und Konsolidierung gesellschaftlicher Werte.

Jos Lelieveld (\* 1955) ist seit 2000 Direktor am MPI für Chemie. Zu weiteren Details siehe seine Kurzbiographie im Kapitel 12.

Herbert Palme (\* 1943) studierte Physik und Mathematik an der Universität Wien und promovierte 1971 in Kernphysik. Wiss. Mitarbeiter 1971–1976 am MPI für Chemie in Mainz, 1976–1977 am Enrico-Fermi-Institut der Universität Chicago, 1977–1994 am MPI für Chemie; 1994–2008 Prof. für Mineralogie und Geochemie an der Universität zu Köln. Seit 2008 ehrenamtl. Mitarbeiter am Forschungsinstitut und Naturmuseum Senckenberg in Frankfurt am Main. Forschungsgebiete: Chemisch-mineralogische Untersuchungen von Meteoriten-, Mond- und Marsproben, Rekonstruktion der Frühgeschichte des Sonnensystems, Entstehung und Differentiation von Planeten und Planetesimalen.

Carsten Reinhardt (\* 1966) studierte Wissenschaftsgeschichte, Geschichte und Chemie an der Universität Stuttgart und der TU Berlin (M.A. 1992, Promotion 1996). Wissenschaftlicher Assistent und Oberassistent an der Universität Regensburg (1996–2007), Forschungsaufenthalte an der Chemical Heritage Foundation, Philadelphia, USA (1998/99) und am MPI für Wissenschaftsgeschichte, Berlin (2006/07). Seit 2007 Professor für Historische Wissenschaftsforschung an der Universität Bielefeld. Forschungsschwerpunkte: Chemiegeschichte, Formierung der Industrieforschung, Transformation wissenschaftlicher Methoden und Expertise als Beziehung von Wissenschaft und Politik.

## Danksagung

Die Herausgeber dieses Bandes möchten an dieser Stelle all jenen danken, die zu seinem Entstehen beigetragen haben.

Insbesondere ist dem Direktorium des Max-Planck-Instituts für Chemie zu danken, dass es dieses Festschrift-Projekt initiierte und dafür die Zusammenarbeit mit dem Max-Planck-Institut für Wissenschaftsgeschichte suchte. Vor allem Herr Meinrat Andreae begleitete dieses Projekt mit stetigem Interesse. Eine wichtige Hilfe aus dem Institut und stets bereite Ansprechpartnerin war uns Frau Susanne Benner von der Pressestelle. Nicht zu vergessen anfangs Herr Wolfgang Kunzmann und später Herr Ulrich Müller als Verwaltungsleiter, die die notwendigen finanziellen Mittel zur Verfügung stellten.

Dem Archiv der Max-Planck-Gesellschaft und seinen Mitarbeitern möchten wir danken für die bereitwillige und unkomplizierte Bereitstellung der notwendigen archivalischen Dokumente und insbesondere seinem Direktor, Herrn Lorenz Beck, für die Bereitschaft, diese Festschrift in eine der Publikationsreihen des Archivs aufzunehmen. Zudem leisteten die Mitarbeiter des Archivs gerade in der Phase der Fertigstellung des Manuskripts wertvolle Hilfe.

Wichtig für diese und künftige Arbeiten zur Geschichte des MPI für Chemie waren auch einige Interviews, die wir mit den Herren Friedrich Begemann, Paul Crutzen, Günter Hermann, Klaus Jochum und Norbert Trautmann führen konnten, und wir danken für ihre Bereitschaft.

Dank verdienen auch die Referenten unserer neun wissenschaftshistorischen Kolloquien, die wir in monatlichem Abstand im Laufe des Jahres 2012 am MPI für Chemie organisieren konnten. Dies nicht nur mit der Absicht, gerade auch die jüngeren Mitarbeiter des MPI für Chemie und interessierte Kollegen anderer Institute auf das Jubiläum einzustimmen, sondern auch, um Anregungen für diese Festschrift zu sammeln.

Und abschließend gilt unser besonderer Dank unseren beiden direkten Mitarbeitern bei der redaktionellen Fertigstellung dieser Festschrift, dem Doktoranden der Universität Bielefeld Gregor Lax, der auch mehrere inhaltliche Beiträge beisteuerte, sowie der Studentin Anja Heller, ebenfalls Universität Bielefeld, die wichtige technische Bearbeitungen übernahm.

Horst Kant  
Max-Planck-Institut für  
Wissenschaftsgeschichte, Berlin

Carsten Reinhardt  
Universität Bielefeld, Institut für  
Wissenschafts- und Technikforschung

## Abbildungsnachweis

Sofern nicht anders angegeben, stammen die Abbildungen aus dem Archiv der MPG (Abt. VI, Rep. 1 Fotografien).

Umschlagbild (Neubau): MPI für Chemie (A. Reuter). – Frontispiz: MPI für Chemie (C. Costard).

2-1 u. 2-2: Bayer AG, Corporate History & Archives.

4-1: J. Mattauch in: *Die Naturwissenschaften* 27 (1939) 12, Fig. 7 (S. 189). – 4-3: H. Hintenberger et al. in: R.M. Elliott (Hrsg.): *Advances in Mass Spectrometry*, Vol. 2. Proceedings of a conference held in Oxford, September 1961. Oxford 1963, fig. 4 (S. 182). – 4-5 u. 4-6: M. Seufert.

5-1 u. 5-2: Wikimedia Commons. – 5-3: Wikimedia Commons (B. Comby, URL: [www.ecolo.org](http://www.ecolo.org)). – 5-5: W. Huisl – 5-6: C. Junge in: *Jahrbuch der Max-Planck-Gesellschaft* 1971, S. 153. – 5-7: M.O. Andreae. – 5-8: H. Elbert. – 5-9: K.H. Wedepohl. – 5-10: G. Schneider. – 5-11: K.K. Bertine. – 5-12: J.W. Winchester. – 5-13: R.A. Kerr. – 5-14 u. 5-15: E.P. Thonke. – 5-16: MPI für Chemie. – 5-17: M.O. Andreae. – 5-18: MPI für Chemie. – 5-19 u. 5-20: M.O. Andreae.

6-1: C. Junge in: *Journal of Meteorology* 12 (1955) 1, S. 18, fig. 3. – 6-2: C. Junge in: *Tellus* 8 (1956), S. 128, fig. 1. – 6-3: C. Junge et al. in: *Journal of Meteorology* 18 (1961), S. 81–108, fig. 5. – 6-4: L. Schütz. – 6-5: R. Jaenicke (privat).

7-1 bis 7-4: H. Palme (Archiv des Autors). – 7-5 bis 7-7: B. Spettel. – 7-9: MPI für Chemie. – 7-10 u. 7-11: H. Palme (Archiv des Autors). – 7-12: *Mainzer Allgemeine Zeitung* vom 19. 9. 1969; Jg. 119, Nr. 217, S. 1. – 7-13 u. 7-14: H. Palme (Archiv des Autors). – 7-15: G. Dreibus-Kapp et al. in: *Sterne und Weltraum* (1999) 9, S. 747, Abb. 12. – 7-17: E. Jagoutz et al. in: *Proc. 10th Lunar and Planetary Science Conference* 2 (1979), S. 2040, fig. 2. – 7-18: G. Dreibus-Kapp et al. in: *Sterne und Weltraum* (1999) 9, S. 747, Abb. 13. – 7-19: NASA. – 7-20: H. Wänke et al. in: *Philosophical Transactions of the Royal Society London A* 349 (1994), S. 286. – 8-1: D.W. Fahey et al.: [http://ozone.unep.org/Assessment\\_Panels/SAP/Scientific\\_Assessment\\_2010/SAP-2010-FAQs-update.pdf](http://ozone.unep.org/Assessment_Panels/SAP/Scientific_Assessment_2010/SAP-2010-FAQs-update.pdf) (15. 8. 2012), S. 28.

8-2 u. 8-3: P.J. Crutzen et al. in: *Ann. Rev. Earth Planet. Sci.* 29 (2001), S. 26, fig. 2. –  
8-4: W. Steffen et al. in: *Global Change and the Earth System*. Berlin u.a. 2004, S. 15.  
– 8-5: S.D. Solomon et al. in: *IPCC 2007, Climate Change (2007)*, S. 3, fig. SPM.1. –  
8-6: S.D. Solomon et al. in: *IPCC 2007, Climate Change (2007)*, S. 6, fig. SPM.3. –  
8-7: D.L. Albritton et al. in: *IPCC 2001, Climate Change (2001)*, S. 8, fig. 3. – 8-8:  
E.A.G. Schuur et al. in: *Nature* 480 (2011), S. 32. – 8-9: J. Hansen et al. in: *Philosophical  
Transactions of the Royal Society London A* 365 (2007), S. 1926, fig. 1.

11-19c-d: MPI für Chemie (A. Reuter). – 11-20a-b: MPI für Chemie (H. Gimm). –  
11-23: MPI für Chemie. – 11-24: MPI für Chemie (C. Costard). – 11-25: MPI für  
Chemie. – 11-26 u. 11-27: MPI für Chemie (A. Reuter).

12, S. 337: MPI für Chemie. – 12, S. 352: MPI für Chemie (C. Costard)

## Personenregister

(FN = Fußnote)

- Achenbach, Kirsten 303  
 Ahnen, Doris 304  
 Aldrin, Edwin 218  
 Allègre, Claude 208 f.  
 Althoff, Friedrich 25  
 Anders, Edward 221  
 Anderson, Carl David 65  
 Anderson, Neil 166  
 Andreae, Meinrat O. 19, 127, 154,  
 163 f., 166, 176, 199, 257, 275-277,  
 304, 310  
 Andreae, Tracey W. 158, 161  
 Appel, Peter 151  
 Ardenne, Manfred Baron von 80, 85-87  
 Armstrong, Neil 218  
 Arnold, Frank 166  
 Artaxo, Paolo 311  
 Aston, Francis W. 99, 102
- Baddenhausen, Hildegard 216, 238  
 Baeyer, Adolf von 31, 38, 57, 144, 159,  
 320, 323, 366  
 Baeyer, Otto von 55, 284  
 Bagge, Erich 79  
 Bahr-Bergius, Eva von 73  
 Bainbridge, Kenneth T. 346  
 Balzer, Wolfgang 166  
 Barnes, Ross O. 160  
 Baumann, Johanna 285  
 Beck 198  
 Beckmann, Ernst 13, 14, 27, 29,  
 30-35, 41-44, 261 f., 264, 281 f.,  
 308, 312 f., 353
- Becquerel, Antoine Henri 53 f.  
 Beenakker, Jan 361  
 Begemann, Friedrich 18, 118, 120,  
 125 f., 129 f., 183, 206, 208, 219 f.,  
 236-238, 272-275, 314 f., 362  
 Belitz, Hans-Dieter 327  
 Bengtsson, Lennart 184  
 Berghof, Winfried 122-124  
 Beutel, Jens 304  
 Beuthe, Hermann 80  
 Bieri, Rudolf H. 115 f.  
 Bingemer, Heinz 162, 166, 169, 185  
 Bishop, Raymond 336  
 Bobek, Felix 60  
 Bohne, Irmgard 71  
 Bohr, Niels 71 (FN), 73 f., 97 f., 284  
 Bolin, Bert 184, 317  
 Boltzmann, Ludwig 343, 360 f.  
 Bonhoeffer, Karl Friedrich 80, 113  
 Born, Dorothea 285  
 Born, Hans Joachim 285  
 Born, Max 74 f., 97 (FN)  
 Bothe, Walther 54, 62 (FN), 77, 78  
 (FN), 79, 86 (FN), 89 (FN), 93 (FN)  
 Brey, Gerhard 237 f.  
 Brickman, Fred 166  
 Brimblecombe, Peter 148  
 Brinkmann, W.L.F. 148  
 Broecker, Wallace 148  
 Broglie, Louis de 97  
 Bruna, Otto 107  
 Brunck, Heinrich von 22  
 Brunder, Fabrizio 166



- Bullrich, Kurt 196  
 Bunsen, Robert 159  
 Butenandt, Adolf 126, 145, 271
- Callendar, Guy S. 146  
 Capodilista, Lorenzo E. 285  
 Chadwick, James 64 f., 67  
 Chardin, Pierre Teilhard de 134, 249  
 Charlson, Robert J. 163, 168  
 Chlopin, Vitali G. 64  
 Cicerone, Ralph 166  
 Clusius, Klaus 79, 85, 113, 334, 360  
 Cockcroft, John D. 65  
 Coester, Fritz 335  
 Compton, Arthur H. 97  
 Conrad, Ralf 151 f., 154, 184  
 Corell, Robert 247  
 Coryell, Charles D. 113  
 Coster, Dirk 71 (FN)  
 Cox, Tony 148  
 Craig, Harmon 158 f.  
 Crutzen, Paul J. 11, 18, 148, 151-154,  
 164-169, 184, 187, 200, 250, 274-  
 276, 317 f., 337, 352  
 Cuong, Nguyen Ba 148  
 Curie, Marie 54, 64  
 Curie, Pierre 54
- Debye, Peter 71 (FN), 78 (FN), 81  
 Delbrück, Max 75, 265, 285  
 Dennis, Louis M. 354  
 Diebner, Kurt 79, 81, 93  
 Döpel, Robert 82  
 Dörffel, Fritz 285  
 Dreibus, Gerlind 217, 363
- Droste, Gottfried von 63, 75, 77, 84,  
 285  
 Duisberg, Carl 14, 22 f., 31 f., 41-43,  
 48, 50 f., 321, 326
- Edmondson, Yvette 160  
 Ehhalt, Dieter 148, 160, 166  
 Eichmann, Rudolf 151, 198  
 Emmermann, Rolf 155  
 Erbacher, Otto 61, 63, 76, 107, 266,  
 285  
 Eremets, Mikhail 183, 185  
 Erikson, Henry A. 346  
 Esau, Abraham 47, 78  
 Everling, Friedrich 115  
 Ewald, Heinz 104-107, 109, 115, 266,  
 288  
 Exner, Franz 54 f., 343
- Fajans, Kasimir 98  
 Feichtinger, Nora 63  
 Fermi, Enrico 67-70, 96  
 Fischer, Emil 21-23, 25-27, 29-33, 35-  
 37, 39-42, 50-53, 54 (FN), 56, 58 f.,  
 141-143, 159, 161, 261-263, 307,  
 309, 313, 320 f., 323, 326, 353, 366  
 Fischer, Franz 52  
 Flammersfeld, Arnold 77, 90, 107, 111,  
 268, 270  
 Fleischmann, Rudolf 77  
 Flügge, Siegfried 73-76, 86, 106, 265,  
 269, 276, 360  
 Franck, James 55, 71 (FN), 97, 284  
 Franzen, Jochen 123  
 Freitag, Kurt 60  
 Fresenius, Carl Remigius 312

- Friedrich-Freksa, Hans 334  
 Frisch, Otto Robert 73, 74 (FN), 75,  
 96, 98, 266, 324, 344  
  
 Galer, Stephan 183, 185  
 Gamow, George 73 (FN)  
 Gans, Leo 56  
 Geiger, Hans 54, 64, 78 (FN), 284  
 Geiss, Johannes 145, 197  
 Gentner, Wolfgang 78 (FN), 146, 197,  
 270  
 Georgii, Hans-Walter 148, 196  
 Gerlach, Walther 80, 94, 96  
 Giesel, Friedrich 40  
 Gille, Ludwig 288  
 Göring, Hermann 93  
 Götte, Hans 112  
 Goetz, Alexander 196  
 Goldammer, Johannes 177, 185  
 Goldberg, Edward D. 158-160, 165,  
 310  
 Gorham, Eville 140  
 Goudsmit, Samuel A. 108 (FN)  
 Graßl, Hartmut 184  
 Graue, Georg 63, 285  
 Greese 198  
 Greinacher, Heinrich 54 (FN)  
 Gross, Philipp 357  
 Grosse, Aristide von 68  
 Groth, Wilhelm 78  
 Guth, Max 29, 262  
  
 Haas, Paul 161  
 Haber, Fritz 31, 34, 38-40, 43, 57,  
 307 f., 324  
  
 Haber, Heinz 287  
 Hahn, Edith 63  
 Hahn, Jürgen 148, 151-152  
 Hahn, Otto 10 f., 14 f., 19 f., 30 f., 33,  
 35-38, 40 f., 43 f., 47-50, 52-64, 66,  
 68-76, 78 f., 81-87, 92-106, 108-  
 113, 120, 127, 143-145, 207, 216,  
 262-268, 270 f., 281, 284-287, 289,  
 293, 295, 321, 323-325, 343 f., 355,  
 365  
 Hallberg, Rolf 166  
 Hanle, Wilhelm 77  
 Hao, Wei-Min 153  
 Harnack, Adolf von 25 f., 32, 41, 51,  
 261  
 Harteck, Paul 78 f., 93 f., 113  
 Hartmann, Hermann 197  
 Haxel, Otto 357  
 Heidenhain, Johannes 60  
 Heimann, Martin 184  
 Heisenberg, Werner 66, 73 (FN), 74 f.,  
 79, 81 f., 87, 93-96, 113, 145  
 Helmholtz, Hermann von 22  
 Hernegger, Friedrich 216  
 Herr, Wilfried 112  
 Herrmann, Karl 54 (FN)  
 Hertz, Gustav 71 (FN), 76 (FN), 87  
 (FN), 108, 284, 328  
 Herzog, Richard 102 f., 329  
 Hess, Kurt 14, 42-44, 47, 49 f., 76  
 (FN), 144, 264 f., 268, 326 f.  
 Hevesy, Georg von 64, 284, 348  
 Himmler, Heinrich 327  
 Hintenberger, Heinrich 15 f., 18, 101,  
 108, 110 (FN), 111, 113-116, 118-  
 122, 124-126, 128-130, 208, 212,

- 215, 218-220, 236, 238, 266, 270-274, 314, 328 f.
- Hoffmann, Gerhard 78 (FN), 79 f., 89 (FN)
- Hofmann, Albrecht W. 18 f., 129, 183, 274-277, 330
- Hofmann, August Wilhelm von 320
- Hönigschmid, Otto 106
- Hoppe, Peter 130, 238
- Horn, Viktor 60
- Hornig, Donald 166
- Houtermans, Friedrich 85, 314
- Hudson, James 172
- Huf 198
- Hutchinson, George E. 136, 140
- Ihne, Ernst von 28 f., 262
- Ivanenko, Dimitrij D. 66
- Jäckel, Rudolf 285
- Jaenicke, Ruprecht 127, 152, 166, 198
- Jagoutz, Emil 226 f., 237 f.
- Jensen, J. Hans D. 357
- Jensen, Peter 112, 270, 293, 359
- Jochum, Klaus Peter 122 f., 125, 129, 183, 185
- Joliot-Curie, Frédéric 64 f., 67, 70, 87, 90, 109
- Joliot-Curie, Irène 64 f., 67, 70, 87
- Joos, Georg 77
- Jørgensen, Bo 166
- Junge, Christian 10, 17-19, 127-129, 138 f., 145-148, 152, 187-189, 191, 193-202, 208, 236, 272-274, 318, 328, 332 f.
- Käding, Hans 285
- Käding, Margarete 285
- Kant, Horst 9, 17
- Karlik, Berta 205, 207, 236, 362
- Keeling, Charles D. 146
- Kerschke, Bruno 60
- Kesselmeier, Jürgen 169, 177, 185
- Ketseridis, Grigorios 152, 198
- Kettle, Jamie 171
- Kittel, Karl 288
- Klemenc, Alfons 108
- Klemm, Alfred 109, 266, 270-272, 274, 334
- Klingelhöfer, Göstar 235
- Klumpp, David 160
- Knaap, Hein 361
- Knipping, Paul 284
- Knothe, Nina 181
- Kolbe, Hermann 312
- König, Hans 213, 238
- König, Lothar 116
- Köster, Heinrich 285
- Köster, Werner 145, 285
- Kopfermann, Hans 80
- Korsching, Horst 80
- Krausch, Georg 304
- Krüger, Margarethe 63
- Krüß, Hugo Andreas 25, 262
- Kuhlbusch, Thomas 153
- Kuhning 198
- Ladenburg, Rudolf 284
- Landsberg, Helmut 191
- Lang, Christoph 114
- Larimer, Jack W. 237

- Laue, Max von 71, 75, 87, 93, 95-97,  
 108, 270  
 Lawrence, Ernest O. 65  
 Lelieveld, Johannes (Jos) 154, 251,  
 276 f., 337  
 Lenz, Wilhelm 284  
 Libby, Willard F. 314  
 Lieber, Clara 71  
 Liebermann, Carl 38 f., 42, 44, 262,  
 264, 313  
 Liebl, K.-H. 198  
 Linke, Franz 188, 332  
 Liss, Peter 165 f.  
 Lobert, Jürgen 153  
 Lodge, James 148  
 Lovelock, James E. 137-139, 148, 161,  
 163-166  
 Lüst, Reimar 17, 145  
 Lugmair, Günter 19, 208 f., 238, 275-  
 277, 339  
  
 Malthus, Thomas R. 245  
 Marckwald, Willy 54 (FN)  
 Margulis, Lynn 138 f.  
 Mark, Hermann 108  
 Marvin, Ursula 205 f., 211  
 Mason, Brian 231  
 Mattauch, Josef 14-16, 75 f., 84 f., 87-  
 89, 96, 99, 101-116, 118, 125 f.,  
 128, 145, 206-208, 212, 238, 266,  
 268 f., 271 f., 288, 293, 328 f., 341  
 f., 355, 360  
 McElroy, Michael 346  
 Meischner, Dieter 156-157  
 Meitner, Lise 10, 14, 30 f., 31 (FN), 35-  
 38, 36 (FN), 40, 40 (FN), 43 f.,  
 43(FN), 47-50, 47 (FN), 52-64, 53-  
 56 (FN), 58 f. (FN), 62 (FN), 66-76,  
 66 (FN), 70-76 (FN), 78, 78 (FN),  
 84, 87, 89 (FN), 96-99, 97-98 (FN),  
 101 f., 111, 113, 143 (FN), 262-266,  
 268, 270, 277, 280-281, 284 f., 309,  
 324-326, 341, 343 f., 355, 365  
 Meixner, Franz 165-166, 178, 185  
 Mentzel, Rudolf 92  
 Meyer, Edgar 54 (FN)  
 Meyer, Stefan 54 f., 62, 64, 343, 348  
 Millikan, Robert A. 341  
 Mößbauer, Rudolf 197  
 Moissan, Henri 353  
 Molina, Mario 165 f., 187, 275, 318,  
 352  
 Mond, Ludwig 24  
 Müller, Else 63, 285  
 Mumbrauer, Rolf 285  
  
 Nernst, Walther 22 f., 29, 34, 54 (FN),  
 58 (FN), 142, 262  
 Nielsen, Heimo 150  
 Niki, Hiromi 166  
 Noddack, Ida 70  
  
 Ohnesorge, Wilhelm 80, 86  
 Ostwald, Wilhelm 22 f., 29, 142, 312  
 Ott, Ulrich 130, 183, 185  
  
 Paneth, Friedrich A. 17, 64, 113, 118,  
 125, 134, 144, 197, 205-207, 211,  
 216, 236-238, 269, 271 f., 294, 348 f.,  
 362  
 Paul, Josef 157  
 Penkett, Stuart A. 148, 166, 350

- Philipp, Kurt 60 f., 63, 76 f., 266, 285  
 Planck, Max 54 f., 97, 108, 343  
 Pöschl, Ulrich 175, 185, 258, 277, 352  
 Pohlmeier, Werner 60  
 Prager, Heide 238  
 Pringsheim, Peter 284  
 Przi Bram, Karl 64  
 Pütter, Karl Eduard 60
- Raba, Eleonore 108  
 Rahmstorf, Stephan 247  
 Rammensee, Werner 229, 239  
 Ramsay, William 54, 323  
 Rapsomanikis, Spyridon 171, 185  
 Rasmussen, Reinhold 148  
 Reddemann, Hermann 77, 89, 265  
 Regener, Erich 54 (FN)  
 Reinhardt, Carsten 9  
 Reisenegger, Curt 57  
 Respondek, Petra 198  
 Revelle, Roger 146  
 Rieder, Rudolf 216, 234-236, 238, 363  
 Riehl, Nikolaus 60, 62 f., 80, 84  
 Riesenhuber, Heinz 253  
 Ringwood, Ted 208 f., 225 f.  
 Römpp, Hermann 154  
 Rosbaud, Paul 71 (FN), 72, 95  
 Rosenfeld, Leon 74 (FN)  
 Rothenbach, Martin 57  
 Rowland, Frank S. 165 f., 275, 318  
 Rowland, Sherry 166  
 Rudstam, Gösta 197  
 Rutherford, Ernest 54 f., 62, 64 f., 323,  
 348
- Saitner, Helmut 160
- Sanhueza, Eugenio 153  
 Sarbas, Bärbel 183, 185,  
 Sauerwein, Kurt 77  
 Scharffe, Dieter 303  
 Scherrer, Paul 359  
 Schidlowski, Manfred 128, 151-153,  
 169, 185, 198 f.  
 Schiemann, Elisabeth 71 (FN)  
 Schmidt, Ulrich 148, 166, 198  
 Schmidt-Ott, Friedrich 25, 32, 262  
 Schneider, Jürgen 156 f.  
 Schrödinger, Erwin 63, 137  
 Schütz 198  
 Schultz, Ludolf 130  
 Schulz, Günter Viktor 208  
 Schulze, Ernst-Detlef 184  
 Schumann, Erich 78, 92  
 Schuy, Klaus Dieter 123  
 Seaborg, Glenn T. 98  
 Segrè, Emilio 70  
 Seiler, Wolfgang 147 f., 150-154, 162,  
 178, 184, 198 f.  
 Seufert, Michael 122-124  
 Siegbahn, Manne 71 (FN), 98, 344  
 Siemens, Werner von 22, 24  
 Signer, Peter 214 f.  
 Simmons, Gene 221  
 Sioli, Harald 181  
 Slemr, Franz 198  
 Smythe, William R. 341  
 Soddy, Frederick 348  
 Solvay, Ernst 24  
 Sommerfeld, Arnold 360  
 Speer, Albert 92  
 Spettel, Bernhard 216 f., 237, 239  
 Staab, Heinz A. 168

- Starke, Kurt 85  
 Staudinger, Hermann 50  
 Steinkopf, Wilhelm 364  
 Stern, Otto 284  
 Stetter, Georg 80  
 Steudel, Eberhard 63  
 Stock, Alfred 14, 39, 42-46, 48, 52,  
 144, 263 f., 353 f.  
 Stoll, Arthur 367  
 Straßmann, Fritz 10, 15, 68-73, 83, 96-  
 98, 101-103, 109-112, 131, 144,  
 206, 208, 217, 266-270, 285-287,  
 289, 324 f., 355 f., 362  
 Stratmann, Martin 304  
 Suess, Franz Eduard 133-136, 357  
 Suess, Hans Eduard 125, 134, 197, 208,  
 273, 357  
 Taylor, Stewart Ross 237  
 Thode, Henry George 113  
 Todt, Wolfgang 129  
 Tödt, Fritz 60  
 Trebs, Ivonne 178, 185, 277  
 Trudinger, Philip 158  
 Uffenorde, Henning 157  
 Urey, Harold 65, 211, 214, 314, 357  
 van't Hoff, Jacobus H. 31, 366  
 Vernadsky, Vladimir Ivanovitch 64, 134-  
 137, 139 f., 143, 249  
 Vögler, Albert 105  
 Voshage, Hans 120, 129, 218 f.  
 Wäffler, Hermann 16, 18, 112, 118,  
 126, 129, 207 f., 236, 270-273, 359  
 Wänke, Heinrich 18, 118, 120, 125 f.,  
 129, 183, 203-219, 221-226, 228-  
 238, 271 f., 274 f., 314 f., 362  
 Wagner, Ernst 284  
 Waldmann, Ludwig 108, 115, 269, 271,  
 334 f., 360 f.  
 Walling, Ernst 63, 102 f., 285  
 Walton, Ernest T. S. 65  
 Wang, Kan Chang 285  
 Wapstra, Aaldert H. 106, 118  
 Warneck, Peter 127 f., 148, 152, 169,  
 185, 198 f.  
 Warren, Steve G. 163 f.  
 Wasson, John T. 237  
 Watts, James 249  
 Weber, Hartwig 130  
 Wedepohl, Karl Hans 155 f., 158 f., 310  
 Wegener, Alfred 188, 202, 333  
 Weinberg, Arthur von 41, 49, 59 (FN),  
 326  
 Weiss, Ray 159  
 Weizsäcker, Carl Friedrich Freiherr von  
 73-75, 82-85, 87 (FN), 93-95, 265  
 Werner, Otto 285  
 Westgren, Arne 98  
 Westphal, Wilhelm 284  
 Wheeler, Archibald 74 (FN)  
 Whelpale, Douglas 148  
 Whitby, Kenneth 191, 193  
 White, William 129  
 Wieland, Heinrich 40, 263, 309, 364 f.,  
 367  
 Wieland, Hermann 364  
 Wieland, Theodor 125  
 Willstätter, Richard 13, 21, 30 f., 33,  
 36-40, 42, 44, 48, 51 f., 61, 143 f.,

- 159, 262 f., 265, 281, 307, 353, 364,  
366 f.
- Winchester, John W. 162  
Winkler 198  
Winnacker, Karl 126  
Wirtz, Karl 82, 92  
Wislicenus, Johannes 312  
Wolfrum, Ludwig 154  
Wontk, Hans 151
- Wood, John M. 159
- Zähringer, Josef 215  
Zauner, Rudolf 60, 63  
Zellner, Reinhard 166  
Zimmermann, Pat 166  
Zincke, Theodor 323  
Zipfel, Jutta 239



**Veröffentlichungen aus dem  
Archiv der Max-Planck-Gesellschaft**  
Berlin

- 1: Henning, Eckart, u. Marion Kazemi: Chronik der Kaiser-Wilhelm-Gesellschaft zur Förderung der Wissenschaften. 1988, 152 S., 41 Abb.
- 2: Ellwanger, Jutta: Forscher im Bild. Teil I: Wissenschaftliche Mitglieder der Kaiser-Wilhelm-Gesellschaft zur Förderung der Wissenschaften. 1989, 176 S., 154 Abb.
- 3: Bergemann, Claudia: Mitgliederverzeichnis der Kaiser-Wilhelm-Gesellschaft zur Förderung der Wissenschaften. Teil I: A–K, 1990, 144 S., 10 Abb. – Teil II: L–Z, 1991, 144 S., 12 Abb.
- 4: Henning, Eckart, u. Marion Kazemi: Chronik der Max-Planck-Gesellschaft zur Förderung der Wissenschaften unter der Präsidentschaft Otto Hahns (1946–1960). 1992, 160 S., 78 Abb. (vergriffen, wird nicht neu aufgelegt!)
- 5: Gill, Glenys, u. Dagmar Klenke: Institute im Bild. Teil I: Bauten der Kaiser-Wilhelm-Gesellschaft zur Förderung der Wissenschaften. 1993, 143 S., 204 Abb.
- 6: Hauke, Petra: Bibliographie zur Geschichte der Kaiser-Wilhelm-/Max-Planck-Gesellschaft zur Förderung der Wissenschaften (1911–1994). Teilbände I–III, 1994, XIV, 507 S.
- 7: Parthey, Heinrich: Bibliometrische Profile von Instituten der Kaiser-Wilhelm-Gesellschaft zur Förderung der Wissenschaften (1923–1943). 1995, 218 S.
- 8: Ullmann, Dirk: Quelleninventar Max Planck. 1996, 176 S., 8 Abb.
- 9: Wegeleben, Christel: Beständeübersicht des Archivs zur Geschichte der Max-Planck-Gesellschaft in Berlin-Dahlem. 1997, 332 S.
- 10: Kohl, Ulrike: Die Kaiser-Wilhelm-Gesellschaft zur Förderung der Wissenschaften im Nationalsozialismus. Quelleninventar. 1997, 253 S., 3 Abb. (vergriffen)
- 11: Uebele, Susanne: Institute im Bild. Teil II: Bauten der Max-Planck-Gesellschaft zur Förderung der Wissenschaften. 1998, 292 S., 440 Abb.
- 12: Vogt, Annette: Wissenschaftlerinnen in Kaiser-Wilhelm-Instituten. A–Z. 1999, 192 S., 31 Abb. – 2., erw. Aufl. 2008, 256 S., 46 Abb.
- 13: Henning, Eckart: Beiträge zur Wissenschaftsgeschichte Dahlems. 2000, 192 S., 44 Abb. – 2., erw. Aufl. 2004, 256 S., 54 Abb.
- 14: Hauke, Petra: Literatur über Max Planck. Bestandsverzeichnis. 2001, 99 S., 14 Abb.
- 15: Kazemi, Marion: Nobelpreisträger in der Kaiser-Wilhelm-/Max-Planck-Gesellschaft zur Förderung der Wissenschaften. 2002, 324 S., 82 Abb. – 2., erw. Aufl. 2006, 336 S., 86 Abb.

- 16: Henning, Eckart, u. Marion Kazemi: Dahlem – Domäne der Wissenschaft. Dahlem – Domain of Science. Ein Spaziergang zu den Berliner Instituten der Kaiser-Wilhelm-/Max-Planck-Gesellschaft im ‚deutschen Oxford‘. – 3. Aufl. deutsch und englisch 2002, 256 S., 157 Abb. – 4. erw. u. aktualisierte Aufl. deutsch 2009, 208 S. 205 Abb.; englisch 2009, 204 S. 205 Abb.
- 17: Henning, Eckart: 25 Jahre Archiv zur Geschichte der Max-Planck-Gesellschaft. Anlässlich des 25jährigen Jubiläums 1978–2003 unter Beteiligung aller Mitarbeiter neu bearbeitet. 2003, 184 S., 54 Abb. – 2., durchges. Aufl. 2005 (vergriffen).
- 18: Kinas, Sven: Adolf Butenandt (1903–1995) und seine Schule. 2004, 260 S., 245 Abb.
- 19: Henning, Eckart, u. Marion Kazemi: Die Harnack-Medaille der Kaiser-Wilhelm-/Max-Planck-Gesellschaft zur Förderung der Wissenschaften, 1924–2004. 2005, 174 S., 46 Abb. (vergriffen)
- 20: Max Planck und die Max-Planck-Gesellschaft. Zum 150. Geburtstag am 23. April 2008 aus den Quellen zsgest. vom Archiv der Max-Planck-Gesellschaft, hrsg. von Lorenz Friedrich Beck. 2008, 360 S., 109 Abb. – 2., durchges. Aufl. 2009.
- 21: Lemke, Dietrich: Im Himmel über Heidelberg. 40 Jahre Max-Planck-Institut für Astronomie in Heidelberg (1969-2009). 2011, 360 S., 169 Abb.
- 22: 100 Jahre Kaiser-Wilhelm-/Max-Planck-Institut für Chemie (Otto-Hahn-Institut). Im Auftrage des Direktoriums des Max-Planck-Instituts für Chemie hrsg. von Horst Kant und Carsten Reinhardt. 2012, 384 S., 120 Abb.



100 JAHRE KAISER-WILHELM-/MAX-PLANCK-GESELLSCHAFT  
ZUR FÖRDERUNG DER WISSENSCHAFTEN



Im Auftrage des Präsidenten  
PETER GRUSS  
bearbeitet im Archiv der Max-Planck-Gesellschaft

**Teil I**

**Chronik der Kaiser-Wilhelm-/Max-Planck-Gesellschaft  
zur Förderung der Wissenschaften 1911–2011**

Daten und Quellen  
Von Eckart Henning und Marion Kazemi

In Vorbereitung:

**Teil II**

**Dokumente zur Geschichte der Kaiser-Wilhelm-/Max-Planck-Gesellschaft  
zur Förderung der Wissenschaften 1911–2011**

Nach der Überlieferung im Archiv der Max-Planck-Gesellschaft  
Von Lorenz Friedrich Beck

**Teil III**

**Handbuch zur Institutsgeschichte der Kaiser-Wilhelm-/Max-Planck-Gesellschaft  
zur Förderung der Wissenschaften**

Von Eckart Henning und Marion Kazemi

Duncker & Humblot · Berlin