

# Georg Karl von Hevesy: Ordinarius für physikalische Chemie in Freiburg, 1926-1934

Prof. Dr. habil. Siegfried Niese, Am Silberblick 9, OT Mohorn-Grund,  
01723 Wilsdruff <S.Niese@fz-rossendorf.de>

Georg Karl von Hevesy (1.8.1885-5.7.1966) <sup>1</sup> gehört zu den bedeutendsten Gelehrten des 20. Jahrhunderts. Im Jahre 1943 erhielt er den Nobelpreis für Chemie. Er ist als Entdecker des Hafniums, Begründer der Nuklearen Analysenverfahren und Vater der Nuklearmedizin bekannt, hat wesentliche Beiträge auf den Gebieten Physik, Chemie, Biologie, Geologie und Medizin geleistet und war mit vielen der prominentesten Wissenschaftler seiner Zeit bekannt oder auch befreundet. Er ist in Ungarn aufgewachsen, hat in Deutschland, der Schweiz, in England, Ungarn, Österreich, Dänemark, Schweden und den USA geforscht und gelehrt. Besonders fühlte er sich mit Freiburg im Breisgau verbunden, wo er studiert und als Ordinarius geforscht und gelehrt hatte.

## Hevesy und die Interdisziplinarität

Eines der besonderen Merkmale seiner Arbeit ist deren interdisziplinärer Charakter. In diesem Beitrag soll dargestellt werden, wie er die neuesten Erkenntnisse einer Disziplin sogleich zur Lösung grundsätzlicher Fragen einer anderen Disziplin nutzte. Das war ihm möglich, weil er schon beim Studium der ihn interessierenden Disziplin bis dahin unbeantwortete wesentliche Probleme erkannte und sogleich prüfte, ob eine der von ihm entwickelten Methoden zur Beantwortung der offenen Fragen beitragen kann oder ob die Methode weiter entwickelt werden muss. Er suchte und fand viele kompetente Gesprächspartner, mit denen er diskutieren, und Kooperationspartner aus anderen Disziplinen, mit denen er Aufgaben lösen konnte. Hevesy zeichnete sich auch besonders dadurch aus, dass er die ihm erforderlich erscheinenden Kenntnisse in den anderen Disziplinen sich sehr schnell aneignen konnte. Der interdisziplinäre Charakter seiner Tätigkeit wird am deutlichsten während seines Freiburger Ordinariats. Es war eine Zeit, in der die wesentlichsten Grundlagen der natürlichen Radioaktivität und wichtige Anwendungsmöglichkeiten erforscht, alle stabilen Elemente gefunden, aber die künstli-

che Radioaktivität, die dann eine breite Anwendung der Indikatormethode in Biologie und Medizin ermöglichte, noch nicht entdeckt waren. Das veranlasste Hevesy, seine bisherigen Arbeitsgebiete auf relativ breiter Grundlage weiterzuführen und gleichzeitig nach Anzeichen einer neuen Entwicklung zu suchen.

Die Interdisziplinarität ist seit Jahren ein eigenes Arbeitsgebiet in der Wissenschaftswissenschaft.<sup>2</sup> Wir bezeichnen hier als Disziplin ein Lehr- und Forschungsgebiet, das man zu jener Zeit in einem Universitätsinstitut zusammengefasst hat, wobei die Beschäftigung mit dem Arbeitsgebiet eines "fremden" Instituts auch gelegentlich als "wildern" bezeichnet wurde. Die Arbeitsweise von Hevesy ist ein Musterbeispiel für interdisziplinäre Forschung. Das hat sehr literarisch Dekan Pfannenstiel der Mathematisch-Naturwissenschaftlichen Fakultät der Universität Freiburg in seiner Laudatio zur Verleihung der Ehrendoktorwürde an Hevesy am 13. Mai 1949 ausgedrückt. Nachdem er den ihn bekannten ungarischen Paläontologen Franz von Nopska mit den Worten

... ich bin einem Wilderer zu vergleichen. Ich bin ein Jäger ohne Jagschein, ohne Lizenz. Wilderer müssen die Jagdgesetze des Landes kennen, sie müssen vertraut sein mit dem jagdbaren Wild, müssen den Heger und Jäger des Reviers kennen, in das sie nächtlich eingedrungen sind: kurzum sie müssen ein Überjäger sein

zitiert hat, fährt er an Hevesy gewandt, fort:

Sind sie nicht solch ein Jäger überdurchschnittlichen Wissens und Könnens? Sie müssen die Gesetze der Physik und der Chemie kennen, jene unwandelbaren Landesgesetze. Sie müssen die chemischen Elemente als Ihre Jagdtieren kennen in ihren letzten Instinkten, und sie müssen die lizenzierten Heger und Jäger kennen, dieses Heer von Physikern, Chemikern, Biologen, Medizinern und Pathologen. Sie kennen sie alle, denn sie haben sie alle geschlagen. Und wie Wilderer die Lieblinge des Volkes sind, bewundert ob der Romantik, die an diesen freien souveränen Männern hängt, so sind Sie verehrt und bewundert.

## **Herkunft und Ausbildung**

Georg von Hevesy wurde am 1. August 1885 als fünftes von acht Kindern in Budapest geboren. Er stammte aus einer wohlhabenden ungarischen Familie, deren jüdische Vorfahren bereits mehrere Generationen in Ungarn lebten und im frühen 19. Jahrhundert zu Ansehen und Wohlstand gelangt waren. Hevesys Vater Lajos Bischitz war Direktor eines Bergwerkes und Mitglied verschiedener Aufsichtsräte. Die Familie Bischitz wurde 1895 geadelt und nannte sich ab 1906 Hevesi de Heves und später de Hevesy.

Georg besuchte wie seine vier Brüder die Klosterschule eines katholischen Ordens, der sich besonders die Ausbildung und Erziehung der Jugend zum Ziel gestellt hatte. Er erfuhr hier und mit Hilfe von Hauslehrern eine intensive Ausbildung. Er hatte sich Zeit seines Lebens zum katholischen Glauben bekannt. Danach begann er sein Studium der Mathematik und Physik an der Universität in Budapest. Dann fand er mehr Interesse an der technischen Chemie und setzte sein Studium zuerst für ein Semester an der TH Berlin und danach in Freiburg im Breisgau fort. In Freiburg hatten vor ihm auch seine Brüder studiert. Freiburg verfügte damals als eine der wenigen Universitäten schon über einen Lehrstuhl für Physikalische Chemie. Hevesys Hauptinteresse galt der Physik und der Chemie, daneben belegte er Vorlesungen in Philosophie und Biologie. Hevesy erinnerte sich noch im hohen Alter an die Vorlesung des bedeutenden Biologen August Weismann.<sup>3</sup> Während das Hauptarbeitsgebiet von Georg Meyer die Radioaktivität war und auch Hevesy im Praktikum die Emanation von Mineralen messen musste, interessierte sich Hevesy mehr für die Elektrochemie. 1906 begann er in Freiburg unter der Leitung von Georg Meyer seine Dissertation über die Löslichkeit von metallischem Natrium in geschmolzenem Natriumhydroxid, die er 1908 abschloss.<sup>4</sup> Hevesy hat mehrfach betont, dass bei der Prüfung Physik das Hauptfach und Chemie sowie Mathematik Nebenfächer waren. Als er danach Assistent bei dem Elektrochemiker Richard Lorenz in Zürich war, wurde er auch Mitglied der Bunsengesellschaft für Physikalische Chemie. Nach einem kurzen Aufenthalt bei Fritz Haber<sup>5</sup> in Karlsruhe, wo er die Elektronenemission bei der Metalloxidation untersuchen wollte, ging Hevesy Anfang 1911 nach Manchester zu Ernest Rutherford<sup>6</sup>. Auf der Reise nach Manchester verbrachte er einige Tage bei dem von ihm hochgeschätzten Professor Aten in Scheveningen, einer Autorität auf dem Gebiet der Salzschmelze, mit dem er seit einigen Jahren korrespondiert hatte.

### **In Manchester, Wien und Budapest - elektrochemische Methoden zur Untersuchung der Radioaktivität und radioaktive Methoden in der physikalischen Chemie**

In Manchester begann Hevesy über Radioaktivität zu arbeiten. In jener Zeit waren viele durch Zerfall von Uran und Thorium entstehenden neuen "Radioelemente" entdeckt worden, für die es schwer fiel, einen Platz im PSE zu finden. Hevesy begann mit der Untersuchung der chemischen Eigenschaften der Radioelemente, indem er die ihm vertrauten Verfahren der elektrolytischen Abscheidung und der Diffusion anwandte. Damit war er in der Lage, chemische Eigenschaften zu bestimmen, obwohl die Konzentrationen der kurzlebigen Radioelemente in Lösungen extrem niedrig waren. Umgekehrt ermöglichte die Radioakti-

vität "... die physiko-chemischen Gesetzmäßigkeiten in früher ungeahntem Bereiche zu erforschen".<sup>7</sup> Im März 1912 war Niels Bohr<sup>8</sup> nach Manchester gekommen, mit dem er nicht nur eine dauerhafte Freundschaft schloss, sondern mit seinen Diskussionen ihn auch in der Überzeugung bestärkte, bei der Entwicklung des Atommodells auf dem richtigen Wege zu sein.

Auf Grund der Unmöglichkeit, das später als Bleiisotop Pb-210 erkannte radioaktive "Element" RaD vom stabilen Pb zu trennen, und der Tatsache, dass man noch nicht akzeptierte, dass beide Elemente sich chemisch gleich verhalten und damit den gleichen Platz im PSE besetzen, und Rutherford nicht wünschte, diesen Gedanken zu publizieren, kam er auf den genialen Einfall, auf diesem Sachverhalt eine Methode aufzubauen, d.h. die - noch nicht entdeckte - Isotopie für die Indizierung von chemischen Elementen zu nutzen. Damit erfand er die Indikatormethode.<sup>9</sup> Die notwendigen Experimente zur Demonstration seiner Vorstellung begann er 1912 in Manchester und führte sie 1913 zusammen mit Fritz Paneth<sup>10</sup> im Radiuminstitut in Wien weiter. Sie stellten auch ihre vorher durchgeführten erfolglosen Versuche zur Trennung von Pb und RaD vor und zeigten bei weiteren Versuchen, dass die Nernstsche Gleichung der Elektromotorischen Kraft auch bei geringsten Konzentrationen der Elemente gilt. Sie verfassten mehrere Publikationen, und Hevesy legte von Anfang an großen Wert darauf, die Reihenfolge der Autoren abzuwechseln.

Hevesy habilitierte sich 1913 an der Universität in Budapest zum Privatdozenten. Nachdem er 1915 eingezogen wurde und den körperlichen Belastungen des Truppendienstes nicht gewachsen war, wurde er nacheinander als Gehilfe in eine Röntgenabteilung eines Lazarettes in Budapest, als beratender Chemiker in eine Kupferschmelze bei Budapest und später in eine Elektrolysefabrik in einer nordungarischen Kleinstadt, dem heutigen Banska Bystriza, abkommandiert. Indem er hier eine Anlage zur Kupferraffinerie in Betrieb setzte, bewährte er sich auch auf dem Gebiet der technischen Elektrochemie. Während seiner Militärzeit nutzte er jede Gelegenheit zu fachlichen Diskussionen, Reisen nach Wien und zur Durchführung einiger Experimente.

Nach dem 1. Weltkrieg bewarb er sich erfolglos um einen Lehrstuhl an der Universität des heutigen Bratislava, übernahm 1918 vertretungsweise einen Lehrstuhl für Physik in Budapest und wurde 1919 vom Rektor der Universität Budapest Roland Eötvös für einen Lehrstuhl für Chemie in Budapest vorgeschlagen. Dass dann Theodore von Karman<sup>11</sup> die Ernennung in seiner Eigenschaft als "Volkskommissar für Bildung" unterschrieben hatte, war für einige Kollegen nach dem Machtantritt von Admiral Horthy eine willkommene Gelegenheit, Hevesy zu diffamieren. In jener Zeit führte Hevesy zusammen mit Groth und Zechmeister bedeutsame Arbeiten zur Anwendung kurzlebiger Radionuklide auf dem Gebiet der physikalischen Chemie durch. Hevesy ging dann 1920 in das von Niels Bohr im

Aufbau befindliche Institut für Theoretische Physik der Universität in Kopenhagen.

### **Isotopentrennung und Entdeckung des Hafniums in Kopenhagen**

In Kopenhagen arbeitete er zuerst gemeinsam mit dem dänischen Physikochemiker Johannes Brönsted <sup>12</sup>, dabei gelang ihnen erstmals eine Isotopenanreicherung bei der Trennung von Isotopen des Quecksilbers und des Chlors. Noch während er die chemisch nicht trennbaren Radioelemente als Atome mit gleicher Elektronenstruktur und unterschiedlicher Masse erkannte und zur Markierung der stabilen Isotope nutzte, erkannte er die prinzipielle Möglichkeit, Isotope physikalisch und chemisch zu trennen, indem man Prozesse anwendet, die von der Masse der Atome abhängen.

Niels Bohr, der sich weiter mit dem Aufbau der Atome beschäftigt hatte, vermutete das bis dahin unbekannte Element Nr. 72 zuerst als Homologes des Zirkons, akzeptierte aber später, dass es zu den Seltenen Erden gehören würde. Hevesy konnte in Zusammenarbeit mit Dirk Coster mit Hilfe der Röntgenspektroanalyse das Element 72 <sup>13</sup> als Homologes des Zirkons in Zirkonmineralien entdecken und nach Fraktionierung der Doppelfluoride isolieren. Indem Hevesy die Intensitätskalibrierung der Röntgenlinien mit benachbarten Elementen durchführte, begründete er auch die quantitative Röntgenspektroanalyse.

In Dänemark heiratete Hevesy 1924 Pia Rijs, die Tochter eines dänischen Reeders. Sie hatten später einen Sohn und drei Töchter.

### **Als Hochschullehrer in Freiburg - Forschung auf vielen Gebieten**

Hevesy war nach der Entdeckung des Hafniums und durch seine Arbeiten zur Radioaktivität <sup>14</sup> sehr bekannt geworden und erhielt den Ruf an verschiedene deutsche Universitäten, so auch 1925 nach Freiburg als Nachfolger seines Lehrers Georg Meyer. Er trat die Stelle eines "persönlichen Ordinarius, planmäßigen Extraordinarius" am 1. Oktober 1926 an, die 1929 besonders dank der intensiven Fürsprache von H. Staudinger und eines attraktiven Angebots, als Nachfolger von Richard Lorenz in Frankfurt a/M zu wirken, in ein planmäßiges Ordinariat umgewandelt wurde.

In jener Zeit lehrten an der Universität bedeutende Naturforscher und Mediziner. Die Atmosphäre in der Fakultät war sehr kollegial. Dabei muss man besonders die enge Freundschaft mit Hermann Staudinger <sup>15</sup> hervorheben. Staudinger war es

auch, der Hevesy nach dem Krieg als erster zu einem Vortrag in sein Institut einlud. Vom Geologen Schneiderhöhn erhielt Hevesy Proben für seine Untersuchungen der Verteilung der Elemente. Von Schneiderhöhn wissen wir, dass er bei einem Ausflug der Fakultät eine Aufnahme gemacht hat, auf der mit Hevesy und Hans Spemann<sup>16</sup> zum Zeitpunkt der Ehrenpromotion von Hevesy zwei, und wie wir jetzt wissen, mit Hermann Staudinger sogar drei spätere Nobelpreisträger, die zu jener Zeit an der Fakultät lehrten, zu sehen sind. Hevesy fand auch an der medizinischen Fakultät aufgeschlossene und hilfsbereite Kollegen, so den berühmten Pathologen Ludwig Aschoff und den Chirurgen Siegfried Thannhauser, bei dem wiederum neben seiner Tätigkeit als Klinikarzt Hans Adolf Krebs forschte und dabei mit dem Ornithinzyklus die Vorstufe des Zitronensäurezyklus entdeckte, für dessen Entdeckung er den Nobelpreis erhielt. Als Hevesy seine Professur antrat, war der für seine Beiträge zur Entwicklung der Chemotherapie bekannt gewordene Bakteriologe Uhlenhuth Rektor, mit dem ihn ein freundschaftliches Verhältnis verband.

Hevesy half Staudinger, für das chemische Kolloquium, und dem theoretischen Physiker Gustav Mie,<sup>17</sup> für das physikalische Kolloquium namhafte Wissenschaftler zu gewinnen. Darunter waren Niels Bohr, Fritz Paneth, Dirk Coster, F. W. Aston<sup>18</sup> und Erwin Schrödinger. In jener Zeit trafen sich die Wissenschaftler nicht nur auf Tagungen und Kolloquien, sondern verbrachten auch oft gemeinsam vorlesungsfreie Tage, wie z. B. Hevesy und Aston zum Jahreswechsel 1928/29 und 1929/30 in Arosa in der Schweiz.

Hevesy glaubte, nach den langen Wanderjahren seine endgültige Position gefunden zu haben. Er modernisierte sein Institut und bereitete sich gründlich auf seine Vorlesungen vor. Es gelang ihm, beachtliche finanzielle Mittel von der Rockefeller-Stiftung für die Erweiterung des Instituts und die Ausstattung der Labors für die Anwendung der Röntgenspektroanalyse in der Geochemie und die Festkörperphysik von Metallen einzuwerben. Hevesy stellte als Assistenten den Mineralogen Johann Böhm<sup>19</sup> und den Physikochemiker W. Seith<sup>20</sup> ein, die bei ihm bald habilitierten. Vorlesungsassistent wurde auf Vorschlag von Otto Hönigschmidt in München dessen Doktorand Günther Rienäcker.<sup>21</sup> Die Mitarbeiter und Doktoranden seiner Freiburger Jahre findet man als Mitautoren von Publikationen und viel von ihnen später auf Lehrstühlen von Universitäten.

In Freiburg bearbeitete er gleichzeitig mehrere Probleme, die ihrerseits wieder ein Zusammenspiel mehrere Disziplinen beinhalteten. Die Arbeiten zur Festkörperphysik führte Hevesy mit Seith und danach mit M. Biltz durch. Dazu gehörten Untersuchungen zur Diffusion in Festkörpern und Selbstdiffusion in Metallen, zur Beziehung zwischen elektrischer Leitung und Bindungsart, zu Vorgängen an Oberflächen. Damit wurden Arbeiten fortgesetzt, die er in Budapest während des Krieges oder danach begonnen hatte. Er ließ in einer Dissertation von Erika Lö-

wenstein auch über die potentiometrischen Titration in geschmolzenem Quecksilberchlorid arbeiten, ein Problem mit dem er sich schon in Zürich beschäftigt hatte.

Indem er die sekundäre Strahlung nutzte, die durch das Auftreffen der - von der Anode emittierten und aus der Röntgenröhre heraustretenden - Strahlung auf eine Analysenproben entsteht, erfand Hevesy die Röntgenfluoreszenzanalyse, die auch heute noch in vielfältiger Form in Wissenschaft und Wirtschaft angewandt wird.<sup>22</sup> Hevesy untersuchte mit Hilfe dieser Methode die Häufigkeit der Elemente,<sup>23</sup> weil er als Grund für deren Unterschiede die unterschiedliche Stabilität der Atomkerne ansah. Er wollte aus den Häufigkeiten der Elemente Aussagen über die Stabilität der Kerne gewinnen und daraus auch Hinweise für weitere radioaktive Elementen erhalten. Diese sowohl für die Geo- und Kosmoschemie als auch die Kernphysik wichtige Fragestellungen wollte er damit beantworten.

Ausgehend von der prinzipiellen Möglichkeit, das Alter von Uranmineralen aus der Konzentration des darin enthaltenen Endproduktes der Uranzerfallsreihe zu bestimmen, wollte Hevesy nach zuverlässigen Werten für den mittleren Gehalt an Uran, Thorium und Blei in der Erdkruste suchen. Dazu war eine Methode zur genaueren Bestimmung von Blei in Gesteinen notwendig. Hevesy entwickelte dafür mit seinem Doktoranden Hobbie die Isotopenverdünnungsanalyse.<sup>24</sup> Diese Methode findet noch jetzt vielfache Anwendung. In Freiburg schrieb Hevesy zusammenfassende Darstellungen über das Alter der chemischen Elemente und der Erde sowie über seine aus den Analyseergebnissen von Meteoriten für den Aufbau der Erde gezogenen Schlüsse.<sup>25</sup>

In Freiburg setzte Hevesy seine Arbeiten über die Radioaktivität fort und suchte nach radioaktiven Isotopen der leichteren Elemente. Das wichtigste Ergebnis war dabei die Entdeckung der Radioaktivität des Samariums,<sup>26</sup> auf der eine moderne Methode der Altersbestimmung in der Geologie beruht. Hevesy suchte auch weiterhin nach einem radioaktiven Isotop des Kaliums und nach einem stabilen Isotop des Poloniums.<sup>27</sup> Daneben bestimmte er Kalium im Boden mittels Röntgenspektroskopie.<sup>28</sup> Für die Untersuchungen der geringen Aktivitäten an Radioisotopen stellte ihm Hans Geiger<sup>29</sup> seine neuesten Zählrohre zur Verfügung.

Er führte dort auch die Arbeiten über die Chemie des Hafniums weiter.<sup>30</sup> In seinem Buch "Die seltenen Erden vom Standpunkt des Atombaus" finden wir die Lanthanidenkontraktion als Begründung für die große chemische Ähnlichkeit von Hafnium und Zirkon. Hevesy schrieb auch eine zusammenfassende Darstellung über die Trennung von Isotopen.<sup>31</sup> Für die Dauer des Wintersemesters 1930/31 ließ sich Hevesy beurlauben, um Gastvorlesungen in Ithaca (USA) und Japan zu halten. Seine Vertretung bei der Leitung des Instituts übernahm in dieser Zeit der

Physiker Professor Mie, die Vorlesungen hielten die Privatdozenten Böhm und Seith.

Schon als er in Manchester die Eigenschaften der Radioelemente studierte, verspürte er den Wunsch, sie als Indikatoren für biochemische Vorgänge einzusetzen. Er versuchte von da an von Zeit zu Zeit, die Indikatormethode mit den radioaktiven Isotopen an interessanten Beispielen in der Biologie und Medizin zu demonstrieren. So untersuchte er nach eingehenden Diskussionen mit dem Pathologen Aschoff auch in Freiburg die Verteilung von Radioelementen, zum Beispiel des Thoriums, im tierischen Organismus.<sup>32</sup>

In die letzten Jahre seines Freiburger Ordinariats fielen bedeutende Entdeckungen der Kernphysik. Nach der Entdeckung des schweren Wasserstoffs durch Harold Clayton Urey, der ihm bald danach eine Probe angereicherten Wassers zuschickte, untersuchte Hevesy mit E. Hofer den Austausch von Wasser in Lebewesen mit Hilfe des stabilen Wasserstoffisotops.<sup>33</sup> Damit wurde erstmals ein stabiles Isotop als Indikator zur Aufklärung des Transportes eines lebenswichtigen Stoffes genutzt und eine wichtige Etappe der Entwicklung der physiologischen Chemie eingeleitet. Hevesy suchte einen kompetenten Kooperationspartner, und der Pathologe Aschoff empfahl ihm Rudolf Schönheimer,<sup>34</sup> der später in den USA, angeregt durch die Diskussionen mit Hevesy in Freiburg, mit Hilfe stabiler Isotope bedeutende Beiträge zur Aufklärung des Fettstoffwechsels leistete. Nach der Entdeckung der künstlichen Radioaktivität und des Neutrons sah Hevesy endlich eine Möglichkeit, radioaktive Isotope der biologisch wichtigen Elemente künstlich zu erzeugen und sie für die Aufklärung von Stoffwechselfvorgängen zu nutzen. Er begann noch in Freiburg mit Versuchen zur Aktivierung von Samarium, entschloss sich aber, diese dann in Kopenhagen fortzusetzen.

Auf der Jahrestagung der Bunsengesellschaft in Münster 1932, die der Radioaktivität gewidmet war, gab Hevesy einen Überblick über die Anwendung der Indikatormethoden und hatte Gelegenheit, seine Freunde und Kollegen zu treffen. 1931 war die zweite überarbeitete Auflage des mit Paneth verfassten Lehrbuches der Radioaktivität erschienen. Für dieses Buch ließ er das Kapitel über Kernphysik von Lise Meitner korrigieren, deren Urteil er als verbindlich ansah, wenn es unter den Wissenschaftlern zu einem Problem unterschiedliche Ansichten gab. So reichten die Themen seiner Forschungen in Freiburg von der Festkörperphysik über die Atomphysik, Kernphysik, anorganischer Chemie, Analytik, Geochemie Kosmoschemie bis hin zur Biologie.

Die Fakultät war stolz darauf, mit Georg von Hevesy einen weltweit anerkannten Wissenschaftler in ihren Reihen zu haben. Diese Anerkennung kam 1925 in der Wahl in die Dänische Akademie, 1926 zum Mitglied der Heidelberger Akademie und 1929 in der Auszeichnung mit dem Canizzaro-Preis der römischen Akademie

der Wissenschaften und der Verleihung des Ehrendoktors der Universität Kapstadt zum Ausdruck.

In der Zeit als Professor in Freiburg hat Hevesy mit seinen Assistenten, Doktoranden und Gastwissenschaftlern erfolgreich an unterschiedlichsten Themen gearbeitet. Eine besondere Freude bereitete ihm in dieser Zeit die Tatsache, dass er als Hochschullehrer arbeiten konnte. Die Arbeitsmöglichkeiten in Freiburg wie in ganz Deutschland waren für ihn auch deshalb besonders attraktiv, weil er auf kurzen Wegen mit Fachleuten der unterschiedlichsten Arbeitsgebiete sprechen konnte und sehr schnell hochwertige Geräte und Chemikalien beschaffen konnte. Hevesys enge Beziehungen zu Freiburg beruhen auch darauf, dass sein Sohn Georg (26. Juli 1928) und seine zweite Tochter Ingrid (15. Dezember 1931) in Freiburg geboren wurden. Seine älteste Tochter Jenny war am 7. Mai 1926 in Kopenhagen geboren worden und war bei der Übersiedlung nach Freiburg gerade vier Monate alt. In Freiburg hatte er eine größere Wohnung in einer Stadtvilla in der Rosastraße 21, die 1909 erbaut wurde und den Krieg überstanden hatte.

Als seine Mutter 1931 in Budapest starb, schrieb er an Stefan Meyer, dass Freiburg, das ihm bisher schon zu 75% Heimat war, jetzt zu 100% Heimat sein wird. Er ahnte nicht, dass er drei Jahre später diese Heimat für viele Jahre verlassen musste. Ungeachtet dessen blieb er Mitglied der Bunsengesellschaft für Physikalische Chemie.

Mit der Machtübernahme der Nationalsozialisten in Deutschland wurde der weitere Verbleib von Hevesy in Deutschland in Frage gestellt. In einem Brief des Rektorats wurde Hevesy über eine badische Verfügung zum Gesetz über die Wiederherstellung des Berufsbeamtentums vom 7. April 1933 informiert und zur Äußerung binnen drei Tagen aufgefordert.<sup>35</sup> Mit diesem Gesetzes wurde deutschen Juden die Zugehörigkeit zur Beamtenschaft verweigert. Daraufhin bat Hevesy am 10. April 1933 um Beurlaubung. Am 5. Mai wurde ihm jedoch vom Badischen Ministerium mitgeteilt, dass "gegen die weitere Ausübung Ihrer Lehr- und Forschungstätigkeit keine Bedenken bestehen. Ich darf danach das Beurlaubungsgesuch vom 10. April 1933 als zurückgezogen ansehen." Jüdischen Ausländern und Frontkämpfern des Ersten Weltkrieges wurde zu jenem Zeitpunkt die Zugehörigkeit zur Beamtenschaft nicht verweigert.

Ungeachtet dessen beantragte Hevesy am 6. Juli 1934 seine Entlassung aus dem Staatsdienst für den Beginn des Wintersemesters 1934/35. Am 5. September 1934 teilte der Rektor Hevesy mit, dass sein Ausscheiden aus dem Staatsdienst mit Wirkung vom 1. Oktober 1934 bewilligt sei, er dankte ihm für seine Arbeit als Lehrer und Forscher und wünschte ihm für die künftige Tätigkeit an der Seite des berühmten Forschers alles Gute. Bei seiner Abreise aus Freiburg wurde Hevesy

von seinen Freunden, Kollegen und Studenten auf dem Bahnhof überaus herzlich verabschiedet.

### **Emigration nach Dänemark und Schweden - die Künstliche Radioaktivität wird zu einem wichtigen Werkzeug in Biochemie und Medizin**

Nach seiner Emigration aus Deutschland fand er von 1934 bis Ende September 1943 im Institut seines Freundes Niels Bohr wieder Aufnahme, bis er wie alle Juden vor den deutschen Besatzungstruppen nach Schweden fliehen musste.

Er baute mit seiner ebenfalls aus Deutschland emigrierten Mitarbeiterin Hilde Levi eine Neutronenquelle, mit der sie dann Aktivierungen durchführten. Hevesy hatte von Auer von Welsbach einige reine Seltenen Erden erhalten, die sie mit Neutronen bestrahlten. Dabei fanden sie Radionuklide mit für die einzelnen Elemente charakteristischen Zerfallszeiten. Bei einer Analyse einer solchen Zerfallskurve identifizierten sie in einem Präparat eine Verunreinigung und entdeckten auf diese Weise die Neutronenaktivierungsanalyse. Diese Methode wandten sie zugleich zur Charakterisierung der Reinheit von Seltenen Erden an. Sie konnten durch Untersuchung der Aktivierungsprodukte auch nachweisen, dass die Radioaktivität des Kaliums von dem Isotop K-40 stammt.<sup>36</sup>

Hilde Levi bestrahlte Schwefelkohlenstoff und trennte daraus das aus dem Schwefel gebildete radioaktive Nuklid P-32 ab, das dann für die Untersuchungen des Phosphorstoffwechsels genutzt wurde. Dabei entdeckte Hevesy gemeinsam mit dem Chirurgen und Schulfreund von Niels Bohr Ole Chiewitz<sup>37</sup> einen zu jener Zeit für die Biologen überraschen schnellen Phosphorstoffwechsel in Knochen und führte mit seinen Mitarbeitern und mit August Krogh Untersuchungen zur Permeabilität der Zellmembranen durch. Weiterhin setzte er die Radioaktivität des Kaliums ein, um dessen Austausch bei der Beanspruchung des Muskelgewebes zu studieren.<sup>38</sup> Diese Untersuchungen waren wichtige Schritte zur Entwicklung der Nuklearmedizin. Die neuen Arbeitsgebiete erschloss sich Hevesy, ohne seine früheren Arbeitsgebiete aus dem Auge zu verlieren; das illustriert ein Beitrag zur Diffusion in Festkörpern.<sup>39</sup>

Niels Bohr interessierte sich in dieser Zeit in erster Linie für Probleme der theoretischen Physik und der Philosophie. Als die Rockefeller-Stiftung bereit war, Mittel für die Anwendung der Kernphysik in der Biologie auszugeben, entwickelte Hevesy zusammen mit dem Direktor des Tierphysiologischen Instituts der Universität Krogh ein Arbeitsprogramm, in dessen Mittelpunkt die Herstellung und Anwendung von Isotopen in der biologischen Forschung stand. Komponenten des zur Erzeugung höherer Aktivitäten notwendigen Beschleunigers be-

schaffte Hevesy aus Deutschland und trug zu besseren experimentellen Möglichkeiten im Niels Bohr Institut bei.<sup>40</sup> Diese nutzte u. a. Anfang 1939 Lise Meitner<sup>41</sup> bei wichtigen Experimenten zur Kernspaltung.

Als 1943 auch in Dänemark die Juden verfolgt werden sollten, floh Hevesy nach Schweden. Er fand Aufnahme im Institut für organische Chemie der Universität Stockholm bei seinem Freund Hans v. Euler-Chelpin.<sup>42</sup> Hevesy bearbeitete in Schweden mit Lucie Ahlström, v. Euler-Chelpin, dessen Sohn Ulf Svante v. Euler, A. Forssberg, D. Lockner und anderen Mitarbeitern ein breites Spektrum der Anwendung radioaktiver und stabiler Isotope und ionisierender Strahlung in Medizin und Biologie.<sup>43</sup> Nachdem ein radioaktives Eisenisotop mit genügend hoher spezifischer Aktivität zugänglich war, konzentrierte er sich auf die Untersuchung des Eisenstoffwechsels. Nach der Entdeckung des Kohlenstoffisotops C-14 wurden mit C-14 markierte Verbindungen in die Forschung eingeführt. Gleichzeitig widmete er sich in vielfältigen Untersuchungen der biologischen Wirkung ionisierender Strahlung u. a. auf DNS und Krebszellen. Die ihm im Frühjahr 1944 durch die Auszeichnung mit dem Nobelpreis für Chemie des Jahres 1943 für die Entdeckung der Radioindikatorenmethode angebotene Möglichkeit zur Übernahme der schwedischen Staatsbürgerschaft nahm er an. Als Professor für Organische Chemie an der königlichen Universität Stockholm richtete er sein Hauptaugenmerk auf die Anwendung radioaktiver Isotope zur Untersuchung von Vorgängen in Biochemie und Medizin und zur Wirkung ionisierender Strahlung. Das war sein Hauptanliegen seit dem Augenblick, als er in Manchester die Möglichkeit erkannte, dass man radioaktive Elemente als Indikatoren nutzen kann.

### **Nach dem Krieg in Freiburg - Besuche, Vorträge, Ehrungen und die Gründung einer Nuklearmedizinischen Gesellschaft**

Nach dem Krieg nahm Hevesy seine engen Beziehungen zu Deutschland und insbesondere zur Universität in Freiburg wieder auf. Er verbrachte jedes Jahr einige Tage in Freiburg, hielt Vorträge, besuchte seine Freunde, hielt ständigen Kontakt zu seinen Kollegen aus den unterschiedlichsten Disziplinen und ermunterte prominente Wissenschaftler, Freiburg zu besuchen. Damit verhalf er der Universität nach dem Zweiten Weltkrieg wieder schnell zu wissenschaftlichen Kontakten mit dem Ausland.

Hevesy wurde auch in Freiburg mehrfach geehrt. Am 13. Mai 1949 erhielt er unter dem Rektorat des Historikers Tellenbach und dem Dekanat des Paläontologen Pfannenstiel den Grad und die Rechte des Doktors der Naturwissenschaften der Freiburger Universität ehrenhalber.<sup>44</sup> Freiburg besuchte er meist nach den Treffen der Nobelpreisträger in Lindau am Bodensee. Er nahm an mehreren sol-

cher Treffen teil <sup>45</sup>, hielt selbst mehrfach Vorträge und beteiligte sich intensiv an den wissenschaftlichen Gesprächen. Seine detaillierten Kenntnisse in den unterschiedlichsten Disziplinen und sein nicht nachlassendes ausgezeichnetes Gedächtnis machten es ihm bei diesen Gelegenheiten möglich, den Inhalt der Vorträge seinen Kollegen oft besser als der Vortragende selbst zu erklären.

Hevesy war Mitbegründer und Ehrenpräsident der 1961 in Freiburg i. B. gegründeten europäischen Gesellschaft für Nuklearmedizin. <sup>46</sup> Auf deren Tagung in Zürich trat die Georg-von-Hevesy-Stiftung an die Öffentlichkeit, die vom Direktor der Universitätsklinik und Poliklinik für Nuklearmedizin Prof. Dr. W. Horst gegründet wurde. Die Stiftung vergab auch über viele Jahre eine Hevesy-Medaille. Die Stationen für Nuklearmedizin in Freiburg und Münster tragen den Namen Georg von Hevesys.

Nachdem er an einem Bronchialkarzinom erkrankt war, ließ er sich 1965 in der von Ludwig Heilmeyer geleiteten Medizinischen Klinik der Universität behandeln. Trotzdem seine Erkrankung schon weit fortgeschritten war, nahm G. v. Hevesy im Frühjahr 1966 noch einmal an einem Hämatologenkongress der päpstlichen Akademie in Rom teil, der von Papst Pius XII. eröffnet wurde. Bei dieser Gelegenheit war er noch einmal zu einer Privataudienz beim Papst. Am 5. Juli 1966 verstarb Hevesy in Freiburg. An der Trauerfeier am 8. Juli auf dem Freiburger Hauptfriedhof hielt Innenminister Filbinger die Traueransprache. <sup>47</sup>

Hevesy wurde in aller Welt mit wissenschaftlichen Auszeichnungen, Ehrendoktoraten und Ehrenmitgliedschaften in wissenschaftlichen Gesellschaften geehrt. Er erhielt 1959 vom Generalsekretär der Vereinten Nationen den "Atom for Peace Award" für seinen Beitrag auf dem Gebiet der Medizin. <sup>48</sup> Unter anderem war er Ehrenmitglied in der Bunsengesellschaft <sup>49</sup> und in der LEOPOLDINA.

Während Hevesy in Freiburg als Ordinarius sehr geschätzt und nach dem Kriege bis zu seinem Tode vielfach geehrt, als größter Sohn der Universität bezeichnet und in der Presse geschrieben wurde, dass er eigentlich ein Freiburger sei, geriet er anschließend in Freiburg ziemlich in Vergessenheit. Lediglich in der Abteilung für Nuklearmedizin, deren Station noch zu seinen Lebzeiten seinen Namen erhalten hatte, wurde an ihn erinnert. Um die Jahrtausendwende begann man, sich in Deutschland verstärkt mit dem Schicksal von Wissenschaftlern jüdischer Abstammung und jüdischen Glaubens zu beschäftigen. Von diesem Zeitpunkt an wurde man auch in Freiburg wieder stärker auf Hevesy aufmerksam.

Am 19. April 2001 fand eine feierliche Urnenbeisetzung von Georg von Hevesy auf dem Budapester Nationalfriedhof statt. Die ungarische Akademie der Wissenschaften hat gemeinsam mit den Familien von Hevesys Kindern die Überführung der sterblichen Überreste von Georg von Hevesy, seiner Frau Pia und seines

Bruders Paul vom Friedhof in Freiburg-Littenweiler nach Auflösung der dortigen Grabstätte zum Nationalfriedhof in Budapest vorbereitet. An der feierlichen Beisetzung nahmen alle vier Kinder Georg von Hevesys, die Schwiegerkinder und nahezu alle Enkel und Urenkel teil.<sup>50</sup>

Hevesys detaillierten Kenntnisse in den unterschiedlichsten Wissenschaftsdisziplinen, sein unermüdlicher Entdeckergeist und sein ständiger Kontakt mit vielen bedeutenden Wissenschaftlern seiner Zeit, ermöglichten ihm, mit relativ wenigen Experimenten neue Zusammenhänge aufzudecken. Seine bedeutenden Entdeckungen auf den unterschiedlichsten Gebieten brachten ihm weltweite Anerkennung ein und sorgen dafür, dass er im Gedächtnis der Wissenschaftler ewig einen Platz behalten wird.

Bei dieser Arbeit konnte ich Vorarbeiten zu einem Aufsatz<sup>51</sup> im Rahmen eines Projektes des Bundesministeriums für Bildung und Forschung "Auswirkung der deutsch-ungarischen Wissenschaftsbeziehungen der Neuzeit auf die Modernisierung von Politik, Wissenschaft und Gesellschaft" nutzen. Dazu wurde mir finanzielle Unterstützung bei Reisen zuteil. Für die Hilfe bei der Bereitstellung von Unterlagen danke ich dem Niels-Bohr-Archiv in Kopenhagen und den Archiven der Albert-Ludwigs-Universität Freiburg, der Leopoldina in Halle, der Max-Planck-Gesellschaft in Berlin-Dahlem und des Deutschen Museums in München. Ich danke auch den Kindern Georg von Hevesys. Von ihnen konnte ich manche Einzelheiten erfahren und mir Ansichten bestätigen oder korrigieren lassen. Den Herren Professoren B. Martin, P. Gräber und E. Moser von der Universität Freiburg danke ich für wertvolle Hinweise.

- 1 Angaben zum Leben und Wirken von G. v. Hevesys findet man in den Biographien von Hilde Levi, *George de Hevesy, life and work*, Rhodos, Copenhagen 1985 und Gabor Pallo, *Hevesy György*, Akademia Kiado, Budapest, 1998, sowie in seinen wissenschaftlichen Arbeiten, in Dokumenten und Briefen, die in den Archiven verschiedener wissenschaftlicher Einrichtungen zu finden sind und in Biographien seiner Zeitgenossen.
- 2 Jürgen Kocka (Hsg.), *Interdisziplinarität, Praxis - Herausforderung - Ideologie*, Frankfurt/M, Suhrkamp, (1987).
- 3 Georg v. Hevesy, autobiographische Notizen, Entwürfe, MPG-Archiv, Berlin-Dahlem.
- 4 Hevesy promovierte bei dem Physiko - Chemiker Georg Meyer mit der Arbeit: Über die schmelzelektrolytische Abscheidung der Alkalimetalle aus Ätzalkalien und die Löslichkeit dieser Metalle in der Schmelze, (Dissertation, Freiburg, 1908), die er 1908 im Alter von 23 Jahren abschloss. Mit dieser Arbeit führte er Forschungen des Physiko - Chemikers Richard Lorenz weiter. In Freiburg interessierte sich Hevesy besonders für die Elektrochemie, ungeachtet dessen, dass seinem Lehrer Georg Meyer die Radioaktivität mehr am Herzen lag. Die dortigen Möglichkeiten zur Arbeit mit Radium veranlasste den späteren Begründer der modernen Geochemie und Freund von Hevesy Viktor Moritz Goldschmidt (1888-1947) zu einem Arbeitsaufenthalt in Freiburg.

- 5 Fritz Haber (1868-1934), Physikochemiker, Nobelpreis für Chemie 1918.
- 6 Ernest Rutherford (1871-1937), Physiker. Er entdeckte, dass das Atom einen sehr kleinen positiv geladenen Kern besitzt, in dem fast die gesamte Atommasse vereinigt ist. Nobelpreis für Chemie 1908.
- 7 G. Hevesy, "Radioaktive Methoden in der Elektrochemie, Jahrestagung der Bunsengesellschaft 1912", *Z. Elektrochemie*, 38 (1912), S. 546-549.
- 8 Niels Bohr (1885-1962), dänischer Physiker, er erhielt 1922 den Nobelpreis für Physik für die Entwicklung des Atommodells. Ab 1921 kamen in das von ihm geleitete Institut für theoretische Physik, die bedeutendsten Atom- und Kernphysiker der Welt, um bei und mit ihm eine zeitlang zu arbeiten.
- 9 Georg von Hevesy und Fritz Paneth, "Die Löslichkeit des Bleisulfids und Bleichromats", *Z. anorg. Chem.*, 82 (1913), 323; Georg von Hevesy und Fritz Paneth, "RaD als 'Indikator' des Bleis", *Zeitschr. anorg. Chem.*, 82 (1913), 322; Fritz Paneth und Georg von Hevesy, "Über Versuche zur Trennung des Radium D von Blei", *Mitt. Inst. Radiumforsch. Wien* (1913), Nr. 42.
- 10 Friedrich Adolf Paneth (1887 - 1958), Chemiker, war am Radiuminstitut in Wien von 1912 bis 1913 Assistent. Damals begann eine bis zu Paneths Tod 1958 anhaltende intensive Zusammenarbeit und Freundschaft. In der umfangreichen Korrespondenz, die im Archiv der Max-Planck-Gesellschaft aufbewahrt wird, lesen sich Hevesys Briefe an Paneth wie ein Tagebuch.
- 11 Theodore von Karman, lehrte später in Aachen und entwickelte Düsentriebwerke. Nach ihm ist die höchste Auszeichnung der NATO benannt. Siehe auch Gabor Pallo, "Why did George von Hevesy leave Hungary", *Periodica Polytechnica, Chem. Engineering*, 30 (1986), S. 97-115.
- 12 Johannes Nicolaus Brönsted (1879-1947) übernahm 1920 das neu errichtete Institut für Physikalische Chemie der Universität in Kopenhagen. Publikation von J. N. Broensted und Georg von Hevesy, "Über die Trennung der Isotope des Quecksilbers", *Z. Phys. Chem.*, 99 (1921), S. 189.
- 13 Georg von Hevesy, "Über das Auffinden des Elementes Hafnium und den gegenwärtigen Stand unserer Kenntnisse von diesem Element", *Ber. Dt. Chem. Ges.*, 56 (1923), S. 1503, Georg von Hevesy und V. Thal Jantzen, "Der Hafniumgehalt von Zirkonmineralen, I.", *Z. anorg. allg. Chem.*, 133 (1924), S. 113; "Der Hafniumgehalt von Zirkonmineralen, II", *ibid.*, 136 (1924), S. 387.
- 14 Georg von Hevesy und F. Paneth, *Lehrbuch der Radioaktivität*, Joh. Ambr. Barth, Leipzig, 1923. Georg von Hevesy und A. Obrutscheva, "Self-diffusion in solid metals", *Nature*, 115 (1925), S. 335, Georg von Hevesy, *Das Element Hafnium*, Springer, Berlin 1927, Georg von Hevesy, *Die seltenen Erden vom Standpunkte des Atombaus*, Bd. 5: *Struktur der Materie*, Springer, Berlin 1927.
- 15 Hermann Staudinger (1881-1965), Chemiker, entdeckte die Makromoleküle, Nobelpreis 1953.
- 16 Hans Spemann (1869-1941), Professor für Zoologie, erhielt 1935 den Nobelpreis für Medizin für seine Arbeiten zur experimentellen Entwicklungsphysiologie.

- 17 Gustav Mie (1868-1957), war von 1905 bis 1917 Professor für Physik in Greifswald bevor er nach Freiburg kam. Er beschäftigte sich damals mit einer einheitlichen Feldtheorie, und war in kontroversen Diskussionen mit Einstein verwickelt. Hevesy der 1909 in Zürich die Antrittsvorlesung von Einstein gehört und später in langen Diskussionen Einstein von der Richtigkeit des Bohrschen Atommodells überzeugt hat, fand in Mie einen interessanten Diskussionspartner.
- 18 Francis William Aston (1877-1945) britischer Chemiker und Physiker, er erhielt für die Erfindung des Massenspektrographen 1922 den Nobelpreis für Chemie.
- 19 Johann Böhm hatte eine tschechische Frau, ging nach Prag und erhielt dort eine Professur. Doch er musste 1947 die Universität Prag verlassen, weil er Deutscher war. Er fand Anstellung in einem Betrieb und später bei der Akademie der Wissenschaften. Arbeiten: Georg von Hevesy und J. Böhm, "Die quantitative Bestimmung des Tantals auf röntgenspektroskopischen Wege", *Z. anorg. allg. Chem.*, 164 (1927), S. 69, und Georg von Hevesy, J. Boehm, A. Faessler, "Quantitative röntgenspektroskopische Analyse mit Sekundärstrahlen", *Z. Phys.*, 63 (1930), S. 74.
- 20 Georg von Hevesy und W. Seith "Über die Platzwechselgeschwindigkeit des Silbers in Silbertellurid, -antimonid und -zinnid", *Z. anorg. allg. Chem.*, 180 (1928), S. 150, Georg von Hevesy und W. Seith, "Der Radioaktive Rückstoß im Dienste von Diffusionsmessungen", *Z. Phys.*, 56 (1929), S. 790, Georg von Hevesy und W. Seith, "Diffusion in Metallen", *Z. Elektrochem.*, 37 (1931), S. 528, Georg von Hevesy, W. Seith und A. Keil, "Die Auflockerungswärme des Bleigitters", *Z. Phys.*, 79 (1932), S. 846. W. Seith erhielt später eine Professur in Münster. Georg von Hevesy und M. Biltz, "Kinetische Vorgänge an metallischen Oberflächen", *Z. phys. Chem. Abt. B*, 3 (1929), S. 271.
- 21 Günter Rienäcker (1904-1987) wirkte später als Professor in Göttingen, Rostock und Berlin. Georg von Hevesy und G. Rienäcker, "Über die Auflockerung des Kristallgitters", *Ann. der Phys.*, 84 (1927), S. 674.
- 22 Mit A. Faessler, der später Professor in Freiburg und München wurde, und A. Ley führte Hevesy systematische Arbeiten zur Röntgenfluoreszenzanalyse aus und schrieb mit E. Alexander der als a. o. Assistent 1933 die Universität verlassen musste, ein Buch über das Praktikum zur Röntgenfluoreszenzanalyse.: Georg von Hevesy und A. Faessler, "Über die Wirkung von Kathodenstrahlen auf Gemische", *Z. Phys.*, 88 (1934), S. 336, Georg von Hevesy und H. Lay, "Fluorescent yield of x-ray emission", *Nature*, 134 (1934), S. 86, Georg von Hevesy und E. Alexander, *Praktikum der chemische Analyse mit Röntgenstrahlen*, Akad. Verlagsgesellsch. Leipzig 1933. In Freiburg schrieb er auch zusammenfassende Darstellungen über die Röntgenfluoreszenzanalyse: Georg von Hevesy, "Quantitative chemical analysis by x-rays and its application", *Nature*, 124 (1929), S. 841 und Georg von Hevesy, "Quantitative Spektralanalyse mit Röntgenstrahlung", *Metallwirt.*, 9 (1930), S. 801.
- 23 Georg von Hevesy und K. Wüstlin, "Über die Häufigkeitsverhältnisse Zirkonium / Hafnium und Niob / Tantal", *Z. phys. Chem.*, 139, A, (1928), S. 605, Georg von Hevesy, E. Alexander und K. Wüstlin, "Die Häufigkeit der Elemente der Vanadingruppe in Eruptivgesteinen", *Z. anorg. allg. Chem.*, 194 (1930), S. 316, Georg von Hevesy, A. Merkel und K. Wüstlin, "Die Häufigkeit des Chrom und Mangans", *Z. anorg. allg. Chem.*, 219, (1934), S. 192.
- 24 Georg von Hevesy und R. Hobbie, "Lead content of rocks", *Nature*, 128 (1931), S. 1038.

- 25 Georg von Hevesy, "Das Alter der Grundstoffe", Vortrag in der *Freiburger Wissensch. Ges.* (1929) Heft 17, Georg von Hevesy, "The age of the earth", *Science*, 77 (1930), S. 509, und Georg von Hevesy, "Chemie der Meteoriten und Folgerungen für den Aufbau der Erde", *Handbuch Geophysik*, Bd. 2 (1933), S. 1090.
- 26 Georg von Hevesy und M. Pahl, "Radioactivity of samarium", *Nature*, 130 (1932), S. 846. In einer weiteren Arbeit von Georg von Hevesy, M. Pahl und R. Hosemann, "Die Radioaktivität des Samariums", *Z. Phys.*, 83 (1933), S. 4, wird nachgewiesen, dass die von anderen Autoren in Lanthan, Neodym und Samarium gefundene Radioaktivität von Verunreinigungen an Uran und Thorium stammte. R. Hosemann wurde später Professor und Direktor des Fritz-Haber-Instituts in Berlin. Diese Ergebnisse waren ihnen möglich, weil Hevesy bei seinen Besuchen auf Schloss Welsbach reinste Seltene Erden von seinem Freund Auer von Welsbach (1858-1929) erhalten hatte, die dieser in seinem Labor im Schloss durch Umkristallisieren voneinander getrennt und gereinigt hatte.
- 27 Georg von Hevesy, "Die Radioaktivität des Kaliums", *Naturwissenschaften*, 23 (1935), S. 583, und Georg von Hevesy und A. Guenther, "Versuche ein stabiles Isotop des Poloniums aufzufinden", *Z. anorg. allg. Chem.*, 194 (1930), S. 162.
- 28 Georg von Hevesy und J. C. Calvert, "Quantitative Bestimmung von Kalium in Bodenproben auf röntgenspektroskopischen Wege", *Naturw.*, 18 (1930), S. 529.
- 29 Der Physiker Hans Geiger (1882-1945) war zu jener Zeit Professor in Kiel. Er hatte mit seinem Doktoranden Müller das nach beiden benannte Zählrohr erfunden.
- 30 Georg von Hevesy und Erika Cremer, "Über die Sulfate des Zirkoniums und Hafniums", *Z. anorg. allg. Chem.*, 195 (1931), S. 339, und Georg von Hevesy und W. Dullenkopf, "Über das Tetrafluorid des Zirkons und Hafniums", *Z. anorg. allg. Chem.*, 221 (1934), S. 161. Erika Cremer kam schon promoviert nach Freiburg, habilitierte sich 1938, erhielt später eine Professur in Innsbruck und die Ehrendoktorwürde der TU Berlin.
- 31 J. N. Brönsted und Georg von Hevesy, "On the separation of isotopes", *Phil. Mag.*, 7 (1929), S. 631.
- 32 Georg von Hevesy und O. A. Wagner, "Die Verteilung des Thoriums im tierischen Organismus", *Arch. exp. Path. Pharmak.*, 149 (1930), S. 336.
- 33 Georg von Hevesy und E. Hofer, "Die Verweilzeit des Wassers im menschlichen Körper", *Klin. Wschr.*, 13 (1934), S. 1524, Georg von Hevesy und E. Hofer, "Der Austausch des Wassers im Fischkörper", *Seylers Z. physiol. Chem.*, 225 (1934), S. 28. Als Hevesy nach Dänemark ging kam E. Hofer mit ihm, um die Versuche mit schweren Wasser dort fortzusetzen.
- 34 Rudolf Schoenheimer (1898-1941) hatte in Berlin Medizin und danach in Leipzig Chemie studiert, bevor er am Institut für Pathologische Anatomie in Freiburg 1926 Assistent und 1928 Dozent wurde. Eine intensive Zusammenarbeit mit Hevesy kam in Freiburg leider nicht mehr zustande, da Schoenheimer 1933 entlassen wurde und bald in die USA emigrierte, wo er als Professor für Biochemie an der Columbia-Universität in New York mit Hilfe stabiler Isotope Stoffwechselprozesse untersuchte.
- 35 Alle in diesem Abschnitt genannten Schreiben befinden sich im Archiv der Universität Freiburg.

- 36 Georg von Hevesy und Hilde Levi, "Radiopotassium and other artificial radioelements", *Nature*, 135 (1935), S. 85, Georg von Hevesy und Hilde Levi, "Action of slow neutrons on rare earth elements", *Nature*, 137 (1936), Georg von Hevesy und Hilde Levi, "Artificial radioactivity of dysprosium and other rare earth elements", *Nature*, 136 (1935), S. 103.
- 37 Ole Chievitz und Georg von Hevesy, "Radioactive indicators in the study of phosphorus metabolism in rats", *Nature*, 136 (1935), S. 754.
- 38 L.A.-Hahn, Georg von Hevesy und E.C. Lundsgard, "The circulation of phosphorus in the body revealed by application of radioactive phosphorus as indicator", *Biochem. J.*, 31 (1937), S. 1705, und Georg von Hevesy, J. Holst und A. Krogh, "Investigation on the exchange of phosphorus in teeth using radioactive phosphorus as indicator", *Biol. Medd. Dan. Vid. Selsk.*, 13 (1937), No. 13, und L. Hahn und Georg von Hevesy, "Rate of Potassium exchange in the stimulated muscle", *Acta Physiol. Scand.*, 2, fasc.1 (1941), S. 51.
- 39 Georg von Hevesy, "Self diffusion in solids", *Trans. Faraday Soc.*, 34 (1938), S. 841.
- 40 Finn Aaserud, *Redirecting Science - Niels Bohr, philanthropy and the rise of nuclear physics*, Cambridge university press.
- 41 Lise Meitner (1878-1958), Kernphysikerin, Professorin am Kaiser-Wilhelm-Institut für Chemie in Berlin, entdeckte 1917 mit Otto Hahn das Element Protaktinium und lieferte 1939 die theoretische Begründung für die von Hahn und Strassmann nachgewiesenen Spaltprodukte bei der Neutronenbestrahlung von Uranium. Nachdem sie im März 1939 ergänzende Experimente im Niels-Bohr-Institut durchgeführt hatte, dankte sie Niels Bohr in einem Brief nach Princetown und bemerkte: "Nicht nur, dass jeder von Hevesy angefangen bis zum jüngsten Mitarbeiter des Instituts in freundlichster Weise bestrebt war, mir bei der Beschaffung der nötigsten Hilfsmittel und des nötigen Arbeitsraumes in jeder Weise zu helfen ..." S. a. Ruth Lewin Sime, *Lise Meitner - Ein Leben für die Physik*, Insel Verlag, Frankfurt am Main und Leipzig 2001.
- 42 Hans von Euler-Chelpin (1873-1964), Biochemiker, Nobelpreis für Chemie 1929. Professor an der Universität Stockholm. Er erwarb 1902 die schwedische Staatsbürgerschaft. Sein Sohn Ulf Svante von Euler (1905-1983) war ebenfalls Biochemiker und Professor an der Universität Stockholm. Er erhielt 1970 den Nobelpreis.
- 43 Hans von Euler und Georg von Hevesy, "Wirkung von Röntgenstrahlung auf den Umsatz der Nucleinsäuren im Jensen-Sarkom", *Biol. Medd. Dan. Vid. Selsk.*, 17 (1942), No. 8, und Georg von Hevesy und Gustav Nylin, "Application of <sup>42</sup>K labelled red corpuscles in blood volume measurements", *Acta. Physiol. Scand.*, 24, fasc. 4 (1951), S. 285.
- 44 Dokumente im Archiv der Universität Freiburg.
- 45 Alexander Dees De Sterio, *Nobel führte sie zusammen. Begegnungen in Lindau*, Belser: 1975.
- 46 Wolfgang Horst (ed.), *Frontiers of Nuclear medicine. Aktuelle Nuklearmedizin*, Springer, Berlin 1971.
- 47 Anonym, "Greetings to Professor Hevesy", *Intern. J. Appl. Rad. Isotopes*, 16 (1965), S. 505-519.

- 48 Ein nahezu vollständige Liste der Auszeichnungen und Ehrendoktorate und der Publikationen von G. v. Hevesy findet man in der von Hilde Levi verfassten Biographie 1.
- 49 Walter Jaenicke, *100 Jahre Bunsengesellschaft 1894-1994*, Darmstadt: Steinkopff, 1994.
- 50 An der Feierlichkeiten nahmen mit ihren Ehepartnern und Kindern teil: Hevesys älteste Tochter Jenny aus La Jolla (CA), sein Sohn Georg, der als Kinderarzt in Schweden wirkt, seine zweite Tochter Ingrid, die in Freiburg lebt, und seine jüngste Tochter Pia, die in Genf lebt. Gustav Arrhenius, Enkel von Svante Arrhenius, Ozeanologe an der California Universität San Diego, der mit Hevesys Tochter Jenny verheirate ist, hielt am 17. April 2001 nach einem Empfang beim Dekan der naturwissenschaftlichen Fakultät der Universität einen wissenschaftlichen Vortrag. Am 19. April 2001 fand nach einem Empfang des Präsidenten der Akademie im Akademiegebäude, bei dem Georg de Hevesy das Original der Medaille des Nobelpreises der ungarischen Akademie der Wissenschaften übergab, eine Gedenkfeier auf dem Friedhof mit der anschließenden Bestattung statt. Da ich in meinem Berufsleben auf einigen der von Hevesy begründeten Arbeitsgebiete tätig war und ich diese vielseitigen und schöpferische Persönlichkeit bewunderte, entsprach ich gern der Bitte der Ungarischen Akademie der Wissenschaften, auf der Trauerfeier zu sprechen; Siegfried Niese, *Worte des Gedenkens*, Archiv der Leopoldina , Halle 2001.
- 51 Siegfried Niese, "Die Bedeutung des Ungarn Georg v. Hevesy (1.8.1885-5.7.1966) für die Entwicklung der Naturwissenschaft in Deutschland im 20. Jahrhundert", in Holger Fischer, (Hg.), *Über Deutsch-Ungarische Beziehungen im 20. Jahrhundert*, (in Vorbereitung für 2003).