

# Bombe oder Reaktor?

Physikalische und wissenschaftshistorische Perspektiven auf die „deutsche Atombombe“

Mark Walker

Während des Zweiten Weltkriegs befassten sich die Mitglieder des deutschen Uranvereins um Werner Heisenberg mit den Möglichkeiten der Kernenergie. Bis heute wird kontrovers diskutiert, ob die deutschen Wissenschaftler nur an einem Kernreaktor arbeiteten oder auch das Ziel verfolgten, eine Atombombe zu entwickeln. Hatten sie für Letzteres überhaupt das nötige Wissen?

Im Rahmen ihres Manhattan-Projekts zur Entwicklung der Atombombe hatten die USA eine wissenschaftliche Geheimdienst-Mission mit dem Tarnnamen „Alsos“ ins Leben gerufen. Ihr Ziel war es, den Stand der deutschen Kernforschung zu erkunden. Die drängendste Frage dabei: Arbeiteten deutsche Forscher ebenfalls an einer Atombombe? Der wissenschaftliche Leiter der Alsos-Mission war der aus Holland stammende Physiker Samuel Goudsmit (1902–1978), der seit 1927 in den USA forschte. Ab 1943 waren Alsos-Einheiten in ganz Europa auf der Suche nach Wissenschaftlern, geheimen Laboren, wissenschaftlichen Aufzeichnungen und nicht zuletzt nach Uran oder Moderator.

1947 veröffentlichte Goudsmit sein Buch „Alsos“. Darin behauptete er, dass die deutschen Physiker, insbesondere Werner Heisenberg, den Unterschied zwischen einem Kernreaktor und einer Atombombe nicht verstanden hätten: „Sie dachten, dass es letztlich möglich sein müsste, einen Reaktor aufzubauen, in dem die Kettenreaktion so schnell abließ, dass er eine Explosion erzeugt“ ([1], S. 177).

Manfred Popp, Kernphysiker und ehemaliger Vorstandsvorsitzender des Forschungszentrums Karlsruhe, hat in seiner jüngsten Veröffentlichung daher ein altes



Am 21. April 1945 demontierten Mitglieder der amerikanischen Alsos-Mission den deutschen Forschungsreaktor im Atomkeller Haigerloch.

Argument belebt, wenn er behauptet, dass Heisenberg und seine Kollegen den Unterschied zwischen Reaktor und Bombe nicht begriffen hätten [2, 3]. Dabei kritisiert er auch frühere meiner Arbeiten [4–7] und deutet so auf einen Konflikt zwischen fachphysikalischer und wissenschaftsgeschichtlicher Perspektive. Hier möchte ich in chronologischer Reihenfolge die Belege für das deutsche Verständnis von der Funktionsweise einer Atombombe anführen und analysieren [8].

Werner Heisenberg schrieb 1939 seinen ersten Bericht für das deutsche Uranprojekt. Darin behandelte er die „Möglichkeit der technischen Energiegewinnung aus der Uranspaltung“ [9]. Nachdem er Kernreaktoren – die Deutschen nannten sie „Uranmaschinen“ – mit homogenen Mischungen und mit Schichtenanordnungen theoretisch untersucht hatte, kam er zu dem Schluss, dass die von Otto Hahn und Fritz Strassmann entdeckte Kernspaltung auch zur Energieerzeugung im Großen dienen

könnte ([9], S. 9): „Die sicherste Methode zur Herstellung einer hierzu geeigneten Maschine besteht in der Anreicherung des Isotops Uran 235. Je weiter die Anreicherung getrieben wird, desto kleiner kann die Maschine gebaut werden. Die Anreicherung von Uran 235 ist [...] ferner die einzige Methode, um Explosivstoffe herzustellen, die die Explosivkraft der bisher stärksten Explosivstoffe um mehrere Zehnerpotenzen übertreffen.“ Heisenberg beschrieb, dass sich auch das unangereicherte Uran-238 für die Energieerzeugung eignen würde, sofern man die Neutronen mit einem „Moderator“ wie schweres Wasser oder Graphit („ganz reine Kohle“) verwendet. Heisenberg hat also klar dargestellt, dass Uran-235 ein potenzieller nuklearer Sprengstoff wäre, und diesen klar von einem Kernreaktor unterschieden.

Im Laufe der Jahre 1940 und 1941 berichtete Carl Friedrich von Weizsäcker, dass in einem Kernreaktor bei Resonanzabsorption von Neutronen durch Uran-238 ein trans-

Prof. Dr. Mark Walker, History Department, Lippman Hall 112, Union College, 807 Union Street, Schenectady, NY 12308, USA

AIP Emilio Segrè Visual Archives, Crane-Randall Collection, Goudsmit Collection



Im Sommer 1939 schied die Welt auch in der Physik-Community noch in Ordnung. Beim Michigan-Symposium zur theoretischen Physik in Ann Arbor trafen Samuel Goudsmit (links), Werner Heisenberg (Mitte) und Enrico Fermi (2. v. r.) zusammen.

uranisches Element entstehen könne. In einem Patentantrag von 1941 hob er als „Hauptgewinn der Erfindung“ hervor, dass sich das entstandene Element 94 (Plutonium) chemisch leicht vom Uran trennen und rein darstellen lässt ([10], S. 3). Plutonium eigne sich also, um sehr kleine Kernreaktoren zu bauen, solange die Plutonium-Menge so klein ist, dass die meisten Spaltungsneutronen das Plutonium verlassen, bevor sie neue Spaltungen verursachen. In einer ausreichend großen Menge würde der ganze Vorgang „explosiv verlaufen“, so von Weizsäcker. Er betonte: „Dieser Sprengstoff würde an frei werdender Energie pro Gewichtseinheit jeden anderen rund 10 Millionen mal übertreffen und nur mit dem reinen Uran 235 vergleichbar sein“ ([10], S. 4).

In der Schlussfolgerung seines Patentantrags machte von Weizsäcker sehr deutlich, dass er an Sprengstoffe denkt. Das „Verfahren zur explosiven Erzeugung von Energie und Neutronen aus der Spaltung des Elements 94“, das er patentieren lassen wollte, ist dadurch gekennzeichnet, dass das „hergestellte Element 94 in solcher Menge an einen Ort gebracht wird, z. B. in eine Bombe, dass die bei einer Spaltung entstehenden Neutronen in der überwiegenden Mehrzahl zur Anregung neuer Spaltungen verbraucht werden und nicht die Substanz verlassen“ ([10], S. 4, 5). Bei einem Treffen mit

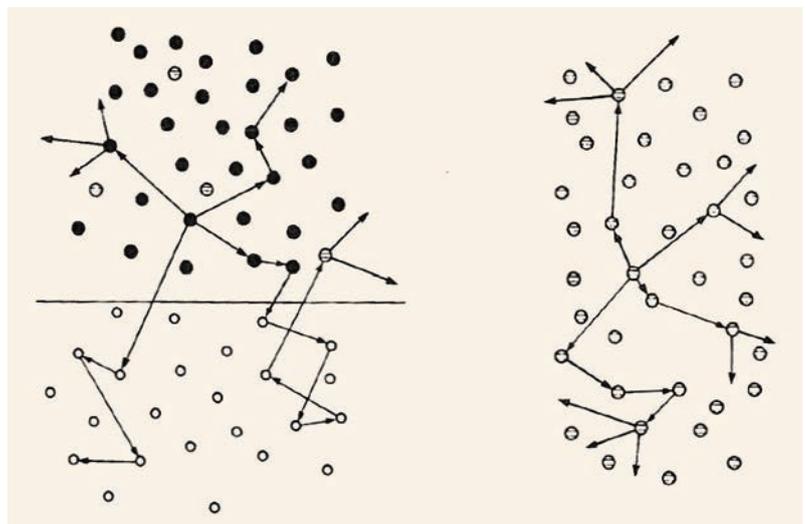
dem Physiker Kurt Diebner, der beim Heereswaffenamt angestellt war, schilderte von Weizsäcker unter anderem die Einsatzmöglichkeiten für „reines Isotop Uran 235 oder ein Folgeprodukt höherer Ordnungszahl“: „Vordringlich ist nach dem derzeitigen Stand der Versuche die Entwicklung zweier anderer Verwendungsweisen: als Wärmemaschine und als Sprengstoff [...] Als Sprengstoffe können nur hochwirksame Stoffe verwendet werden. Ihre Energieentwicklung muss die der bisherigen Sprengstoffe wiederum etwa um das Hunderttausendfache übertreffen“ ([11], S. 2, 3).

Von Weizsäcker hat genau wie Heisenberg klar zwischen einem

Kernreaktor und einer Atombombe unterschieden, mit der Ergänzung, dass ihre Erzeugung „den Bau der Wärmemaschine [...] oder einer effektiven Isotopentrennungsanlage zur Voraussetzung“ hat.

### Das kritische Element

Im Februar 1942 führte das Heereswaffenamt eine umfassende Bewertung des Uranprojekts durch. Der nicht genannte Verfasser des folgenden Berichts zeigte ebenfalls ein klares Verständnis vom Unterschied zwischen einem Kernreaktor und einem nuklearen Sprengstoff und schätzte die kritische Masse einer Atombombe ab: „Da sich in jeder Substanz einige freie Neutronen befinden, würde es zur Entzündung des Sprengstoffs genügen, eine hinreichende Menge (vermutlich etwa 10 – 100 kg) räumlich zu vereinigen“ ([12], S. 9, 13). Diese Abschätzung ist mit dem Wert vergleichbar, den die Amerikaner zur selben Zeit verwendeten. Wir haben keine schriftlichen Aufzeichnungen darüber, wer diese Abschätzung der kritischen Masse vorgenommen hat, oder ob es überhaupt Versuche eines deutschen Physikers gegeben hat, weitere Aspekte der Physik der Atombombe auszuarbeiten. Doch die zitierte Schätzung existiert und muss daher ernstgenommen und berücksichtigt werden.



Mit dieser Grafik veranschaulichte Werner Heisenberg die kontrollierte (links) und unkontrollierte Kettenreaktion, also letztlich die Funktionsweise

von Uranmaschine bzw. Atombombe (Moderatorkerne: weiße Kreise, Uran-238-Kerne: schwarz, Uran-235-Kerne: schraffiert, Neutronenbewegung: Pfeile).

Im Jahr 1942 hielt Heisenberg zwei Reden vor einflussreichen politischen und militärischen Persönlichkeiten. Vielleicht am wichtigsten war ein Bild, das er präsentierte, um die Kernspaltung in einem Kernreaktor und in reinem Uran-235 zu veranschaulichen. Heisenberg führte aus: „Wenn man also nur eine so große Menge von Uran 235 anhäuft, dass der Neutronenverlust durch die Oberfläche klein bleibt gegenüber der Vermehrung im Inneren, so wird sich die Neutronenzahl in kürzester Zeit ungeheuer vermehren und die ganze Spaltungsenergie von 15 Bill. Kalorien pro to werden in einem kleinen Bruchteil einer Sekunde frei. Das reine Isotop Uran 235 stellt also zweifellos einen Sprengstoff von ganz unvorstellbarer Wirkung dar.“ Er merkte an, dass reines Uran-235 schwer zu gewinnen sei. Durch eine betriebsfähige Uranmaschine würde aufgrund von Weizsäckers Überlegungen „die Frage nach der Gewinnung des Sprengstoffs eine neue Wendung“ erhalten. Plutonium 94 sei „höchstwahrscheinlich ebenso wie reines Uran 235 ein Sprengstoff der gleichen unvorstellbaren Wirkung“, aber viel leichter zu gewinnen, da es sich chemisch von Uran trennen lasse [13].

## Nach Hiroshima

Mit Kriegsende wurden Heisenberg und neun andere Wissenschaftler in einem englischen Landhaus namens „Farm Hall“ interniert, wo man ihre Gespräche abhörte und aufnahm [14, 15]. Wie Heisenberg auf die Nachricht vom Atombombenabwurf auf Hiroshima reagierte, war überraschend: „[I]ch habe das [die kritische Masse], um ganz ehrlich zu sein, nie ausgerechnet, da ich nie annahm, man könne reines Uran 235 herstellen. Ich habe immer gewusst, dass man es mit schnellen Neutronen machen kann“. Im Allgemeinen sind Heisenbergs Bemerkungen in Farm Hall über Atombomben verwirrend, jedoch unterstützen sie nicht das Argument von Manfred Popp,

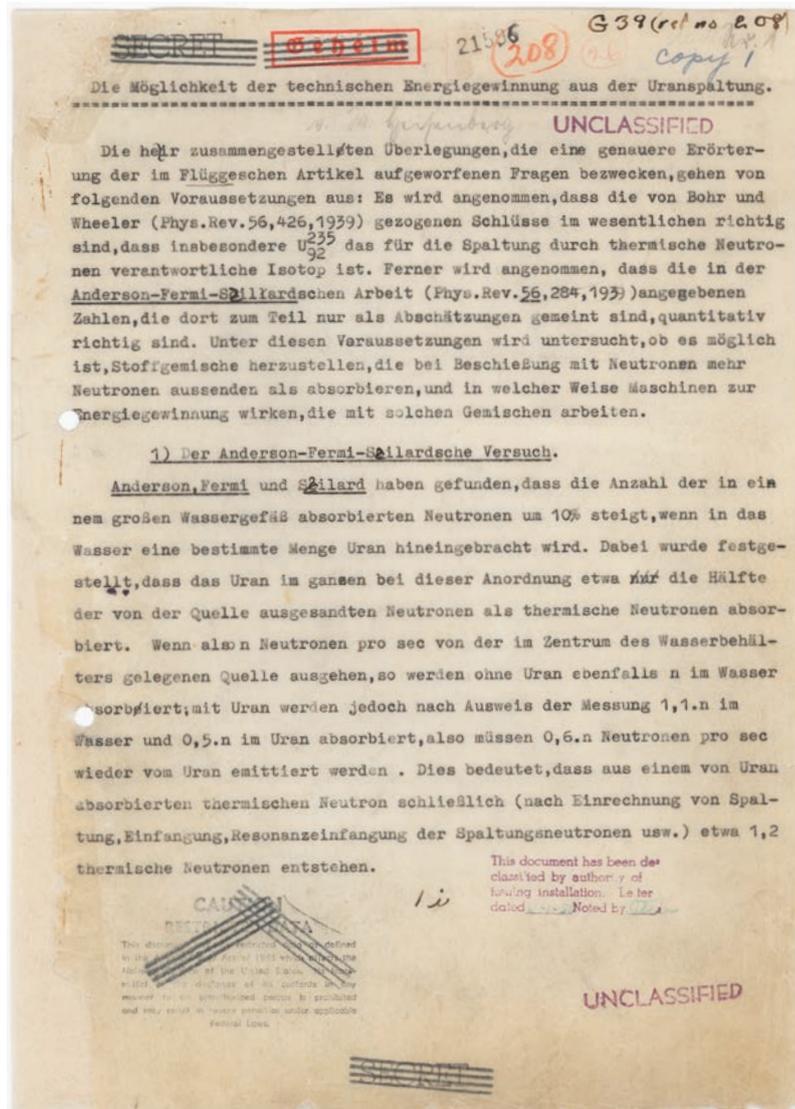


Foto Deutsches Museum

Werner Heisenberg zog in seinem 24-seitigen Bericht vom 6. Dezember 1939 (hier das Titelblatt) den Schluss, dass auch nicht angereichertes Uran sich bei passendem Moderator für die Energieerzeugung eigne. Die dafür notwendige „Uranmaschine“ müsse aus einem Schichten-

modell aus übereinander geordneten Uranplatten bestehen. Die Zwischenräume sollten mit reiner Kohle gefüllt werden. Heisenberg sah durchaus die Möglichkeit einer Bombe, deren Kraft die „bisher stärksten Explosivstoffe um mehrere Zehnerpotenzen übertreffen“<sup>1)</sup>

dass Heisenberg eine Kernwaffe als Kernreaktor konzipiert habe.

1948 nahm Heisenberg in einem Interview in der New York Times zu Goudsmits Buch „Alsos“ Stellung und rekapitulierte die Diskussion in Farm Hall nach der Zerstörung Hiroshimas: „Für unsere wissenschaftlich ungebildeten Wachmänner war es unmöglich, solch einer technischen Debatte zu folgen. Doch nach den Erzählungen, die kursierten, sind wir zu dem absurden Schluss gelangt, dass ein ganzer Kernreaktor auf Hiroshima abgeworfen und zur Explosion gebracht worden war. Angeblich seien wir so ahnungs-

los gewesen, dass wir den Unterschied zwischen einer Bombe und einem Reaktor nicht kannten. Die Wahrheit ist, dass die allgemeinen Grundlagen, die notwendigerweise dem Entwurf und Bau einer Atombombe zugrunde liegen, den deutschen Physikern sehr wohl bekannt gewesen sind. Auch bekannt war die Möglichkeit, das Uran ins Plutonium innerhalb von einem Reaktor umzuwandeln“ [16].

Nach der Veröffentlichung dieses Interviews gab Goudsmit widerstrebend zu, dass er mit seiner Behauptung, die deutschen Wissenschaftler hätten den Unterschied zwischen einem Reaktor und einer

<sup>1)</sup> Der vollständige Bericht und weitere Geheimdokumente zum deutschen Atomprogramm finden sich auf <http://bit.ly/2nvvWhu>.

Bombe nicht verstanden, Unrecht gehabt habe: „Dies ist vielleicht eine zu starke Vereinfachung [...], ich habe sie jedoch benutzt, um technische Erläuterungen zu vermeiden. Die deutschen Berichte beweisen, dass meine Vereinfachung trotzdem deutlich macht, wie weit die deutschen Kollegen zurücklagen“ [17].

Robert Jungk erwähnte Goudsmits Behauptung in seinem Buch „Heller als tausend Sonnen“. Heisenberg bekannte gegenüber Jungk, dass er zunächst nicht geglaubt habe, dass in Hiroshima eine Atombombe explodiert sei, weil zu deren Herstellung ein so ungeheurer technischer Aufwand notwendig sei. Die Vorstellung, dass die Amerikaner einen Kernreaktor („Pile“) über Hiroshima abgeworfen hätten, habe er nach den zweiten Radionachrichten „nicht ernstlich in Betracht gezogen [...] Aber der Unterschied zwischen Pile und Bombe war uns völlig klar, und, ich glaube, schon am Tag danach haben wir in einem Seminar die ungefähren Dimensionen und das Funktionieren einer Bombe ausgerechnet“ [18].

### Physik versus Geschichte?

Manfred Popp hat in seiner Arbeit zum deutschen Uranprojekt auch Kritik an wissenschaftsgeschichtlichen Darstellungen geübt, insbesondere meinen Veröffentlichungen: „Bei der Beschreibung der Geschichte von ‚Hitlers Bombe‘ sind physikalische Gesetzmäßigkeiten und Erläuterungen oft unter

den Tisch gefallen. So oft, dass ein Zerrbild entstanden ist, das dringend der Korrektur bedarf.“ Er schrieb: „Wie fremd den Historikern unter den Autoren die Welt der Physik war, zeigt besonders deutlich, dass [...] Walker es immerhin für möglich hielt, die deutschen Wissenschaftler hätten die kritische Masse einer Plutoniumbombe berechnet“ ([3], S. 14, 17). Darüber hinaus behauptet Popp, dass „Walker und die anderen Historiker die Herausforderungen von Bombentechnik unterschätzt haben. Sie scheinen geglaubt zu haben, dass ein erster Reaktor und das Verständnis von der kritischen Masse ausreichend waren, um eine Bombe zu bauen“ ([2], S. 270).

Für diese Behauptungen lassen sich in meinen Veröffentlichungen über verschiedene Aspekte der „deutschen Atombombe“ [4–7] keine Belege finden. Ich habe nie behauptet, dass die deutschen Wissenschaftler die Physik der Atombombe beherrscht haben. Stattdessen habe ich viel bescheidener argumentiert: Die deutschen Wissenschaftler wussten zumindest prinzipiell, wie sich eine Atombombe bauen ließe: Indem man eine kritische Masse von reinem oder fast reinem Uran 235 oder Plutonium zusammenbringt, um mit einer Kettenreaktion mit schnellen Neutronen eine Explosion zu entfesseln, die gewaltiger wäre als mit chemischen Sprengstoffen möglich.

Popp weist darauf hin, dass Physiker und Historiker unterschiedlich denken und andere Fra-

gen stellen. Mit seinem Argument reduzierte Popp im Grunde die ganze Geschichte von den deutschen Bemühungen, Kernwaffen zu erforschen und zu entwickeln, zu einer Frage: Haben Heisenberg und seine Kollegen verstanden, wie eine Atombombe funktioniert? Allerdings ist es viel wichtiger zu klären, warum Deutschland nie Kernwaffen gebaut und es vielleicht auch nie ernsthaft versucht hat. Dabei gilt es auch zu verstehen, dass dies nicht nur eine Frage danach ist, was ein großer Physiker tat oder nicht tat bzw. wusste oder nicht wusste. Für Historiker geht es nicht nur darum, wie gut die Deutschen in der Bombenphysik waren, sondern welches Niveau ihr Verständnis erreichte, und ob dieses den Ausgang des Uranprojekts bestimmt hat. Wesentlich ist die erklärende Kraft dieser Episode: Kann das deutsche Verständnis, wie eine Atombombe funktionieren würde, erklären, warum es keine deutschen Kernwaffen gab? Reicht es dafür aus? Die Antwort auf beide Fragen ist offensichtlich nein.

Popp betont am Schluss seines Artikels: „[...] was ich in dieser Publikation vorstelle, sind Tatsachen und wissenschaftliche Interpretationen, die von jedem Physiker überprüft werden können“ ([2], S. 278). Das lässt mich an den sehr produktiven Dialog denken, den ich in den Achtzigerjahren mit Karl Wirtz geführt habe, einem Mitglied des deutschen Uranprojekts und einem der Gründer des Forschungszentrums Karlsruhe. Wirtz hat meine



Zehn deutsche Wissenschaftler darunter Werner Heisenberg, Carl Friedrich von Weizsäcker, Walther Gerlach, Kurt Diebner und Otto Hahn, waren von Mai bis Dezember 1945 in Farm Hall im englischen Cambridgeshire interniert. Die Abhörprotokolle ihrer Gespräche sind 1992 erstmals veröffentlicht worden.

Interpretation von seinem Verständnis und dem seiner Kollegen, wie eine Atombombe funktionieren würde, nie infrage gestellt. Auch wenn er nicht mit allem glücklich war, was ich geschrieben habe, hat er mir nie nahegelegt, dass nur Physiker qualifiziert seien, die Geschichte der Physik zu schreiben.

Letztlich sollten Physiker und Wissenschaftshistoriker zusammenarbeiten, um schwierige und wichtige Themen wie die Geschichte der deutschen Atombombe zu beleuchten. Doch damit dies geschehen kann, müssen beiden Seiten Respekt füreinander aufbringen.

### Literatur

- [1] S. Goudsmit, *Alsos*, 2. Aufl., Tomash, Los Angeles (1983)
- [2] M. Popp, *Berichte zur Wissenschaftsgeschichte* **39**, 265 (2016)
- [3] M. Popp, *Spektrum der Wissenschaft*, Dezember 2016, S. 12
- [4] M. Walker, *Die Uranmaschine*, Siedler-Verlag, Berlin (1990)
- [5] M. Walker, *Vierteljahreshefte für Zeitgeschichte* **38**, 45 (1990)
- [6] M. Walker, *Nazi Science*, Perseus, New York (1995)

- [7] M. Walker, in: H. Maier (Hrsg.), *Gemeinschaftsforschung, Bevollmächtigte und der Wissenstransfer*, Wallstein, Göttingen (2007), S. 352
- [8] M. Walker, *Berichte zur Wissenschaftsgeschichte* **40**, 271 (2017)
- [9] W. Heisenberg, *Die Möglichkeit der technischen Energiegewinnung aus der Uranspaltung*, G-39 (1939), I; Archiv des Deutschen Museum in München
- [10] C. F. v. Weizsäcker, *Energieerzeugung aus dem Uranisotop der Masse 238 und anderen schweren Elementen. (Herstellung und Verwendung des Elements 94)* (1941), Archiv der Max-Planck-Gesellschaft, Berlin, I. Abt., Rep. **34**, Nr. 73, S. 3
- [11] C. F. v. Weizsäcker, *Kurzer Bericht über die eventuelle praktische Auswirkung der Uranuntersuchungen auf Grund einer Rücksprache mit Dr. Diebner* (1941), S. 2–3, Privatbesitz des Autors
- [12] *Energiegewinnung aus Uran*, S. 9, 13, Nachlass von Erich Bagge, Privatbesitz des Autors
- [13] W. Heisenberg, *Die theoretischen Grundlagen für die Energiegewinnung aus der Uranspaltung* (26. Februar, 1942), Nachlass von Samuel Goudsmit, American Institute of Physics, College Park, MD, USA
- [14] M. Walker, *Vierteljahreshefte für Zeitgeschichte* **41**, 519 (1993)
- [15] D. Hoffmann (Hrsg.), *Operation Epsilon*, Rowohlt, Berlin (1993)
- [16] *New York Times*, 28. Dezember 1948

- [17] *New York Times*, 9. Januar 1949
- [18] W. Heisenberg an R. Jungk (17. November 1956) Archiv der Max-Planck-Gesellschaft, Berlin, III. Abt., Rep. **93**, Nr. 1705

### DER AUTOR

**Mark Walker** ist John Bigelow Professor for History am Union College in Schenectady, NY, USA. Walker studierte Mathematik an der Washington University in St. Louis (BA, 1981) und Geschichte an der Princeton University, wo er 1987 mit einer Arbeit zur deutschen Uranforschung im Dritten Reich promovierte. Seit 1987 lehrt er am Union College in Schenectady, New York, moderne europäische Geschichte und Geschichte der Naturwissenschaften und Technik. Seine zahlreichen Publikationen weisen ihn als international anerkannten Kenner der deutschen Wissenschaftsgeschichte des 20. Jahrhunderts und speziell der Entwicklung von Wissenschaft und Technik im Dritten Reich aus.

