

Freude und Bürde der Wissenschaft

Zum hundertsten Geburtstag von Werner Heisenberg

Helmut Rechenberg

Die Quantenmechanik, die heute gültige Theorie der Atome, wird als wichtigster Fortschritt in der Physik des 20. Jahrhunderts angesehen. Unter ihren Vätern nimmt der vor hundert Jahren in Würzburg geborene Werner Heisenberg einen Ehrenplatz ein.

Werner Heisenberg stammte aus einer akademischen Familie und besuchte in München ein elitäres Gymnasium, das er trotz widrigen Weltkriegsjahren mit Bravour absolvierte. Im Eilschritt erwarb er 1923 an der Münchner Universität den Dr. phil., bereits 1924 habilitierte er sich in Göttingen. Die folgenden Jahre arbeitete er abwechselnd in Göttingen und bei Niels Bohr in Kopenhagen, bis er kurz vor dem 26. Geburtstag das Ordinariat für Theoretische Physik an der Universität Leipzig erhielt. 1942 wurde er nach Berlin als Direktor des Kaiser-Wilhelm-Instituts für Physik und an die Universität geholt. Nach dem Zweiten Weltkrieg erneuerte er sein Institut in Göttingen als Max-Planck-Institut für Physik.

Heisenberg leitete das Institut, das 1958 nach München übersiedelte, bis 1970. Er starb am 1. Februar 1976.



"Heisenberg war in erster Linie spontaner Mensch, dem nächst genialer Wissenschaftler, dann ein Künstler, nahe der produktiven Gabe, und erst in vierter Linie, aus Pflichtgefühl, Homo politicus" - so umriss Carl Friedrich von Weizsäcker die verschiedenen Facetten seines Lehrers. Während Aussenstehende Heisenberg eher als zurückhaltend und sachlich diplomatisch empfanden, brach seine Spontanität im engen Freundeskreis und bei der Entwicklung kühner physikalischer Ideen durch. Die Kunst - Heisenberg übte regelmässig Klaviersonaten von Beethoven und Mozart, und professionelle Musiker schätzten ihn als Partner - spiegelte sich wesentlich in der Sprache seiner populären Schriften wider.

Dr. Helmut Rechenberg war der letzte Doktorand von Heisenberg und arbeitet heute am Max-Planck-Institut für Physik in München. Er ist Mitherausgeber der Gesammelten Werke von Heisenberg. Dieser Artikel erschien in NZZ vom 5.12.2001

Der aufmerksame Biograph wird Heisenbergs Leben in zwei fast gleich lange Perioden einteilen, deren erste mit "die fröhliche Wissenschaft" überschrieben werden sollte, die zweite eher mit "die Bürde der Wissenschaft". In der Tat eilte Heisenberg bis 1933, scheinbar unbeirrt von den Zeitläuften, von Erfolg zu Erfolg. Dann brach die Politik in sein Leben ein: Das Naziregime zwang ihn, seine Wissenschaft und ihre Vertreter in Deutschland zu verteidigen. Nach dem Zusammenbruch des Dritten Reiches musste er mühevoll die Forschung in der Heimat wieder aufbauen und die unterbrochenen Beziehungen zum Ausland erneuern.

Die fröhliche Wissenschaft

In der Atomphysik, auf die sich der Student Heisenberg bereits im ersten Semester warf, hatte er die hervorragendsten Lehrer: In München war es Arnold Sommerfeld, der eifrige Förderer der Bohr'schen Atomtheorie, nach der Elektronen wie Planeten auf stabilen Bahnen um den Atomkern kreisen; in Göttingen Max Born, der die strengen, für die Behandlung von Atomproblemen geradezu geschaffenen mathematischen Methoden David Hilberts vermittelte; in Kopenhagen Niels Bohr, der tief um das physikalische Verständnis der Mikrophysik rang.

Diese Lehrer waren von talentierten Schülern umgeben, die sich einen freundschaftlichen Wettbewerb um die Formulierung einer neuen Theorie der Atome lieferten. Denn die Krisensymptome des Bohr'schen Atommodells traten seit 1922 immer deutlicher zutage. Zwar konnte man mit diesem Modell das Spektrum von wasserstoffartigen Atomen berechnen; sobald man die Theorie aber auf Atome mit mehreren Elektronen oder auf Moleküle anwendete, versagte sie. Heisenberg und der etwa gleichaltrige Wolfgang Pauli begannen daher, an der Existenz von Elektronenbahnen im klassischen Sinn zu zweifeln. Bei Heisenberg setzte sich mehr und mehr die Einsicht durch, dass eine Theorie der Atome nur auf messbaren Grössen wie der Frequenz oder der Intensität von Spektrallinien aufbauen dürfe.

Im Juni 1925 gelang ihm dann der Durchbruch: Er schlug vor, die messbaren physikalischen Grössen von atomaren Systemen durch neuartige "quantentheoretische Fourierreihen" zu beschreiben, die im Gegensatz zu den Grössen der klassischen Physik beim Multiplizieren nicht vertauschen. Max Born und Pascual Jordan entwickelten dann aus Heisenbergs Ideen die sogenannte "Matrizenmechanik", die erste systematische Form der Quantenmechanik.

Im Januar 1926 überraschte plötzlich Erwin Schrödinger in Zürich mit einer für praktische Rechnungen gleichwertigen, aber inhaltlich alternativen Theorie. Diese "Wellenmechanik" kam im Gegensatz zur Quantenmechanik scheinbar ohne die 1900 von Max Planck entdeckten diskreten Quantensprünge

aus. Die Pioniere in Göttingen und Kopenhagen waren entsetzt. Wieder fand Heisenberg den Schlüssel zur Erklärung: Im Gegensatz zur makroskopischen Physik lassen sich Impuls und Ort eines Elektrons im Atom nicht gleichzeitig beliebig genau messen. Sowohl aus der Quanten- als auch aus der Wellenmechanik folgt eine "Unbestimmtheitsrelation", die der Messgenauigkeit Grenzen setzt. Folglich verlor das gewohnte Kausalitätsprinzip seine Bedeutung in der Atomphysik. Seither hatten nicht nur Laien, sondern auch Physiker wie Albert Einstein und Erwin Schrödinger die grössten Schwierigkeiten, die Quantenmechanik als die endgültige Theorie in der Mikrophysik zu akzeptieren.

Die Quantenmechanik trat nach 1927 einen grossen Siegeszug an, an dem sich eine wachsende Anzahl von Theoretikern aus aller Welt beteiligten, darunter viele Schüler von Bohr, Born, Heisenberg und Pauli. Heisenberg selbst trug einige Perlen zum Glanz dieser Theorie bei: Mit seinen ersten Leipziger Studenten Felix Bloch und Rudolf Peierls stieg er 1928 auf der Basis der Quantenmechanik in die moderne Theorie der Festkörper ein, mit Pauli begründete er 1929 eine relativistische Quantenfeldtheorie für atomare Prozesse, die mit höchster Energie ablaufen. 1932, nach der Entdeckung des Neutrons, schuf Heisenberg unter der Annahme besonderer Kernkräfte eine Quantentheorie der Atomkerne.

Gemeinsam mit Pauli hing er drei Jahrzehnte dem grossen Traum an, eine einheitliche Theorie der Elementarteilchen zu entwickeln, in der sich alle ihre Eigenschaften berechnen lassen. Hier gelangen aber nur bescheidenere Zwischenschritte. Den letzten gemeinsam ausgearbeiteten Vorschlag, die sogenannte "Weltformel" von 1958, verwarf Pauli kurz vor seinem Tod. Was damals als Hybris Heisenbergs galt, wird seither in anderer Gestalt als "Grand Unified Theory" eifrig verfolgt, aber keiner der bisherigen Entwürfe erfüllt den Traum von Heisenberg und Pauli.

Die Bürde der Wissenschaft

Die Machtübernahme der Nationalsozialisten in Deutschland und ihre rassistischen Massnahmen trieben Heisenberg zunehmend in die wissenschaftliche Isolation und in persönliche Schwierigkeiten. Sie beraubte ihn zunächst der meisten Lehrer und der hoffnungsvollsten Schüler durch Entlassung und Emigration. Er selbst weigerte sich nicht nur, Ergebnisadressen an den Führer Adolf Hitler zu unterzeichnen, sondern setzte sich auch mannhaft für gefährdete Kollegen zu Hause ein und stellte nie seine engen Verbindungen zu jüdischen Kollegen im Ausland ein. Ab 1935 erfolgte der Angriff einflussreicher Vertreter einer "Deutschen Physik" auf die als "jüdisch" diffamierten Relativitäts- und Quantentheorien. Dieses Kesseltreiben gipfelte in der Forderung, als "Statthalter des Einstein'schen Geistes im neuen Deutschland" müsse Heisenberg "ebenso verschwinden wie die Juden selbst". Heisenberg unterzog sich Verhören der Gestapo in Berlin und wurde schliesslich "rehabilitiert", denn "wir können es uns nicht leisten, diesen jungen Menschen tot zu machen" (so schrieb 1938 der oberste SS-Führer Heinrich Himmler).

Obwohl ihm die Nachfolge auf den Lehrstuhl seines Lehrers Sommerfeld verweigert wurde, und er während eines USA-Aufenthalts verlockende Angebote bekam, kehrte er kurz vor Kriegsausbruch nach Deutschland zurück. War er selbst zum

Nazi geworden, wie manche Kollegen mutmassten, ja wollte er sogar die Atombombe für Hitler bauen?

Die Tatsachen und historischen Dokumente belegen das Gegenteil und stützen weitgehend Heisenbergs eigene spätere Darstellung der Gründe. Zu allererst wollte er seine Schüler und Freunde in der Heimat nicht im Stich lassen. Als er zum Geheimprojekt des Heereswaffenamtes einberufen wurde, beteiligte er sich, weil er es für eine wichtige Aufgabe der deutschen Wissenschaft hielt, die Möglichkeit zu prüfen, Energie aus der Urankernspaltung zu gewinnen. Stets betonte er dabei vor seinen Auftraggebern, dass die technischen und ökonomischen Mittel in Deutschland einen Bau von Atombomben nicht erlaubten - und hoffte insgeheim, dass es auch beim Kriegsgegner nicht gelänge.

Man mag nachträglich Heisenbergs Haltung als naiv und zugleich als Zusammenarbeit mit dem Naziregime auslegen, aber jedenfalls änderte er den Widerstand gegen die militärische Nutzung der Kernenergie auch nach dem Zweiten Weltkrieg nicht, wie die "Erklärung der Göttinger Achtzehn" von 1957 belegt, die er mit entwarf.

Im Zusammenhang mit der gegenwärtigen Diskussion um das weltweit erfolgreiche Theaterstück "Kopenhagen" von Michael Frayn sollte man vielleicht betonen, dass sich Heisenbergs Auslandsbesuche im Krieg, den historischen Quellen nach zu urteilen, keineswegs als Propaganda für die Nazis auslegen lassen: Er benützte sie ganz wesentlich, um wissenschaftliche Kontakte aufrechtzuerhalten und um Kollegen in besetzten Ländern zu helfen. Ohne dass er es beabsichtigte, traten dabei auch Missverständnisse auf, die ihn schmerzlich berührten, aber seine optimistische Hoffnung, dass die Beziehungen nach dem Krieg wieder ins Lot kämen, gab er nie auf.

In der westdeutschen Bundesrepublik spielte Heisenberg als Berater von Konrad Adenauer eine aktive Rolle beim Wiederaufbau der nationalen Wissenschaft. Nachdrücklich half er, die internationale Zusammenarbeit zwischen den Physikern zu erneuern. So setzte er sich mit aller Kraft für die Gründungen des europäischen Kernforschungszentrums Cern bei Genf und des Hamburger Beschleuniger-Laboratoriums Desy ein. Als Präsident der Alexander-von-Humboldt-Stiftung lud er Nachwuchswissenschaftler aus aller Welt ins neue, demokratische Deutschland ein.

Physik und Philosophie

Der Physiker Heisenberg beschäftigte sich früh mit den erkenntnistheoretischen Folgerungen aus seinen Ergebnissen. So gelangte er bereits 1927 zu der Überzeugung, das seit Jahrhunderten eingebürgerte Kausalitätsprinzip aufzugeben und die Descartes'sche Trennung von Subjekt und Objekt einzuschränken. Die neue, mathematisch und begrifflich widerspruchsfreie Quantenmechanik veranlasste ihn, tiefer über ihr Verhältnis zu den früheren klassischen Theorien der Physik nachzudenken.

In den Wirren des Zweiten Weltkrieges formulierte Heisenberg seine eigene umfassende Wissenschaftstheorie, die "Ordnung der Wirklichkeit" (1942): eine Darstellung der verschiedenen menschlichen Beschreibungen (oder "Sprachen") der Realität, die aufsteigt von der klassischen Physik über die Quantentheorie (Chemie), Biologie, Psychologie, die Sym-

bole der menschlichen Gemeinschaft (Soziologie) bis zur Kunst. Er betrachtete all diese Beschreibungen als verschiedene, begrifflich abgeschlossene Systeme, die ebenso gleichberechtigt nebeneinander stehen und sich ergänzen wie etwa die naturwissenschaftliche Wahrheit und die religiöse Wahrheit.

Ein besonderes Merkmal der Sprachen erkannte der praktizierende Musiker in ihrer Schönheit und der Verbindung von Klarheit und Tiefe, die Menschen empfinden können. So wandelte sich Heisenberg, der sich in der Jugend entschieden hatte, den Weg der strengen, abstrakten Theorien zu gehen, namentlich in seinen späten Vorträgen zu einem Künstler. Die Physik hatte ihn die zentrale innere Ordnung der Materie gelehrt, die er kurz vor seinem Tod auf folgende Weise mit dem Religiösen verband: "Das Zentrale, das Christliche. Wenn jemand sagen würde, ich sei kein Christ gewesen, der hätte nicht recht. Freilich, wenn jemand sagen würde, ich sei ein Christ gewesen, der würde wohl zu viel sagen." Nach den Massstäben früherer Jahrhunderte sollten wir vielleicht sagen: Er war nicht nur ein grosser Naturwissenschaftler, sondern auch ein grosser Denker und Mensch.

Literatur zu Werner Heisenberg

Es gibt wohl keinen Wissenschaftler des 20. Jahrhunderts, der zu solchen Kontroversen Anlass gibt wie Werner Heisenberg. Dass Heisenberg als Physiker ein Ausnahmetalent war, ist unbestritten. Schon mit 23 Jahren legte er den Grundstein zur Quantenmechanik, und in den folgenden Jahren trug er ganz wesentlich zur Erweiterung und zur Interpretation dieser Theorie bei. Es ist seine Rolle im Dritten Reich und insbesondere seine Verstrickung in das deutsche Atomforschungsprojekt, die einen Schatten auf seine Karriere werfen.

Wer sich näher mit dem Leben und dem Werk dieses außergewöhnlichen Physikers auseinandersetzen möchte, hat ausgiebig Gelegenheit dazu. Rechtzeitig zum Jubiläumsjahr hat der Spektrum-Verlag die Heisenberg-Biographie des amerikanischen Wissenschaftshistorikers David Cassidy neu aufgelegt. Mit seinen fast 800 Seiten ist dieses Buch an Ausführlichkeit kaum zu überbieten. Hier findet der Leser eine minutiöse Darstellung von Heisenbergs wissenschaftlichen Leistungen. Während mancher Biograph aus dem angelsächsischen Sprachraum dem Menschen Heisenberg mit verdeckter bis offener Ablehnung begegnet, ist Cassidy um Verständnis bemüht. Er benennt zwar das oftmals zweideutige und von fragwürdigen Kompromissen geprägte Verhalten Heisenbergs während des Dritten Reichs. Dabei verliert er aber nicht aus dem Auge, welchen politischen Zwängen Heisenberg ausgesetzt war, für den ein Auswandern aus Heimatverbundenheit und aus Sorge um die Physik in Deutschland nicht in Frage kam.

Neu auf dem Markt ist die im Piper-Verlag erschienene Heisenberg-Biographie von Ernst Peter Fischer. Für den Wissenschaftshistoriker ist der junge Heisenberg ein Genie vom

Range Mozarts oder Schuberts. Dieser Vergleich ist nicht nur metaphorisch gemeint. Fischer sieht in Heisenberg einen Künstler, der mit mathematischen Symbolen Melodien komponierte und dabei auf das "Gesetz der Atome" stiess. Doch mit der Machtübernahme der Nationalsozialisten im Jahr 1933 wurden dem Schmetterling die Flügel gestutzt. Unter der Last der politischen Verhältnisse fand der unpolitische Heisenberg keinen Zugang mehr zu seiner kreativen Ader und verstummte als Künstler. Aus dem "selbstvergessenen Genie" - so der Untertitel des Buches - wurde ein pflichtbewusster deutscher Beamter. Schade ist, dass diese Unterscheidung von Fischer dazu benutzt wird, den jungen Heisenberg zu verklären. Die Frage, ob der erwachsene Heisenberg mit den Nazis gemeinsame Sache gemacht hat oder nicht, wird vor diesem Hintergrund für mehr oder weniger unbedeutenderklärt. Damit sollen sich die "Handwerker der Wissenschaftsgeschichte" beschäftigen.

Zu diesen zählt sich die Soziologin und Historikerin Elisabeth Kraus. Im Rahmen ihrer Dissertation, die Anfang des Jahres als Buch aufgelegt wurde, ist sie anhand von Archivmaterial dem Verhalten von Wissenschaftlern nachgegangen, die sich der Verantwortung für die Folgen ihres Schaffens gestellt haben. Die Autorin stellt das Geschehen von der Entdeckung der Kernspaltung 1938 bis zur Göttinger Erklärung im Jahr 1957 (in der sich 18 Naturwissenschaftler gegen eine Aufrüstung der Bundesrepublik mit Atomwaffen aussprachen) aus der Sicht von drei führenden Atomforschern dar. In dem Verhalten von Otto Hahn, dem Entdecker der Kernspaltung, Werner Heisenberg und Carl Friedrich von Weizsäcker, der die treibende Kraft hinter der Göttinger Erklärung war, erkennt die Autorin drei idealtypische Verhaltensmuster: das des Humanisten, des Fachwissenschaftlers und des politischen Wissenschaftlers.

Auch das Theater bietet Möglichkeiten, sich mit der Person Heisenbergs auseinanderzusetzen. An verschiedenen Bühnen wird derzeit das empfehlenswerte Stück "Kopenhagen" von Michael Frayn aufgeführt. Das Stück thematisiert den denkwürdigen Besuch, den Werner Heisenberg 1941 seinem Mentor und Freund Niels Bohr in Kopenhagen abstattete. Das Treffen endete mit einem Zerwürfnis der beiden, und es wird bis heute darüber debattiert, welche Intentionen Heisenberg mit diesem Besuch verfolgte. Auch Frayn offeriert keine einfache Antwort. Vielmehr werden in dem Stück verschiedene Möglichkeiten durchgespielt, wie das Gesprächverlaufen sein könnte. Ein Charakteristikum der Quantenmechanik, nämlich die Unmöglichkeit, definitive Aussagen über das atomare Geschehen zu machen, findet damit auf der Bühne seine "klassische" Entsprechung.

David C. Cassidy: *Werner Heisenberg. Leben und Werk*. Spektrum Akademischer Verlag, Heidelberg/Berlin 2001.

Ernst Peter Fischer: *Werner Heisenberg. Das vergessene Genie*. Piper-Verlag, München 2001.

Elisabeth Kraus: *Von der Uranspaltung zur Göttinger Erklärung. Otto Hahn, Werner Heisenberg, Carl Friedrich von Weizsäcker und die Verantwortung des Wissenschaftlers*. Königshausen & Neumann, Würzburg 2001.