

H
BAYERISCHE AKADEMIE DER WISSENSCHAFTEN

PRIVATSAMMLUNG
Prof. Dr. F. L. Bauer

In Memoriam

Werner Heisenberg

MÜNCHEN 1976

VERLAG DER BAYERISCHEN AKADEMIE DER WISSENSCHAFTEN

In Kommission bei der C. H. Beck'schen Verlagsbuchhandlung München

IN MEMORIAM
Werner Heisenberg

Gedenkworte von Fritz Bopp
in der Plenarsitzung vom 20. Februar 1976

Der Bitte des Präsidenten, zum Gedenken an Werner Heisenberg zu sprechen, komme ich gern nach. Dabei stütze ich mich auf Erinnerungen an Studien und Begegnungen. Eine volle Würdigung der Person und des Werkes müßte ausführlicher sein und auf Quellen basieren.

Beim Namen Heisenberg denkt man zunächst an die Quantenmechanik. Doch beginne ich mit einigen weniger zentralen, aber doch charakteristischen Arbeiten. Das Thema seiner Doktorarbeit stammt von Sommerfeld und betrifft den Vorgang der Turbulenzentstehung in Strömungen. Es sollte untersucht werden, ob man die Erscheinung mit den bekannten Gleichungen der Hydrodynamik erfassen kann. Nach dem Kriege ist Heisenberg zu diesem Thema zurückgekehrt und hat eine neue Version der Theorie der voll ausgebildeten Turbulenz entworfen – vielleicht in Hinblick auf die Bedeutung nichtlinearer Probleme in der Quantenfeldtheorie.

Heisenberg hat nach dem sechsten Semester promoviert, weil weder der Kandidat, noch der Professor durch Studienpläne eingengt waren. Gewiß, das Genie kam dazu. Doch mußte Sommerfeld das erst einmal entdeckt haben. Dazu bedurfte es der frühen Herausforderung.

Als ich während des Krieges an Heisenbergs Berliner Institut kam, hat er gerade über seine Arbeit zur Strahlenführung, zur Fokussierung im damals aufkommenden Beschleuniger, dem Betatron, vorgetragen, mit der Wideroe seine aus dem Jahre 1928 stammende Idee endlich realisieren konnte.

Etwa um die gleiche Zeit ist eine Arbeit entstanden über die elastische Streuung von Neutronen an Wasserstoff, thematisch zur

Kernphysik, methodisch aber zur statistischen Mechanik gehörig. Mathematisch war es eine Anwendung der Funktionentheorie, ein Glanzstück im Geiste von Sommerfeld.

In die Berliner Zeit fällt auch ein richtungsweisendes biophysikalisches Seminar bei Heisenberg. Alle, die in Berlin Rang und Namen hatten bis hin zur Gehirnforschung, waren zusammengekommen, um Themen anklingen zu lassen, die heute en vogue sind. Später haben einige Schüler von Heisenberg den Weg von der Theoretischen Physik zur Biologie gefunden.

Heisenbergs fundamentale Arbeit zur Begründung der Quantenmechanik ist bei Born in Göttingen abgeschlossen worden. Noch heute ist es in Vorlesungen erregend, nicht von fertigen Prinzipien auszugehen, sondern Heisenbergs Weg zu folgen, wie man aus Erfahrungen und noch unvollkommenen Theorien zu deren Vollendung gelangt, wie man dabei von lieb gewordenen Vorstellungen Abschied nehmen muß, die zwar makrophysikalisch Bedeutung haben, die sich aber auf Atome nicht anwenden lassen, weil sie nicht mehr auf Beobachtungen zurückgehen. An der Vollendung der ersten Arbeit von Heisenberg waren Born als erfahrener Mentor beteiligt, dem wir die statistische Deutung der Quantenmechanik verdanken, und Jordan sozusagen als junger moderner Mathematiker. Diese Arbeitsteilung läßt Heisenbergs eigentliche Kraft, die Intuition, in hellem Lichte erscheinen.

Auch in Gesprächen, zu denen er stets bereit gewesen, ist seine intuitive Kraft immer wieder hervorgetreten. Aufmerksam hörte er zu, um dann treffsicher den wesentlichen Punkt zu beurteilen. Bei den Arbeiten am Uranbrenner vervollständigte oft ein einziger Meßpunkt die Lücke in seinen Vorstellungen, so daß er danach beinahe schon quantitativ Schlüsse ziehen konnte.

Mit den Arbeiten der Göttinger, – so stets von ihm zitiert –, war ein Tor geöffnet. Doch sollte nun erst die Arbeit beginnen. Man mußte die Theorie besser verstehen lernen und sie harten Proben unterwerfen.

Letzteres haben zahlreiche Physiker getan. Eine Zeit unerhörter Fruchtbarkeit setzte ein. Wo man hingriff, kam Neues heraus. Bis weit in die Technik hinein gingen die Ausstrahlungen. Heisenberg war daran mit einigen wichtigen Arbeiten beteiligt. So konnte er zeigen, daß sich das He-Problem endlich bewältigen

ließ. Ebenso hat er gezeigt, daß man den Ferromagnetismus quantenmechanisch verstehen kann. Inzwischen sind diese Probleme vollständiger untersucht. Doch ging es zunächst darum, grundsätzlich zu zeigen, daß man die Erscheinungen im Griff hatte.

Von größerer Bedeutung waren jedoch die Kopenhagener Gespräche, in denen „bis zur Erschöpfung“ um die Bedeutung der Quantenmechanik gerungen wurde. Sie führten zur Bohrschen Komplementarität und zur Heisenbergschen Unschärferelation. Um den Ernst der Gespräche zu verstehen, muß man sich erinnern, daß Schrödinger die Wellenvorstellung von DeBroglie zur Wellenmechanik fortentwickelt hat, deren Äquivalenz mit der Quantenmechanik alsbald von mehreren Autoren gezeigt werden konnte.

Wellen erfüllen weite Raumgebiete, bei genau bekanntem Teilchenimpuls sogar den ganzen Raum gleichmäßig. Teilchen sind mehr oder weniger lokalisiert und bestimmen in idealen Grenzfällen exakt einen Punkt. Wie soll beides auf dieselbe Wirklichkeit bezogen sein? Wie soll man diesen in der Vorstellung vorhandenen, mathematisch aber nicht existierenden Widerspruch auflösen?

Bohrs Antwort: Beide Bilder sind unzulänglich. Keines von ihnen stimmt, wenn man sie ganz ernst nimmt. Sie gelten nur als Näherung und sind zwar mathematisch, aber nicht in unserer Vorstellung zu einer widerspruchsfreien Einheit verschmolzen. Zur Erfassung der ganzen Wahrheit sind gegensätzliche Bilder nötig, die erst durch die gegenseitige Begrenzung ihrer Gültigkeit zu einer widerspruchsfreien Einheit verschmelzen. Sie sind also komplementär. Bohr hat in der Folgezeit die Komplementarität als allgemeines Erkenntnisprinzip zu festigen versucht und dazu zahlreiche Beispiele studiert, Begriffspaare wie Leben und Tod, Liebe und Gerechtigkeit und viele andere.

Heisenberg hat sich in diesen Gesprächen der Frage zugewandt, wie gegensätzliche Vorstellungen verträglich werden. Der Schlüssel ist die Unschärferelation. Weder in der klassischen Mechanik, noch in der Quantenmechanik kann man Ort und Impuls oder Ort und Geschwindigkeit gleichzeitig beobachten. Doch erlauben die Gesetze der klassischen Mechanik durch Rückschluß die gleichzeitigen Werte beider Größen zu berechnen, die der Quanten-

mechanik aber nicht. Dieser Unterschied macht es möglich, daß beide Bilder vereinbar werden. Daß der Beweis leicht erbracht werden kann, besagt wenig, solange man nicht weiß, ob man bereits die ganze Wirklichkeit im Griff hat. An zahlreichen denkbaren Experimenten hat Heisenberg gezeigt, daß man sie auf keine Weise umgehen kann.

Das Ergebnis dieser Gespräche ist bis weit in die Philosophie hinein unter dem Namen „Kopenhagener Deutung“ bekannt. Noch lange hat sich Widerspruch geregt. Einsteins Wort: „Gott würfelt nicht!“ ist ebenso bekannt wie die Antwort: „Wer will Gott vorschreiben, wie er die Welt geordnet hat?“ Heute ist das Rumoren nur noch leise. Angesichts der enormen Erfolge schert man sich kaum um philosophische Zweifel. Oft versteht man nicht mehr, warum man sich bis zur Erschöpfung gestritten hat, vielleicht weil man es gelernt hat, von allem Anfang an quantenmechanisch zu denken. Einen Weg zurück wird es nicht geben, wohl aber einen weiteren Vertiefung. Auch dazu könnte Heisenberg den Weg gewiesen haben.

Zuvor jedoch ein Wort zur Kernphysik: Sie geht auf Rutherford's Entdeckung der Atomkerne (1911) zurück. Doch ist die Quantenmechanik des Atomkerns erst nach der Entdeckung des Neutrons und nach der sich alsbald bewährenden Hypothese von Heisenberg und von Ivanenko zur Entfaltung gekommen, Neutronen seien wie Protonen Kernbausteine. In knapp sieben Jahren ist aus den Anfängen das hervorgegangen, was heute alle Welt miterlebt hat. Heisenbergs Neutronenarbeit geht in einem Punkt über die von Ivanenko hinaus. Er betrifft weniger die Physik der Atomkerne als die der Elementarteilchen.

Zunächst jedoch dies: Während des Krieges hat Heisenberg am „Uranbrenner“ gearbeitet, wie wir damals gesagt haben, an der Energieerzeugung durch Kernspaltung. Nach welchen Prinzipien man eine Bombe zu bauen hätte, war bereits bekannt, als ich 1941 ans Berliner Institut kam. Doch fehlte es am Willen, aber auch an den technischen und ökonomischen Möglichkeiten, an der Atombombe zu arbeiten. Vielleicht war es eine glückliche Fügung, daß äußerer Mangel uns davor bewahrt hat, ernsthaft vor die letzte Entscheidung gestellt zu sein, Ja oder Nein zu sagen. Heisenbergs Meinung dazu, über die nie gesprochen worden ist, war mir bald

klar geworden. Sie hat sich später in der Erklärung der Göttinger Achtzehn niedergeschlagen.

Zurück zur Neutronenarbeit: Neutronen sind in freier Natur instabil. Jeweils die Hälfte geht in rund einer Viertelstunde in Protonen über. Im Atomkern sind sie dagegen im allgemeinen stabil, weil man im Kern nicht mehr von Protonen und Neutronen sprechen kann, sondern nur noch von Nukleonen, die bald die eine und bald die andere Natur haben. Proton und Neutron erscheinen nur als zwei Zustände eines Teilchens.

Heisenberg hat bereits damals klar gesehen, daß das überkommene Materiebild ins Wanken gerät, wie die Einführung des Begriffs Nukleon zeigt. Materie besteht nicht mehr aus unveränderlichen Teilchen. Diese sind vielmehr Gebilde, die sich ständig umwandeln können und deren Verhalten durch Gesetze, insbesondere durch Symmetriegesetze bestimmt ist. Nicht die Beständigkeit der Teilchen garantiert die der Welt. Beider Beständigkeit ist vielmehr Folge der Gesetze, welche das Geschehen beherrschen.

Die bereits 1934 einsetzenden Entdeckungen der Erzeugung neuer Teilchen haben insbesondere nach dem Bau von Teilchenbeschleunigern wachsender Energie eine neue Welt voller reicher Strukturen erschlossen. Sie hat das Konzept Heisenbergs mehr und mehr bestätigt und in den Fünfzigerjahren zu jener Theorie geführt, die unter dem Namen „Weltformel“ in der Presse herumgeistert. In Wahrheit handelt es sich um einen ersten Versuch, das neue Teilchenbild faßbar zu machen. Nicht das Mathematische, das Philosophische steht im Vordergrund. Es sollte die Welt ähnlich bewegen, vielleicht noch tiefer als einst die Quantenmechanik.

Doch ist die Theorie noch heftig umstritten und wird geradezu emotionell abgelehnt. Das mag viele Gründe haben. Einer besteht darin, daß die Intuition der mathematischen Vollendung vorausgeeilt ist. Ein anderer zeigt sich, wenn man gegenwärtige Versuche vor Augen hat, den Atomismus alten Stils zu retten. Man kämpft um das vertraute Weltbild, das existentielle Bedeutung haben mag. Wer die Entwicklung der Heisenbergschen Ideen mehr als drei Jahrzehnte lang mit innerer Anteilnahme verfolgen durfte, empfindet tiefen Schmerz über das, was geschehen ist. Aber er zweifelt nicht an einer glücklichen Wende, weil Heisen-

bergs Konzept tief in den Grundlagen der Quantenphysik verankert ist, an denen zu zweifeln kein Anlaß besteht.

Kraft seiner Stellung und dank seines Ansehens hat Heisenberg stets Verantwortung für das Geschehen in der Wissenschaft und in der Welt gespürt. Seinen Entschluß, trotz aller Anfechtungen nach 1933 um der Jungen willen in Deutschland zu bleiben, haben diese ihm gedankt. Seine draußen arg mißverstandenen Auslandsreisen während des Krieges gehören ebenso dazu wie sein Beitrag zum Wiederaufbau der Wissenschaft nachher. Niemand hätte es ihm verargt, hätte er die Förderung des Baus von Forschungsreaktoren anderen überlassen. Doch ist es seinem Prestige zu verdanken, daß es so bald dazu kam. Es war eine herbe Enttäuschung, daß Parteiquerelen zur Entscheidung geführt haben, den Reaktor in Karlsruhe zu bauen. Doch mochte es der Teilchenphysik zum Vorteil gereicht haben, daß Heisenberg sich nun für den Bau vom CERN und vom DESY mit voller Kraft einsetzen konnte. Dessen sollte man sich erinnern, bevor man seine Skepsis gegen weiterreichende Pläne verurteilt.

Nicht vergessen kann ich den tiefen Schmerz, den er noch nach vielen Jahren über seinen im Krieg als Wetterflieger verschollenen hochbegabten und feinsinnigen Schüler Euler empfunden hat, auch nicht seine Freude bei der Entdeckung junger Talente. Was Musik ihm bedeutet hat, auch die eigene, ist weithin bekannt. Auch kleine Episoden kennzeichnen seine Persönlichkeit, so wenn er nach Bombenangriffen in Berlin als Erster das Institutsdach reparierte.

Ein fast heiteres Zwischenspiel mit ernstem Hintergrund sei am Rande erwähnt. Als die Amerikaner das Hechinger Institut besetzt hatten, öffnete der Oberst Heisenbergs Schreibtischschublade und fand ein Bild: Heisenberg Arm in Arm mit Fermi und Goudsmit abschiednehmend vor der Rückfahrt nach Deutschland schon nach Ausbruch des Krieges. Der Oberst erschrak und ließ drei Tage lang den wissenschaftlichen Berater seiner Truppe vom CIC überprüfen, Herrn Goudsmit. Nur schwer konnte der Oberst verstehen, daß Physikerfreundschaften weltweit sind und was der Krieg an menschlichen Bindungen zerstört hat.

Doch kehren wir zurück zu seinem Werk. Kaum können wir es besser kennzeichnen als mit einem Wort von Hermann Weyl (von

ihm auf die Relativitätstheorie bezogen, hier aber womöglich noch mehr zutreffend): „Wer auf den durchmessenen Weg zurückschaut, . . . wer in einem einzigen Blick das Ganze zu umspannen sucht, . . . muß von dem Gefühl errungener Freiheit überwältigt werden Ein paar Grundakkorde jener Harmonie der Sphären sind in unser Ohr gefallen von der Pythagoras und Kepler träumten.“