

## **Wovon man nicht sprechen kann...**

*Zum 100. Geburtstag des großen Atomphysikers Werner Karl Heisenberg*

Birgit Bomfleur, ScienceUp Sturm und Bomfleur GbR,  
Camerloherstr. 19, D-85737 Ismaning  
www.ScienceUp.de

*Einer der größten Physiker wäre im vergangenen Monat 100 Jahre alt geworden: Werner Karl Heisenberg, geboren in Würzburg am 5.12.1901, ist Mitbegründer der Quantenmechanik.*

### **Auf der Suche nach ungeahnten Möglichkeiten**

Was denn nun? Physik oder Musik? Für den Musikliebhaber und Pianisten Heisenberg war die Entscheidung - hier ganz Logiker - eindeutig: Er wollte ein fruchtbares Feld bestellen, säen und ernten. Und das war seiner Meinung nach in der „ernsten Musik“ um 1920 nicht möglich. Er konnte hier keinen Fortschritt entdecken, empfand sie als „schwächlich“ und unbefriedigend. Ganz anders die Physik: „Hier, glaube ich, eröffnet sich ein noch unübersehbares Neuland, und wahrscheinlich werden mehrere Generationen von Physikern zu tun haben, um die endgültigen Antworten zu finden.“

Der junge Heisenberg begann 1920 sein Physikstudium an der Münchner Ludwig-Maximilians-Universität. (Amüsante Fußnote: Eigentlich war die Mathematik Heisenbergs Lieblingsfach - und der Vater stellte seinem Werner häufig mathematische Aufgaben in lateinischer Sprache, damit jener das Fach Latein nicht vernachlässigte.) Schon drei Jahre später, 1923, hatte Heisenberg bei Arnold Sommerfeld promoviert - nach unglaublichen sechs Semestern Studium! (Eigentlich wäre er noch schneller gewesen, aber die Mindest-Studienzeit war auf drei Jahre beschränkt.) Es folgte 1924 die Habilitation bei Max Born in Göttingen, und dann setzte er seine wissenschaftliche Karriere an bedeutenden Zentren für Quantenmechanik fort: München, Göttingen, Kopenhagen. 1927 übernahm der 25-jährige Heisenberg eine Professur in Leipzig. 1937 heiratete er Elisabeth Schumacher, die ihn im Januar dieses Jahres im Hause eines gemeinsamen Freundes Klavierspielen hörte. Bereits einige Monate später läuteten die Hochzeitsglocken, und Elisabeth hatte „in den kommenden Jahren mit großer Tapferkeit alle Schwierigkeiten und Gefahren mit mir geteilt. So war ein neuer Anfang gesetzt, und wir konnten uns darauf einrichten, das herannahende Unwetter gemeinsam zu bestehen“, so Heisenberg zwei Jahre vor Beginn des Zweiten Weltkriegs. Aus ihrer Ehe gingen sieben Kinder hervor.

Im Zweiten Weltkrieg arbeitete er mit weiteren führenden Wissenschaftlern wie Otto Hahn und Carl Friedrich von Weizsäcker für das Heereswaffenamt in Berlin, um die Kernspaltung zu untersuchen. Vermutlich hielt Heisenberg den Bau einer Atombombe für möglich, aber nicht in einer derart schnellen Zeit. - Heisenberg scheint nie mit den Nazis sympathisiert zu haben,

wurde 1937 diffamiert, im NS-Hetzblatt „Das schwarze Korps“ als „Weißer Jude“ bezeichnet, weil er unter anderen seine jüdischen Kollegen Albert Einstein und Lise Meitner schützte. Nach Kriegsende wurde Heisenberg in England interniert und war anschließend - von 1946 bis 1957 - Direktor des Max-Planck-Instituts für Physik und Astrophysik in Göttingen. Seine Karriere endete, wo sie begann: in München. Dort hatte er dieselbe Position von 1958 bis 1970 inne. Er starb 1976 im Alter von 74 Jahren in München. Werner Karl Heisenberg erhielt den Nobelpreis im Jahre 1933 für seine Arbeiten zur Quantenmechanik.

### **Hochsprung? Weitsprung? Quantensprung?**

„Gott würfeln nicht!“, sagt Einstein. „Gott springt nicht!“, hätte Heisenberg wohl eher gesagt, um die alte Theorie der Quantenmechanik zu kritisieren, die seine Lehrer Sommerfeld und Niels Bohr Anfang des 20. Jahrhunderts entwickelt hatten. Nach deren Theorie springt ein Elektron in einem Atom zwischen Quantenbahnen hin und her, wenn es Lichtquanten - also Energie - aufnimmt und wieder abgibt. Eine Theorie, die mit der Zeit immer brüchiger wurde, und Heisenberg wie auch sein Freund und Kollege Wolfgang Pauli gehörten zu jenen Physikern, die sich mit dieser Erklärung nicht mehr zufrieden gaben: „Denn wir berechnen zwar eine Bahn nach der klassischen Newtonschen Mechanik, dann aber geben wir ihr durch die Quantenbedingungen eine Stabilität, die sie nach eben dieser Newtonschen Mechanik nie besitzen dürfte; und wenn das Elektron bei der Strahlung von einer Bahn in die andere springt - das wird ja behauptet-, so sagen wir lieber gar nichts mehr darüber, ob es hier Weitsprung oder Hochsprung oder sonst irgendwas Schönes macht. Also muss doch die ganze Vorstellung von der Bahn des Elektrons im Atom Unsinn sein. Aber was dann?“, fragte Heisenberg. Und stellte fest, dass man gar nicht nach den Bahnen der Elektronen im Atom fragen dürfe. Nein, zur Beschreibung physikalischer Sachverhalte dürften nur Größen herangezogen werden, die man auch tatsächlich beobachten kann.

Bei einer steifen Brise auf Helgoland - wir schreiben das Jahr 1925 - gelang Heisenberg dann der lang ersehnte Durchbruch zur Quantenmechanik: zwar noch nicht fertig ausgearbeitet, aber fest im Kopf verankert: „Ich hatte das Gefühl, durch die Oberfläche der atomaren Erscheinungen hindurch auf einen tief darunter liegenden Grund von merkwürdiger innerer Schönheit zu schauen, und es wurde mir fast schwindelig bei dem Gedanken, dass ich nun dieser Fülle von mathematischen Strukturen nachgehen sollte, die die Natur dort unten vor mir ausgebreitet hatte“, sagte Heisenberg später. Er schuf die mathematische Grundlage zur Berechnung der verschiedenen Zustände eines Atoms und die Übergangswahrscheinlichkeit von einem Zustand in den nächsten. Die Elektronen kreisen demnach nicht auf festen Bahnen um den Atomkern, „springen“ also nicht von einer Spur auf die nächste wie unvorsichtige Autofahrer. Aber auch Heisenberg konnte den Atom-Verkehr nicht in Worten erklären: Was das Elektron nun genau ist und macht, bleibt irgendwo im Nebel vor der Küste Helgolands...

Auf Heisenbergs mathematischem Grundgerüst fußt die „Matrizenmechanik“, eine bis heute gültige mathematische Formulierung der Quantenmechanik. Sie wurde von Heisenberg, Pascual Jordan und Born entwickelt. Doch es gab noch andere Ansätze, die mathematisch äquivalent sind: So formulierte etwa Ernst Schrödinger 1926 die „Wellenmechanik“, die einen großen Vorteil gegenüber der abstrakten Matrizenmechanik hat: Sie ist leichter anwendbar.

Mathematische Sprache? Abgehakt. Quantenmechanische Deutung? Verzwickt. Bis heute. Die Welt der Quanten lässt sich nicht bildhaft darstellen, die Vorgänge auf atomarer Ebene entziehen sich unserer Sprache wie „Teilchen“ und „Welle“. Es ließ sich also prinzipiell alles berechnen, aber nichts erklären. Dies führte zu viel frischem Wind in der Atomtheorie: So wurde Schrödingers Deutung seiner „Wellenmechanik“ noch im gleichen Jahr (1926) von Borns „statistischer Deutung“ abgelöst, für die Born später den Nobelpreis erhielt. Bohr entwickelte den Begriff der Komplementarität: In einem Experiment schließen sich verschiedene physikalische Phänomene aus, zum Beispiel Welleneigenschaft und Teilcheneigenschaft.

Heisenberg entdeckte die nach ihm benannte „Heisenbergsche Unschärferelation“, die etwas ganz Ungewöhnliches in die Physik einführte: die Unbestimmtheit. Er stellte fest, dass die Messgenauigkeit bei Experimenten - unabhängig von der Qualität der Apparaturen - beschränkt ist. Dass man den Ort und den Impuls eines Teilchens grundsätzlich nicht gleichzeitig exakt messen kann: Je genauer die Messung des Orts, desto ungenauer die des Impulses und umgekehrt.

Egal ob Unschärferelation, statistische Interpretation oder Komplementarität: Die Aussagen sind zwar nicht identisch, aber ineinander verwoben. Und alle führen zum gleichen Ergebnis: Die klassische Physik wird auf den Kopf gestellt. Newtons deterministisches Weltbild - alles ist voraussagbar, da alles messbar ist -, das seit Max Planck zu Beginn des 20. Jahrhunderts mehr und mehr ins Wanken geriet, ist gekentert. Nicht aufregen, liebe Baustatiker: Newtons Gesetze sind weiterhin gut anwendbar - die Äpfel fallen weiterhin nach unten...

Birgit Bomfleur

*Die Zitate des Artikels stammen aus: Werner Heisenberg: „Der Teil und das Ganze. Gespräche im Umkreis der Atomphysik.“, Piper Verlag 1996, 287 S., ISBN: 3492222978.*

*Weitere Infos zur Interpretation der Quantenmechanik im Quanten.de-Newsletter September/Oktober 2001 unter [www.Quanten.de/schroedingers\\_katze.html](http://www.Quanten.de/schroedingers_katze.html).*

© 2002 ScienceUp Sturm und Bomfleur GbR, Alle Rechte vorbehalten. Nichtkommerzieller Nachdruck und Wiedergabe gestattet bei Quellenangabe ScienceUp Sturm und Bomfleur GbR, [www.ScienceUp.de](http://www.ScienceUp.de).