

Ernst Peter Fischer

# Werner Heisenberg – ein Wanderer zwischen zwei Welten



Springer Spektrum

## Werner Heisenberg – ein Wanderer zwischen zwei Welten



**Ernst Peter Fischer** ist Naturwissenschaftler und Professor für Wissenschaftsgeschichte an den Universitäten Konstanz und Heidelberg. Er ist Autor zahlreicher Bücher, darunter des Bestsellers *Die andere Bildung* (2001) und einer *Max-Planck-Biographie* (2007) sowie der beiden

Springer Spektrum-Titels *Wie der Mensch die Welt neu erschaffen hat* und *Unzerstörbar*. Für seine Arbeit wurde er mit mehreren Preisen geehrt, unter anderem erhielt er den Sartorius-Preis der Akademie der Wissenschaften zu Göttingen.

Ernst Peter Fischer

# Werner Heisenberg – ein Wanderer zwischen zwei Welten

Herausgegeben von der Heisenberg  
Gesellschaft e. V.



Springer Spektrum

Ernst Peter Fischer  
Heidelberg,  
Deutschland

ISBN 978-3-662-43441-3  
DOI 10.1007/978-3-662-43442-0

ISBN 978-3-662-43442-0 (eBook)

Die Deutsche Nationalbibliothek verzeichnet diese Publikation in der Deutschen Nationalbibliografie; detaillierte bibliografische Daten sind im Internet über <http://dnb.d-nb.de> abrufbar.

Springer Spektrum

Springer-Verlag Berlin Heidelberg 2015

Das Werk einschließlich aller seiner Teile ist urheberrechtlich geschützt. Jede Verwertung, die nicht ausdrücklich vom Urheberrechtsgesetz zugelassen ist, bedarf der vorherigen Zustimmung des Verlags. Das gilt insbesondere für Vervielfältigungen, Bearbeitungen, Übersetzungen, Mikroverfilmungen und die Einspeicherung und Verarbeitung in elektronischen Systemen.

Die Wiedergabe von Gebrauchsnamen, Handelsnamen, Warenbezeichnungen usw. in diesem Werk berechtigt auch ohne besondere Kennzeichnung nicht zu der Annahme, dass solche Namen im Sinne der Warenzeichen- und Markenschutz-Gesetzgebung als frei zu betrachten wären und daher von jedermann benutzt werden dürften.

Planung und Lektorat: Merlet Behncke-Braunbeck, Bettina Saglio

Redaktion: Dr. Birgit Jarosch

Einbandentwurf: deblik, Berlin

Gedruckt auf säurefreiem und chlorfrei gebleichtem Papier

Springer Spektrum ist eine Marke von Springer DE. Springer DE ist Teil der Fachverlagsgruppe Springer Science+Business Media  
[www.springer-spektrum.de](http://www.springer-spektrum.de)

# Vorsatz

Ich habe einen Traum. Ich träume davon, dass man in Deutschland mehr über Werner Heisenberg und weniger über Martin Heidegger spricht, die beide bis 1976 gelebt haben. Heisenberg statt Heidegger – Lebensfreude statt Seinsvergessenheit, wissenschaftliche Kreativität anstelle von ontologischer Grübelei – das wäre ein Gewinn für Kultur und Bildung im Land der Dichter und Denker. Dieser Gewinn bleibt jedoch aus, solange weiter dem Satz von Heidegger „Die Wissenschaft denkt nicht“ nachgegrübelt wird. Der Philosoph versteht nicht, was Heisenberg denkt und in ihm vorgeht, wenn sich sein Sinnen den Atomen zuwendet. Dabei lohnt es sich, produktiven Physikern wie Heisenberg bei der geistigen Arbeit zuzuschauen, um sich von ihnen unter anderem erklären zu lassen, dass das mit den Quantensprüngen nicht so einfach ist, wie es in öffentlicher Rede klingt. Paradoxerweise stabilisiert die Natur ihre Atome – ihre immaterielle Seinsgrundlage – mit den heute viel zitierten Quantensprüngen, die Heisenberg als Erster verstehen konnte und die bis heute das Denken beschäftigen. Sie machen die kleinste Änderung nahe am Nichts aus, die möglich ist. Die meisten Quantensprünge gehen dabei nach unten und bringen die Atome in einen Grundzustand,

in dem schließlich die Ruhe herrscht, die niemand will, der ein Unternehmen führt. Wenn im öffentlichen Raum mehr von Heisenberg die Rede ist, dann könnte man im Laufe des dazugehörigen Lernens verstehen, was einen Quantensprung so geheimnisvoll und unfassbar macht und dabei trotzdem den Atomen und den Dingen ihre Möglichkeiten gibt. Man kann trotz der philosophischen Warntafeln über den Quantensprung nachdenken – am besten auf den Spuren von Heisenberg.

# Dank

Der Autor dankt der Heisenberg-Gesellschaft herzlich für die Möglichkeit, die vorliegende Biographie zu schreiben. Die Fertigstellung ist durch die intensive und engagierte Zusammenarbeit mit dem Vorsitzenden der Gesellschaft, Konrad Kleinknecht, erleichtert worden, der unermüdlich – auch mit dankenswerter Hilfe der Familie Heisenberg – nach Heisenberg-Dokumenten gesucht und den Text durch viele Vorschläge bereichert hat. Besonderer Dank gilt daneben Bettina Saglio, deren ansteckend freundlicher Optimismus selbst vertrackte Nachbesserungen als gut und zuverlässig durchführbar erkennen ließ. Der Autor freut sich, dass auch dieses Buch in Heidelberg erscheinen kann, und er dankt Merlet Behncke-Braunbeck, die für die Kontakte zum Springer Verlag gesorgt hat.

Heidelberg  
im August 2014

Ernst Peter Fischer



# Inhalt

<b>Vorsatz</b> .....	V
<b>Dank</b> .....	VII
<b>Inhalt</b> .....	IX
<b>1</b> <b>Einblick: der Wanderer</b> .....	1
1.1 Freiheitsgrade bei Zahlen .....	3
1.2 Freiheitsgrade beim Erzählen .....	9
<b>2</b> <b>Eine Nacht auf Helgoland</b> .....	11
2.1 Sonnenaufgang über dem Meer .....	12
2.2 Eine Welt voller Atome .....	16
2.3 Vom Teilen der Atome .....	22
2.4 Mehr Licht auf vielen Linien .....	27
2.5 Keine Rede mehr von Bahnen .....	33
2.6 Nacht auf Helgoland .....	38
<b>3</b> <b>Keine Ruhe nirgends</b> .....	53
3.1 Die Ruhe vor den Stürmen .....	59
3.2 Am Anfang des 20. Jahrhunderts .....	61
3.3 Die Verwandlung der Welt im Kleinen .....	66
3.4 Die Jahre in München vor dem Studium .....	68
3.5 Die romantische Jugendbewegung .....	72
3.6 Die Entscheidung für die Physik .....	77

<b>4</b>	<b>Kesse Quantensprünge</b> .....	81
4.1	Herz über Kopf. ....	84
4.2	Der gesunde Menschenverstand. ....	90
4.3	Die rätselhafte Bewegung der Elektronen. ....	92
4.4	Etwas Zahlenmystik .....	97
4.5	Heisenbergs erster kühner Vorschlag .....	100
4.6	Der stolze Jüngling .....	105
<b>5</b>	<b>Drei Lehrer und ihr Schüler</b> .....	109
5.1	Bohr kommt nach Göttingen .....	114
5.2	Melancholie nach der Euphorie .....	121
5.3	Etwas ganz anderes und ziemlich Dummes .....	126
5.4	Schwere Zeiten zum Ersten .....	130
5.5	Schwere Zeiten zum Zweiten .....	133
5.6	Vergnügen in Kopenhagen, Verdruss in Göttingen .....	138
5.7	Der Wanderer zwischen beiden Welten .....	140
<b>6</b>	<b>Leben mit zwei Welten</b> .....	143
6.1	Ein Versuch, die alte Welt zu retten .....	145
6.2	Klassisch nicht beschreibbare Zweideutigkeiten ...	148
6.3	Die Welt und ich – wir beide .....	151
6.4	Matrizen statt Zahlen .....	154
6.5	Im Frühjahr 1926 .....	160
6.6	Wellen und Widersprüche .....	164
6.7	Die Kopenhagener Deutung .....	169
6.8	Solvay, 1927 .....	178
<b>7</b>	<b>Ein junger Professor</b> .....	183
7.1	Die Bescheidenheit des Physikers .....	185
7.2	Philosophie im Taxi .....	188
7.3	Von vorne anfangen .....	190
7.4	Das Schweigen der Philosophen .....	196
7.5	Physik in Leipzig .....	197

7.6	Austauschkräfte und Felder . . . . .	204
7.7	Ein seltsamer Mann . . . . .	207
<b>8</b>	<b>Der Nobelpreis und die Zeit der Nazis . . . . .</b>	<b>215</b>
8.1	Frühling in Kopenhagen . . . . .	216
8.2	Erste Ehrungen und Unbehagen. . . . .	224
8.3	Die Kinder der von Weizsäckers . . . . .	229
8.4	Die Zeit der Zerstörungen . . . . .	232
8.5	Elisabeth . . . . .	240
8.6	Himmlers Hilfe . . . . .	244
<b>9</b>	<b>Der Atomkern und seine Energie . . . . .</b>	<b>249</b>
9.1	In einem Laboratorium in Berlin. . . . .	249
9.2	Auf dem Weg zur Kernspaltung. . . . .	251
9.3	Heisenberg und Oppenheimer . . . . .	254
9.4	„Als Chemiker müssen wir sagen ...“ . . . . .	258
9.5	Die Heimat und ein Urfeld . . . . .	262
9.6	Der Uranverein und das Manhattan-Projekt . . . . .	265
9.7	Heisenbergs Haltung . . . . .	273
9.8	Kein Gespräch in Kopenhagen . . . . .	276
9.9	Eine Entscheidung in Berlin. . . . .	278
9.10	Ordnung der Wirklichkeit. . . . .	280
9.11	Eine merkwürdige Sicht der Dinge. . . . .	290
9.12	Der lebensgefährliche Weg nach Hause . . . . .	294
9.13	Ein Blick in eine schönere Welt. . . . .	299
<b>10</b>	<b>Endlich nach München . . . . .</b>	<b>303</b>
10.1	Versuche eines Neuanfangs . . . . .	307
10.2	Arbeit am Wiederaufbau . . . . .	309
10.3	Eine Weltformel. . . . .	314
10.4	Der letzte Lebensabschnitt . . . . .	317

<b>11</b>	<b>Schritte über Grenzen</b> .....	321
	11.1 Goethe und Newton .....	322
	11.2 Die moderne Urpflanze .....	329
	11.3 Die Einheit der Natur .....	333
	11.4 Das Schöne und das Biest .....	338
	11.5 Die Reise ins Innere .....	341
	11.6 Ausblick: Zwischen den Welten .....	346
	<b>Anhang</b> .....	349
	<b>Glossar</b> .....	363
	<b>Index</b> .....	369

# 1

## Einblick: der Wanderer

Wenn der Name Werner Heisenberg (Abb. 1.1) vielen Menschen in Deutschland nicht viel sagt, dann ist dies kein Qualitätsmerkmal der Kultur im Land der Dichter und Denker, sondern ein Anlass zur Trauer. Immerhin konnte Heisenberg, der 1901 in Würzburg geboren wurde und 1976 in München gestorben ist, als erster Mensch zu der Sprache finden, in der Atome beschrieben und ihre Quantensprünge verständlich werden können. Er hat damit nicht nur maßgeblich ein neues Bild des Wirklichen gezeichnet und zu einem der wichtigsten philosophischen Ereignisse der Moderne beigetragen. Er hat auf diese Weise auch absichtslos den Grundstein zur Entwicklung der Halbleitertechnik gelegt, die etwa vom Silicon Valley aus mit den Transistoren das digitale Zeitalter ermöglicht haben und deren Produkte wesentlich zum globalen Wirtschaftswachstum beitragen. Ohne Heisenberg gäbe es das iPhone nicht.

Die von ihm in jungen Jahren geschaffene Physik steht für sich als faszinierendes Werk eines erstaunlich einfallsreichen Menschen da. Sie hat darüber hinaus aber auch „grundlegende philosophische, ethische und politische Probleme neu zur Diskussion gestellt“, wie Heisenberg in seiner Autobiografie *Der Teil und das Ganze* geschrieben



**Abb. 1.1** Werner Heisenberg, 1925. (© B. Blum-Heisenberg)

hat, die 1969 erschienen ist und den Leser an „Gesprächen im Umkreis der Atomphysik“ teilhaben lässt. An ihnen sollte „ein möglichst großer Kreis von Menschen“ teilnehmen, wie Heisenberg es sich erhofft hatte, ohne dass dieser Wunsch bislang in Erfüllung gegangen ist. Für Menschen, die vorhaben, diesen Kreis und sich über die Naturwissenschaften zu bilden, ist dieses Buch geschrieben. Es verankert Heisenbergs Kreativität in seiner erstaunlichen Fähigkeit, in seinem Denken und Leben stets eine zweite – die andere – Dimension zu finden, die zum Blick auf die Wahrheit gehört. Und er kann zwischen den dazugehörigen Welten wandern. Heisenberg ist ein Wanderer – in seinem persönlichen Leben in den Bergen und Tälern seiner Heimat und in seinem Denken zwischen seiner aufwühlenden Physik und der geliebten Musik, die ihm das Gefühl gibt, ein sinnvolles

Leben zu führen, wie er es selbst in Briefen ausdrückt. Während er tief eintaucht in das rationale Wesen seiner strengen Wissenschaft, erlebt er zugleich voller Erregung die romantische Gefühlswelt des produktiven Künstlers. Als seine aufwirbelnde Gedankenwelt ihn eines Nachts ganz nah an die Atome und ihr Geheimnis heranführt, öffnet sich in seinem Inneren plötzlich eine neue Dimension der Zahlenwelt, mit deren Hilfe dann zu beschreiben möglich wird, wie die kleinste Welt aussieht und was sie zusammenhält. Atome zu verstehen gelingt mit der besonderen Blickrichtung (Dimension), in die erst Heisenberg allein zu schauen vermag, weil er solch eine andere Dimension aus seinem Leben kennt. Er kann sie später anderen Menschen zeigen, die mit ihr dann ebenfalls zu den Atomen gelangen und die Welt in Bewegung halten.

Diese besondere Dimension der Zahlen soll an dieser Stelle zur Einstimmung erläutert werden, obwohl oder vielleicht weil sie ungewohnt ist. Sie wird aber benötigt, wenn man Heisenbergs geniale Leistung und die Folgen für die Welt von ihren geistigen Grundlegungen her verstehen will. Das Sein, das Menschen kennen, wird nämlich von Zahlen bestimmt, die nicht dazugehören. Sie muss man sich eigens erwandern, und Heisenberg hat den Weg zu ihnen gefunden.

## 1.1 Freiheitsgrade bei Zahlen

Menschen lieben ihre Freiheit, und die Wissenschaft kann mithilfe von Freiheitsgraden ein wenig über das Ziel ihrer Wünsche Auskunft geben. Wer sich etwa in einem Haus

oder genauer in einem seiner Zimmer aufhält, kann in ihm nach rechts oder links gehen, er kann sich vorwärts oder rückwärts bewegen und er kann mithilfe von Treppen auf- oder absteigen. Das ergibt zusammen drei Freiheitsgrade, die in der Schule als Koordinaten mit den Buchstaben  $x$ ,  $y$  und  $z$  bezeichnet werden und dann Dimensionen heißen. Der Raum hat demnach drei Dimensionen, wie leicht zu merken ist, und mit dem Wort „Raum“ ist der gesamte Weltraum gemeint, in dem es auch Objekte gibt, die weniger Freiheitsgrade zulassen. Gemeint sind die Gegenstände der Geometrie. Eine Linie kennt nur eine Dimension, und eine Fläche verfügt über zwei, die Breite und Länge heißen und die man auf den ersten Blick auch einem Fußballfeld zuweisen würde. Aber natürlich wächst auf solch einem Sportplatz der Rasen überall in die Höhe, und diese dritte Dimension ist außerdem unerlässlich, wenn auf dem vier-eckigen Feld mit einem Ball gespielt werden soll.

Nun haben nicht nur Felder und Häuser ihre Dimensionen, sondern überraschenderweise auch Zahlen. Das heißt, zunächst haben Zahlen nur einen Freiheitsgrad und eine Richtung, in der man sie zählen kann, und zwar so, wie es jeder kennt – 1, 2, 3, 4, 5 und immer so weiter mit den natürlichen Zahlen, ohne dass eine Grenze erreicht würde. Die Fachleute – die Mathematiker – sprechen dabei vom Zahlenstrahl, und auf ihm liegen alle Zahlen, die man so aus dem Alltag und der Schule kennt – positive und negative Zahlen, Bruch- und Primzahlen und Wurzeln zum Beispiel, die alle zusammen in der deutschen Sprache als reelle Zahlen bezeichnet werden (während sie im Englischen *real*, also *real* heißen). „Reell“, das bedeutet im allgemeinen Sprachgebrauch „anständig“ und „ehrlich“, und das bedeu-



tet es dann auch bei den Zahlen. Mit den reellen Zahlen kann man anständig und ehrlich etwas messen und vergleichen – die Länge von Stäben, die Höhe der Temperatur, die Wechselkurse von Währungen, das Datum und vieles mehr – alles reelle Zahlen, die dafür angegeben werden können und den Menschen tagtäglich Auskunft geben und Informationen verschaffen.

Mehr als tausend Jahre lang – bis in das Zeitalter der Renaissance hinein – gaben sich Menschen mit dieser einen reellen Dimension zufrieden, bevor zum ersten Mal bemerkt wurde, dass die Zahlen dem Denken noch einen zweiten Freiheitsgrad anbieten. Sie bilden nicht bloß eine gerade Linie, sondern eine elegante Ebene, wie in der Geschichte der abendländischen Kultur allerdings nur mühsam erkannt und verstanden wurde und wie jedem bis heute Probleme bereiten wird, der sich darauf zum ersten Mal einläßt. Die Mühe lohnt aber.

Am Anfang ging es wie sooft darum, Gleichungen zu lösen, was etwa bei  $x - 1 = 0$  mühelos gelingt. Die Unbekannte  $x$  ist in diesem Fall einfach gleich 1. Ebenso leicht findet man die Lösung von  $x^2 - 1 = 0$ , wobei man bei dieser Konstellation genauer von der Mehrzahl sprechen müsste, da es zwei Lösungen gibt, nämlich  $+1$  und  $-1$ . Minus mal minus gibt bekanntlich plus, und so führen die positive und die negative 1 beide zu derselben 1, wenn sie mit sich selbst multipliziert – also quadriert – werden, wie man sagt und was man mithilfe einer Hochzahl schreibt, also als  $x^2$ , was dann „ $x$  hoch zwei“ oder „ $x$  zum Quadrat“ ausgesprochen wird.

So weit, so gut, so leicht und locker – doch wie lautet die Lösung der Gleichung  $x^2 + 1 = 0$ , die doch kaum kom-

plizierter als  $x^2 - 1 = 0$  zu sein scheint? Irgendetwas wird da komisch. Die Unbekannte  $x$  steht nämlich offenbar weder für plus noch für minus 1, und einen kurzen Moment könnte man denken, dass die Gleichung überhaupt keine Lösung kennt und die Rechenkunst dabei gegen eine Wand stößt. Doch solch eine Grenze ertragen Menschen auf Dauer nicht, und so hat ein philosophischer Mathematiker namens Gerolamo Cardano – ein Zeitgenosse von Leonardo da Vinci – im 16. Jahrhundert eine besondere Zahl als Lösung vorgeschlagen, die später „imaginär“ genannt wurde und deshalb mit „i“ abgekürzt wird (ohne etwas mit dem iPhone zu tun zu haben). Das heißt zum einen, die neue Zahl  $i$  sollte die Lösung der Gleichung  $x^2 + 1 = 0$  sein, was bedeutet, dass  $i^2 = -1$  zu sein hatte, und das heißt zum zweiten,  $i$  konnte nicht reell sein und auf dem vertrauten Zahlenstrahl Platz finden. Das Quadrat von reellen Zahlen muss positiv sein, während das Quadrat von  $i$  negativ ist. Wann immer etwas Reales gemessen oder gezählt wird, kann nur ein reelles Ergebnis herauskommen, was die Frage mit sich bringt, ob diese imaginären Zahlen nur eingebildet – imaginiert – sind oder sich sinnvoll bei dem Versuch erweisen, etwas Wirkliches zu berechnen und zu erfassen.<sup>1</sup>

---

<sup>1</sup> Im Besitz der Familie Heisenberg befindet sich ein Zeichenheft, das Werner Heisenberg in den Jahren 1913/14 benutzt hat, also im Alter von etwa zwölf Jahren. In ihm finden sich zwischen ansprechenden Aquarellen der Würzburger Residenz und höchst sorgfältig ausgeführten Federzeichnungen etwa der Ronneburg in Oberhessen auch Hinweise auf die mathematischen Talente des Knaben. Auf einer Seite behandelt er die Gleichung  $x^8 - 1$ , die er als  $x^8 - 1^8 = 0$  umschreibt und für die er acht Lösungen angibt, und zwar  $1, -1, i$  (die Wurzel aus  $-1$ ),  $-i, \sqrt{i}, -\sqrt{i}, \sqrt{-i}$  und  $-\sqrt{-i}$ . Heisenberg spielte also schon früh mit der imaginären Dimension, die er der Physik und damit den Menschen später erschloss.

Dieses Problem bestand von Anfang an und machte Menschen skeptisch. Und so blieb es lange Zeit still um die imaginären Zahlen, die erst noch runde 200 Jahre brauchten, um 1777 endlich mit „i“ bezeichnet zu werden, und dann weitere Jahrzehnte warten mussten, bis auffiel, dass sie eine bislang übersehene oder verborgene Dimension der Zahlen ausmachen und insgesamt eine Ebene bilden können. So wie auf einem Stadtplan eine bestimmte Position durch zwei Angaben – meist ein Buchstabe und eine Ziffer – festgelegt wird und man etwa das Feld 8c suchen und finden kann, so sorgt die um 1800 eingeführte Zahlenebene dafür, dass sich eine Zahl durch zwei Anteile charakterisieren lässt. Die alten Bekannten der reellen Zahlen liegen dabei wie üblich auf einer Linie, die jetzt zu einer Achse mit der Einheit 1 wird. Senkrecht zu ihr wird jetzt eine zweite Achse angebracht, auf der die imaginären Zahlen mit der neuen Einheit  $i$  liegen. Wenn Zahlen über einen reellen und einen imaginären Teil verfügen, spricht man von komplexen Zahlen, wobei so ganz allmählich die Frage beantwortet werden muss, was das alles mit dem Leben von Werner Heisenberg zu tun hat.

Die Antwort hierauf ist schnell gegeben und sie lautet, dass Heisenberg die fundamentale Rolle aufgespürt hat, den dieser ungewohnte Freiheitsgrad der Zahlen spielt, wenn es darum geht, das Verhalten von tatsächlich existierenden Atomen zu verstehen. Die Theorie der wirklichen (reellen) Atome benötigt (unwirkliche) imaginäre Zahlen, und über diesen Tatbestand könnten nicht nur die Philosophen ruhig einmal staunen und nachsinnen. Was bedeutet es, dass das Denken imaginäre Dimensionen zulassen muss, um die Realität zu erfassen? Es bleibt sowohl ver-

wunderlich, dass dies der Fall ist, als auch höchst faszinierend, wie Heisenberg diese heute zwar unentbehrliche, zu seiner Zeit aber eher unbeachtete Dimension der Zahlen aus dem Dunkel der Geschichte holen und in das Licht der Physik stellen konnte. Das heißt, er hat sie für seine Physik sogar erfunden, wie gleich weiter unten im ersten Kapitel beschrieben wird. Dies und vieles mehr lässt einen staunen über Heisenberg und seine überbordende und fast freilauende Phantasie.

Wer sein Leben erzählt, berichtet von dem Leben eines produktiven Genies, das immer auch und immer wieder eine zweite Dimension findet und den Freiheitsgrad nutzt, der sich damit öffnet. So haben Heisenbergs Einsichten nicht nur grundlegend zum theoretischen Verständnis der Natur und des Weltalls beigetragen. Sie weisen auch eine höchst praktische Dimension auf, indem sie den Menschen zum Beispiel ermöglicht hat, Transistoren und Chips zu konstruieren und mit diesen Bauteilen die digitale Umwälzung des Alltags zu bewirken, die sich derzeit global vollzieht. Natürlich lassen sich Eisenbahnen und Dampfmaschinen besser auf der Basis von wissenschaftlichen Kenntnissen bauen. Aber erste Konstruktionen dieser Art gab es, bevor die Physik die Gesetze angeben konnte, nach denen die Maschinen operieren. Diese Reihenfolge fällt bei den Transistoren auf. Erst nachdem die – auf Heisenberg zurückgehende – Physik namens Quantenmechanik die Bewegung von Elektronen in Kristallen im Allgemeinen und in Halbleitern im Besonderen zu erfassen in der Lage war, konnte man sich Kombinationen aus leitenden Materialien ausdenken, die in dieser Form als Transistor wirkten.

Hier kam erst die Theorie und dann die Praxis, und vor der Theorie gab es Heisenberg.

## 1.2 Freiheitsgrade beim Erzählen

Zu den merkwürdigen Ergebnissen der Physik, die Heisenberg ermöglicht und ausgelöst hat und die im Buch auszuführen sind, gehört die Feststellung, dass ein Beobachter mitbestimmt, was er beobachtet. Wer etwa Licht untersucht, kann sich entscheiden, seine Wellenlänge zu messen oder er kann seinen Teilchencharakter untersuchen und nach Zusammenstößen mit der Materie fragen. Man kann diese Einsicht auf das hier betrachtete und beschriebene Leben übertragen und festhalten, dass in diesem Buch natürlich die genannten Daten und Zahlen stimmen, weil sie gemessen und notiert worden sind. Was sich aber zwischen diesen Fixpunkten und eventuell sogar in Heisenbergs Kopf abspielte, steht nirgendwo geschrieben, außer auf den folgenden Seiten, und auf ihnen kann man vor allem lesen, was sich der Autor gedacht hat. Heisenbergs Lebensbahn entsteht so wie die Elektronenbahn in einem Atom, nämlich dadurch, dass ein Mensch sie beobachtet, wie Heisenberg herausgefunden hat. Der Geist der Erzählung versucht Heisenbergs Leben so zu fassen, wie es ihm als Physiker mit der Form der Atome gelungen ist. Eine abenteuerliche Geschichte kommt dabei allemal zustande. Sie beginnt nämlich, wie es sich gehört, in tiefer Nacht auf einer felsigen Insel. In einem kleinen Zimmer über dem Meer ist noch jemand wach.

# 2

## Eine Nacht auf Helgoland

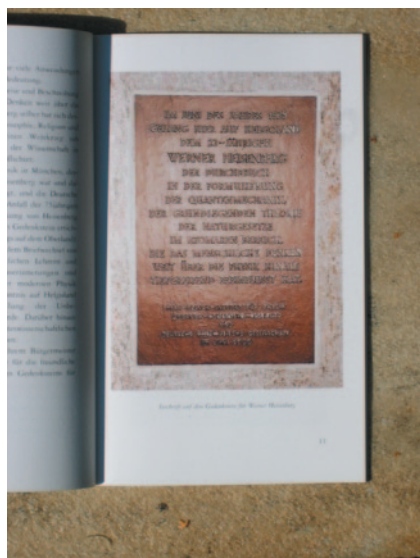
An Schlaf war nicht mehr zu denken. Die Uhr auf dem Tisch mit den merkwürdig beschriebenen Zetteln zeigte 3 Uhr in der Frühe. Draußen war tiefe Nacht, und große Ruhe herrschte unter einem schwarzen Himmel, doch im Inneren von Werner Heisenberg leuchtete es hell und klar, und seine Gedanken wanderten unruhig hin und her. Ihm war im Laufe des langen Abends ein Licht aufgegangen, wie es gewöhnlich und sogar verständlich heißt. Heisenberg konnte mit ihm mehr sehen als alle Menschen zuvor. Im Schein seiner ungewöhnlichen Ideen hatte sich dem jungen Mann in den vergangenen Stunden tatsächlich ein bislang verborgen gebliebenes Bild von der Natur enthüllt, und ihre Wirklichkeit zeigte sich ihm in ihrer ganzen verlockenden Schönheit. Nun brannte ein Feuer in der Seele des schlaflosen Physikers, und er wollte es gewähren lassen und die Erregung auskosten.



**Abb. 2.1** Helgoland, aufragende Felsen. (© B. Blum-Heisenberg)

## 2.1 Sonnenaufgang über dem Meer

Als allmählich der neue Tag heraufdämmerte, verließ Heisenberg das kleine Zimmer, das er auf Helgoland für kurze Zeit gemietet hatte, und er wanderte zur Südspitze der Insel, wo ihn seit Beginn seines Aufenthalts ein turmartiger Felsen anlockte und seine Kletterkünste herausforderte (Abb. 2.1, Abb. 2.2). Während ihm im Licht der Tagessonne das Erklimmen der über das Meer ragenden Klippe bislang allzu riskant und fast lebensgefährlich erschienen war, ließ ihn die lodernde Seele seines eigentlich übermü-



**Abb. 2.2** Inschrift auf dem Gedenkstein für Werner Heisenberg auf Helgoland.

deten Körpers im Morgengrauen völlig anders reagieren. Heisenberg machte sich mit der Lust eines Abenteurers an den schwierigen Aufstieg, wobei sich einem außenstehenden Beobachter dieses Wagemuts der Eindruck aufdrängen konnte, da handele jemand lebensmüde. Doch das Gegenteil war der Fall, denn als Heisenberg nach seiner erfolgreichen Kletterei die Spitze des Felsens erreicht hatte und den Sonnenaufgang über dem Meer erlebte, als also das äußere Licht dem inneren folgte, da durfte sich Heisenberg in der zunehmenden Helligkeit wie neu geboren fühlen. Und das große Glück, das er dabei empfand, soll ihm gegönnt sein.



Während er an diesem langsam erwachenden Frühlingstag im Juni 1925 auf das glitzernde Wasser schaute und sein Gesicht die erste Wärme der Sonnenstrahlen zu spüren bekam, gingen dem 24-jährigen Physiker vielleicht einige Verse aus dem *West-östlichen Diwan* von Goethe durch den Kopf, dessen Gedichte er in den letzten Tagen auswendig gelernt hatte. Heisenberg hörte in sich die dramatischen Worte, mit denen der Dichter den unheimlichen Todeswunsch anspricht, den er dem Lebendigen zuschreibt, das leidenschaftlich nach dem Licht sucht und sich wie ein Schmetterling von einer Flamme locken und verzehren lässt. Bei Goethe heißt dieses Verlangen „selige Sehnsucht“, und der junge Heisenberg hatte ihre Macht gerade im Verlauf der durchwachten Nacht erfahren und sich von ihr auf den Felsen in Helgoland treiben lassen:

Und solange Du das nicht hast,  
Dieses: Stirb und Werde!  
Bist du nur ein trüber Gast  
Auf der dunklen Erde.

Jetzt im Morgenlicht konnte Heisenberg sicher sein: Er hatte es, dieses „Stirb und Werde“, von dem Goethe schwärmte, und so empfand der Kletterer in diesem magischen Moment über dem Meer tiefe Befriedigung und unbändiges Verlangen zugleich. Nach dieser Nacht, so spürte und wusste er, lebte er nicht mehr als ein trüber Gast auf einer dunklen Erde. Er war ein kreativer Kerl in einer immer aufregender werdenden Welt voller Abenteuer für das wissenschaftliche Denken, das er voranbringen wollte und konn-

te. Die Natur hatte sich ihm in der Nacht offenbart und dabei zu erkennen gegeben, wie man ihr noch näher kommen und dabei sogar der Wahrheit gegenüberreten konnte. Aus Heisenberg war der Wegbereiter für eine neue Sicht auf die Wirklichkeit geworden, die sich bald in voller Qualität vor ihm und anderen Menschen auftun würde und erst den unmittelbar Beteiligten und dann allen Menschen ungeheure Möglichkeiten anbieten sollte.

Heisenberg fühlte sich euphorisch und kühn wie der Seefahrer Christopher Kolumbus, der 1492 voller Mut aus der ihm vertrauten Welt aufgebrochen war, um einen neuen Kontinent zu finden, und der auch dann noch weitersegelte, als der Proviant immer knapper wurde und zuletzt schließlich die Menge unterschritt, die für ein Umkehren erforderlich gewesen wäre. Kolumbus wurde für seinen beharrlichen Mut belohnt, als er das Festland erreichte, das heute Amerika heißt und mit dessen nachfolgender Erschließung sich der Ablauf der Weltgeschichte durchgehend und dramatisch änderte. Zwar lag das von Heisenberg aufgefundene und erreichte Amerika in der inneren Gedankenwelt eines Menschen, aber das machte das neue Terrain nur besser begehbar für all diejenigen, die mit ihren eigenen Ideen bislang vergeblich danach gesucht hatten und nun mit Heisenbergs Hinweisen zu ihm hindrängen würden.

Allerdings: Um dort ankommen und landen zu können, mussten sie erst denselben Mut zu einem „Stirb und Werde“ aufbringen, den Heisenberg ganz allein für sich bewiesen hatte, als er die gewohnten Bahnen des Denkens seiner Wissenschaft mit ihrer vertrauten Sicherheit aufgab und sich – ohne an die Rückkehr oder das Aufgeben zu den-

ken – daran machte, kaum betretene andere Pfade für die Gedanken zu probieren und ungewohnte Richtungen einzuschlagen, von denen niemand sagen konnte, ob sie überhaupt irgendwo und irgendwann zu einem Ziel hinführten.

Als der junge Heisenberg allein auf dem Felsen in Helgoland saß und den Sonnenaufgang erlebte, erfasste ihn das unheimliche und unbeschreibliche Gefühl, ein neues Leben anfangen zu können, wenn er die Insel erst einmal verlassen hatte und nach Göttingen zurückgekehrt war, also in die Stadt, an deren ehrwürdiger Universität er als junger Assistent an einem Lehrstuhl für Physik tätig war. Von dort aus war er im Frühling 1925 nach Helgoland gekommen, um einen elenden Heuschnupfen zu kurieren, der sein Gesicht bedrohlich hatte anschwellen lassen. Als der inzwischen Kurierte nun einsam im Morgenlicht saß, konnte er nur staunen über sich. Schließlich war er der erste und einzige Mensch, der die künftigen Umrisse der neuen Physik, seiner geliebten Wissenschaft, gesehen hatte. Ganz sicher würden bald viele Forscher Heisenbergs Entwurf in Augenschein nehmen und erweitern können, und ihn ergriff sowohl eine große Aufregung als auch ein nicht unbeträchtlicher Schrecken, als er seiner entflammten Seele sich vorzustellen erlaubte, was die Zukunft für ihn und die Menschheit bringen und bereithalten würde.

## 2.2 Eine Welt voller Atome

Als Heisenberg den herrlichen Platz auf dem Felsen verließ und zu seiner Pension zurückkehrte, um zu frühstücken, lief in seinem Kopf noch einmal die Bildersequenz der letzten

Tage und vor allem der Filmstreifen der letzten Nacht ab. Mit diesen Erinnerungen wollte er sich vergewissern und beruhigen und sein Glücksgefühl bestätigen, jetzt wirklich etwas von den Atomen erfasst zu haben, um deren Verstehen sich viele Menschen schon so lange bemüht hatten.

Als das 20. Jahrhundert begann und Heisenberg zur Welt kam, waren die Physiker sich nach langen Phasen des Zweifels und Zauderns allmählich sicher und einig geworden, dass alles in der Welt tatsächlich aus Atomen bestand und jedes alltägliche Ding Stück für Stück aus ihnen aufgebaut war. Diese Überzeugung ließ sich auch nicht beeinflussen durch ketzerische Fragen von notorischen Skeptikern, die von Atomen nichts wissen wollten und sich süffisant erkundigten, wer denn schon einmal ein Atom zu Gesicht bekommen habe. Natürlich hatte niemand ein einzelnes Atom mit eigenen Augen gesehen oder mit seinen Händen angefasst, was zum einen die Möglichkeit offen ließ, dass es sich dabei nur um Hirngespinnste handelte, und wodurch sich zum anderen eine Menge Fragen aufboten. Wie kann man zeigen, dass es Atome wirklich gibt? Und wenn es sie gibt, wie sollte man sich ein Atom im Detail vorstellen? Wie kann es aussehen? Wie lassen sich verschiedene Atome unterscheiden – etwa Goldatome von Silberatomen? Welches Gewicht kann ein Atom auf eine Waage bringen? Wie viele Atome sind notwendig, um einen Stein oder ein Stück Draht entstehen zu lassen?

Immer mehr Fragen, immer neue Fragen, die fast gänzlich ohne Antworten blieben und die Forscher eher hilflos machten. So sah es in der Physik um das Jahr 1900 aus, und diese undankbare und unhaltbare Situation war entstanden, nachdem das Thema der Atome in dem gerade vergangenen

Jahrhundert erst unmerklich und dann unübersehbar an die Front der Forschung gerückt war. Die Physiker wollten und sollten endlich sicherstellen und beweisen, dass es diese als extrem winzig gedachten Partikel oder Körnchen tatsächlich gab, auch wenn sich ihre Gestalten den sehenden Augen und anderen Sinnen entzogen und dem Menschen nicht zugehört waren, wie es Thomas Mann ausgedrückt hätte.

Von Atomen sprechen Menschen bekanntlich seit den Tagen der alten Griechen, wie es so schön heißt, wenn von den vorchristlichen Jahrhunderten die Rede ist. Zu dieser Zeit hatten sich einige ihrer Philosophen wie Demokrit in Gedanken daran gemacht, etwa das Blatt eines Baumes zu teilen und immer wieder zu teilen, bis bei diesem Vorgang zuletzt so etwas wie ein allerkleinstes Fitzelchen übrig blieb, das dann nicht mehr geteilt werden konnte. Die Griechen bezeichneten diesen Rest am Ende allen Halbierens als Atom, weil ihre Sprache mit diesem Wort etwas Unteilbares benannte. Aus solchen unteilbaren Atomen könnte die Welt bestehen und zusammengesetzt sein, wie sie meinten – wobei es dem Anfänger heute gestattet ist, sich dabei so etwas wie Legosteine vorzustellen, die es in zahlreichen Farben und verschiedenen Formen gibt und aus denen dann alle möglichen Wände und Dächer und inzwischen auch kompliziertere Gebilde konstruiert und errichtet werden können.

Natürlich müsste dieses Gedankenexperiment korrekt mit Legosteinen unternommen werden, die so unteilbar wie die griechischen Atome sind, was auf den ersten Blick undurchführbar und ein unsinniger Wunsch zu sein scheint. Doch ein zweites Hinschauen lässt erkennen, dass da doch

etwas geht. Schließlich erhält man nach dem Zerbrechen von Legosteinen zwar irgendwelche handlichen Bruchstücke, aber keine verwendbaren Legosteine mehr. Dies trifft auch für Atome zu, von denen heutzutage sicherlich weitgehend bekannt ist, dass sie über einen Kern und eine Hülle verfügen und folglich doch aus Teilen bestehen und dann auch weiter zerlegt werden können. Doch wer dies unternimmt, findet dann nur noch Bruchstücke und keine Atome mehr vor. So gesehen liefern die Legosteine tatsächlich einen ersten Eindruck von den Atomen, aus denen man sich die Welt aufgebaut denkt.

In der Welt der griechischen Wissenschaft und der Philosophie, in der Atome noch unteilbar waren, ging es noch harmlos zu. Der Gedanke an ihre Existenz konnte das Denken zwar entzücken, doch es wurde den Griechen auch schnell klar, dass Atome alleine nicht ausreichen, um die Welt zu füllen. Es musste neben und zwischen ihnen noch etwas anderes geben, nämlich Platz zur Bewegung und Ausdehnung, und für den brauchte man ebenfalls einen Namen. Wenn man sich Atome als kleine Kugeln denkt und dabei etwa Glasmurmeln vor Augen hat, dann muss es zwischen zwei solchen runden Gebilden genügend Raum oder Luft geben, damit sie aneinanderstoßen und sich bewegen können, nur dass es bei den Atomen keine Luft sein kann. Wenn nämlich alles aus Atomen besteht, dann gilt das auch für die Luft, die damit nicht zwischen den Atomen sein kann. Wenn aber nicht sie, was dann?

Ein kniffliges Problem, das die Griechen einfach lösten, indem sie sagten, zwischen den Atomen gäbe es den leeren Raum, den sie als Vakuum bezeichneten, was als raffinierter Ausdruck der Antike für etwas steht, in dem nichts zu