

Robert Gilmore

**Alice im Quantenland**



Robert Gilmore

# Alice im Quantenland

Aus dem Englischen übersetzt  
von Rainer Sengerling



Dieses Buch ist die deutsche Ausgabe von:  
Robert Gilmore: Alice in Quantum Land.  
Copyright: Robert Gilmore, 1994

Übersetzung: Dr. Rainer Sengerling  
Illustrationen: Robert Gilmore

Alle Rechte vorbehalten  
© Friedr. Vieweg & Sohn Verlagsgesellschaft mbH, Braunschweig/Wiesbaden, 1995  
Softcover reprint of the hardcover 1st edition 1995

Der Verlag Vieweg ist ein Unternehmen der Bertelsmann Fachinformation GmbH.



Das Werk einschließlich aller seiner Teile ist urheberrechtlich geschützt. Jede Verwertung außerhalb der engen Grenzen des Urheberrechtsgesetzes ist ohne Zustimmung des Verlags unzulässig und strafbar. Das gilt insbesondere für Vervielfältigungen, Übersetzungen, Mikroverfilmungen und die Einspeicherung und Verarbeitung in elektronischen Systemen.

Umschlaggestaltung: Schrimpf und Partner, Wiesbaden

Gedruckt auf säurefreiem Papier

ISBN-13: 978-3-322-85010-2  
DOI: 10.1007/978-3-322-85009-6

e-ISBN-13: 978-3-322-85009-6

---

## Vorwort

---

In der ersten Hälfte des zwanzigsten Jahrhunderts hat unsere Auffassung vom Universum eine Umwälzung erfahren. Die alten klassischen Theorien der Physik wurden von einer neuen Sicht des Weltgeschehens – der Quantenmechanik – abgelöst. Diese liegt in vielerlei Hinsicht im Widerspruch mit den Ideen der älteren Newtonschen Mechanik, sie widerspricht sogar an vielen Stellen dem gesunden Menschenverstand. Andererseits – so befremdend diese Theorie auch sein mag – am meisten befremdet an ihr der außergewöhnliche Erfolg, mit dem sie das beobachtete Verhalten physikalischer Systeme voraussagt. Wie unsinnig die Quantenmechanik uns zuweilen vorkommen mag, sie scheint nun einmal der von der Natur eingeschlagene Weg zu sein, und wir haben uns darauf einzustellen.

Dieses Buch ist eine Allegorie der Quantenphysik – im Sinne der Lexikondefinition: „eine in der Form einer Erzählung gehaltene Beschreibung eines Gegenstandes in der Gestalt eines anderen.“ Die Art und Weise, wie sich die Dinge in der Quantenmechanik verhalten, wird von unserem normalen Denken als höchst sonderbar empfunden, Analogien mit uns vertrauten Situationen machen sie aber für uns akzeptabler, selbst wenn diese Analogien nicht völlig zutreffen. Solche Analogien können niemals ganz der Wirklichkeit entsprechen, da sich die Quantenprozesse total von unserer Alltagserfahrung unterscheiden.

Eine Allegorie ist eine ausgebaute Analogie oder eine Folge von Analogien. Als solche folgt dieses Buch eher den Spuren der *Pilgerreise*<sup>1</sup> oder *Gullivers Reisen* als denen von *Alice im Wunderland*. „Alice“ erscheint jedoch als die passendere Figur, wenn wir die Welt, in der wir leben, unter die Lupe nehmen.

---

<sup>1</sup>Anm. d. Übers.: John Bunyan, *The Pilgrims Progress from this World to that which is to come* (1678) ist ein berühmtes und heute noch beliebtes Meisterstück englischer Prosa.

Das von Alice bereiste Quantenland ist eher ein Themenpark, in dem Alice manchmal ein Betrachter ist, manchmal sich aber wie ein Teilchen mit veränderlicher elektrischer Ladung verhält. Dieses Quantenland weist die wesentlichen Züge der *Quantenwelt* auf – der Welt, in der wir leben.

Die Geschichte selbst ist reine Fiktion, und die Personen darin sind imaginär. Die unten aufgeführten Bemerkungen über die „reale Welt“ treffen aber zu. In der Erzählung werden Sie auf viele Aussagen stoßen, die offenbar unsinnig sind und dem gesunden Menschenverstand vollkommen widersprechen. Zum größten Teil sind diese aber korrekt. Niels Bohr, die Vaterfigur der frühen Quantenmechanik, soll einmal geäußert haben, wem beim Nachdenken über die Quantentheorie nicht schwindlig werde, der habe sie nicht verstanden.

### **Doch im Ernst . . .**

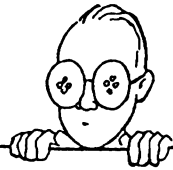
Die von der Quantenmechanik gegebene Beschreibung der Welt ist zweifellos interessant und bemerkenswert, aber kann von uns ernsthaft erwartet werden, daß wir an sie glauben! Erstaunlicherweise müssen wir das tun. Um diese Behauptung zu unterstreichen, finden Sie, über das Buch verteilt, kurze Anmerkungen, die die Bedeutung der Quantenmechanik für die „reale Welt“ betonen. Wie sie aussehen, wird im Kasten auf der nächsten Seite gezeigt

Daneben gibt es einige längere, am Ende des Kapitels aufgeführte Bemerkungen. Diese behandeln einige der heikleren Punkte des Textes und werden wie folgt angekündigt:

*Siehe Bemerkung 1 am Ende des Kapitels*



Viel von der quantentheoretischen Weltsicht ist auf den ersten Blickbarer Unsinn; das mag auf den zweiten, dritten und fünfundzwanzigsten Blick genauso sein. Sie steht jedoch konkurrenzlos da. Die alte klas-



Hier werden die quantenmechanischen Themen, denen Alice in diesem Kapitel begegnet, in ihrer Relevanz für unsere Welt zusammengefaßt. Die Einschübe dürften hinreichend unaufdringlich sein, daß sie beim Lesen der Abenteuer geschichten ohne Störung des Leseflusses übergangen werden können. Wenn Sie aber die wirkliche Bedeutung dieser Abenteuer kennenlernen möchten, stehen sie bequem in Reichweite.

sische Mechanik von Newton und Co. ist nicht imstande, irgendeine Erklärung der Atome und anderer kleiner Systeme zu liefern. Die Quantenmechanik stimmt sehr gut mit der Beobachtung überein. Oft sind die Rechnungen schwierig und viele Seiten lang, aber wo immer sie durchgeführt werden, stimmen die Ergebnisse perfekt mit dem überein, was wirklich beobachtet wird.

Der beachtliche praktische Erfolg der Quantenmechanik läßt sich kaum überbetonen. Mag auch das Ergebnis *einer* Messung zufällig und nicht voraussagbar sein, fallen doch die Voraussagen der Quantenmechanik mit den Mittelwerten zusammen, die aus vielen Messungen folgen. Jede Beobachtung „im Großen“ betrifft sehr viele Atome und schließt daher viele Beobachtungen auf der atomaren Skala ein. Und wieder sehen wir die Quantenmechanik erfolgreich, insofern sie sich in automatischer Übereinstimmung mit den Ergebnissen der klassischen Mechanik für große Objekte befindet. Das Umgekehrte gilt nicht.

Die Quantentheorie wurde entwickelt, um Beobachtungen an Atomen zu erklären. Seit ihrer Aufstellung wurde sie erfolgreich angewendet auf Atomkerne, auf die stark wechselwirkenden Teilchen, die mit dem

Kern verknüpft sind, zuletzt auf das Verhalten der Quarks, aus denen letztere aufgebaut sind. Der Anwendungsbereich der Theorie wurde dabei um einen Faktor von etwa hunderttausend Millionen ausgedehnt. Die betrachteten Systeme haben um diesen Faktor an Größe ab- und an Energie zugenommen. Es war ein langer Weg, die Theorie aus ihrer ursprünglichen Fassung zu extrapolieren, aber bis heute erweist sich die Quantenmechanik auch für diese extremen Systeme als durchaus zureichend.

Nach gegenwärtiger Kenntnis ist die Quantenmechanik von universeller Anwendbarkeit. Im Makroskopischen verlieren die Voraussagen der Quantentheorie ihren Zufälligkeitsaspekt und stimmen mit denen der klassischen Mechanik überein, die bei großen Objekten ganz gut funktioniert. Im Mikroskopischen werden die Voraussagen der Quantentheorie konsistent vom Experiment gestützt. Selbst diejenigen Voraussagen, die ein unsinniges Bild der Welt zu enthalten scheinen, werden vom experimentellen Befund bestätigt. Zur totalen Verwirrung ist die Quantenmechanik, wie in Kapitel 4 ausgeführt wird, sogar in der sonderbaren Lage, mit allen angestellten Beobachtungen übereinzustimmen, während sie die *Möglichkeit* in Frage stellt, daß überhaupt irgendwelche Beobachtungen gemacht werden können. Es sieht so aus, als sei die Welt seltsamer, als wir uns vorstellen, und vielleicht sogar seltsamer, als wir uns vorstellen *können*.

Lassen Sie uns aber jetzt Alice auf ihrer Reise ins Quantenland begleiten.

*Robert Gilmore*



---

## Inhaltsverzeichnis

---

<b>1</b>	<b>Ins Quantenland</b>	<b>1</b>
<b>2</b>	<b>Die Heisenberg-Bank</b>	<b>15</b>
<b>3</b>	<b>Das Institut des Mechanikers</b>	<b>37</b>
<b>4</b>	<b>Die Kopenhagener Schule</b>	<b>62</b>
<b>5</b>	<b>Die Fermi-Bose-Akademie</b>	<b>86</b>
<b>6</b>	<b>Virtuelle Realität</b>	<b>111</b>
<b>7</b>	<b>Atome im Vakuum</b>	<b>136</b>
<b>8</b>	<b>Burg Rutherford</b>	<b>157</b>
<b>9</b>	<b>Die Teilchen-MASSkerade</b>	<b>178</b>
<b>10</b>	<b>Pholksphest der Experimentalphysik</b>	<b>203</b>
	<b>Sachwortverzeichnis</b>	<b>227</b>