

Leseprobe



Florian Aigner

Warum wir nicht durch Wände gehen

*Unsere Teilchen aber schon. Ein Reiseführer durch die Welt der Quanten - Das Standardwerk für leicht verständliche Quantenphysik

Bestellen Sie mit einem Klick für 14,00 €



Seiten: 272

Erscheinungstermin: 21. Januar 2026

Mehr Informationen zum Buch gibt es auf

www.penguin.de

Inhalte

- Buch lesen
- Mehr zum Autor

Zum Buch

Quantenphysik für jedermann!

Die Welt der Quanten ist voller **atemberaubender Geschichten und Ideen** – von winzigen Teilchen, die sich an zwei verschiedenen Orten gleichzeitig befinden, über Katzen, die gleichzeitig lebendig und tot sind, bis zu geheimnisvoller Teleportation.

Gleichzeitig **bestimmt Quantenphysik unseren Alltag**: Laser, Mikrochips oder MRT-Bilder wären ohne Quantentheorie nicht möglich. Immer wieder heißt es: Quanten sind so kompliziert, dass sie höchstens von ein paar Wissenschaftsgenies verstanden werden können.

Stimmt nicht, zeigt Wissenschaftserklärer und Quantenphysiker Florian Aigner in seinem neuen Buch! **Quanten kann jede*r verstehen**, wenn wir aus unseren gewohnten Denkmustern ausbrechen. Wie das gelingt, zeigt der Bestsellerautor auf einem Trip in die erstaunliche Welt der kleinsten Teilchen – unterhaltsam, höchst erhellend und horizonderweiternd.



Autor

Florian Aigner

Florian Aigner ist Physiker und Wissenschaftspublizist. Er promovierte über theoretische Quantenphysik und schreibt heute über Wissenschaft und Technik, unter anderem in seiner Kolumne »Wissenschaft und Blödsinn« in der Tageszeitung *Kurier*. Mit aktuellen Forschungsfragen setzt er sich ebenso auseinander wie mit

FLORIAN AIGNER
Warum wir nicht durch Wände gehen



GOLDMANN

Buch

Die Welt der Quanten ist voller atemberaubender Geschichten und Ideen – von winzigen Teilchen, die sich an zwei verschiedenen Orten gleichzeitig befinden, über Katzen, die gleichzeitig lebendig und tot sind, bis zu geheimnisvoller Teleportation.

Gleichzeitig bestimmt Quantenphysik unseren Alltag: Laser, Mikrochips oder MRT-Bilder wären ohne Quantentheorie nicht möglich. Immer wieder heißt es: Quanten sind so kompliziert, dass sie höchstens von ein paar Wissenschaftsgenieis verstanden werden können.

Stimmt nicht, zeigt uns Wissenschaftserklärer und Quantenphysiker Florian Aigner! Quanten kann jede*r verstehen, wenn wir aus unseren gewohnten Denkmustern ausbrechen. Wie das gelingt, zeigt der Bestsellerautor auf einem Trip in die erstaunliche Welt der kleinsten Teilchen – unterhaltsam, höchst erhellend und horizionterweiternd.

Autor

Florian Aigner ist Physiker und Wissenschaftspublizist. Er promovierte über theoretische Quantenphysik und schreibt heute über Wissenschaft und Technik, unter anderem in seiner Kolumne »Wissenschaft und Blödsinn« in der Tageszeitung *Kurier*. Mit aktuellen Forschungsfragen setzt er sich ebenso auseinander wie mit esoterischen Behauptungen, die immer wieder mit echter Wissenschaft verwechselt werden.

Florian Aigner

Warum wir nicht durch Wände gehen*

*Unsere Teilchen aber schon

Ein Reiseführer
durch die Welt der Quanten.

GOLDMANN

Der Verlag behält sich die Verwertung der urheberrechtlich geschützten Inhalte dieses Werkes für Zwecke des Text- und Data-Minings nach § 44b UrhG ausdrücklich vor.
Jegliche unbefugte Nutzung ist hiermit ausgeschlossen.



Penguin Random House Verlagsgruppe FSC® N001967

1. Auflage

Vollständige Taschenbuchausgabe Januar 2026

Copyright © 2023 der Originalausgabe: Christian Brandstätter Verlag, Wien
Copyright © 2026 dieser Ausgabe: Wilhelm Goldmann Verlag, München,
in der Penguin Random House Verlagsgruppe GmbH,

Neumarkter Straße 28, 81673 München

produksicherheit@penguinrandomhouse.de

(Vorstehende Angaben sind zugleich
Pflichtinformationen nach GPSR.)

Lektorat: Teresa Profanter

Illustrationen: Florian Aigner

Umschlag: UNO Werbeagentur, München,
angelehnt an die Gestaltung der Originalausgabe

von Caroline Plank-Bachselten / Buero Plank

Druck und Bindung: CPI books GmbH, Leck

Printed in the EU

EW · CB

ISBN 978-3-442-14323-8

www.goldmann-verlag.de

Inhalt

Wie man dieses Buch lesen soll	8
1 Wellen, Teilchen, Quantenschwubbel	10
Warum es uns nicht überraschen sollte, dass uns die Quantenphysik überrascht, warum Tomaten und Wasserwellen völlig unterschiedliche Dinge sind und wie man die wahre Natur des Lichts verstehen kann: Licht ist weder Welle noch Teilchen, sondern gewissermaßen beides gleichzeitig.	
2 Nur wenn niemand misst	34
Was mit Teilchen im Doppelspaltexperiment passiert, warum das nur funktioniert, wenn sie unbeobachtet sind, und warum das deutlich weniger mysteriös ist, als viele Leute behaupten: Elektronen, Atome und sogar Moleküle haben Welleneigenschaften.	
3 Quantensprünge: Die Welt in kleinen Portionen	50
Wie Max Planck durch einen verzweifelten Trick die Quantenphysik erfand, warum Niels Bohrs Atommodell zwar wunderschön, aber ziemlich falsch ist, und was Werner Heisenbergs Unschärferelation mit einem Pistoleneschuss zu tun hat: Auf kleinsten Skalen wird die Natur unscharf und sprunghaft.	
4 Eine neue Sorte Zufall	69
Warum ein Elektron keine Kirsche ist, warum Teilchenwellen kollabieren und warum die Quantentheorie eine völlig neue Art von Zufall mit sich bringt: Manchmal kann man nur Wahrscheinlichkeiten berechnen, das tatsächliche Ergebnis einer Messung bleibt unvorhersehbar.	
5 Ein Elektron ist kein Planet	90
Warum man sich Elektronen nicht wie rotierende Mini-Planeten vorstellen soll, warum es eigentlich bloß Ansichtssache ist, ob sich ein Teilchen in einem Überlagerungszustand befindet oder nicht, und wie 3D-Brillen im Kino funktionieren: über Drehungen, Spin und Polarisation.	
6 Quantenradierer und Quantenbomben	111
Warum man mit Quantenphysik die Vergangenheit nicht verändern kann, wie ein Quantenradierer zerstörte Wellenmuster wiederherstellt und wie man mit Quantentricks Bomben entschärft. Man soll die Quantentheorie nicht mystifizieren – aber ein bisschen verrückt klingt sie manchmal schon.	

7 Warum wir nicht durch Wände gehen 133

Warum der Raum zwischen den Elektronen alles andere als leer ist, warum uns das Pauli-Prinzip beim Katzenstreicheln hilft und warum es Sterne gibt, die nur aus Neutronen bestehen: Die Quantentheorie erklärt die Eigenschaften der Materie.

8 Quantenverschränkung und die „spukhafte Fernwirkung“ 151

Warum Quantenteilchen keine Socken sind, wie eine Messung an einem Teilchen den Zustand eines anderen, weit entfernten Teilchens beeinflusst und wie man beweist, dass uns die Natur nicht mit verborgenen Variablen austrickst: die Natur der Quantenverschränkung.

9 Das Beamen und der abhörsichere Code 176

Wie Quanten-Teleportation funktioniert, wie man mithilfe verschränkter Teilchen geheime Botschaften versenden kann und warum die Quantenphysik keine Gedankenübertragung erlaubt: Quantenverschränkung kann man für faszinierende Technologien nutzen.

10 Schrödingers Katze 197

Wie man den Unterschied zwischen Atomen und Katzen verstehen kann, warum „Quanten-Darwinismus“ nur ganz bestimmte Zustände überleben lässt und wie Dekohärenz dafür sorgt, dass es überhaupt eine Wirklichkeit gibt: Bei der Messung kommt die mikroskopische Welt in Kontakt mit der makroskopischen Welt.

11 Quantenphilosophie und Quantenesoterik 218

Warum man nicht über philosophische Interpretationen der Quantentheorie streiten soll, warum Paralleluniversen keine Probleme lösen und warum Quantentheorie so oft für esoterischen Unsinn missbraucht wird: Nicht alles, was wissenschaftlich klingt, ist tatsächlich sinnvoll.

12 Wofür uns Quanten nützlich sind 236

Wie die Quantenphysik unser Leben bestimmt, warum der Quantencomputer vielleicht gar nicht so wichtig ist und warum ein Quantenzufall unsere Galaxie hervorgebracht hat: Auch wenn wir heute vieles wissen – in der Quantenforschung gibt es immer noch viel zu tun.

Anhang 254

Glossar · Literatur · Danke!

Wellen, Teilchen, Quantenschwubbel

Warum es uns nicht überraschen sollte, dass uns die Quantenphysik überrascht, warum Tomaten und Wasserwellen völlig unterschiedliche Dinge sind und wie man die wahre Natur des Lichts verstehen kann: Licht ist weder Welle noch Teilchen, sondern gewissermaßen beides gleichzeitig.

Das Universum ist gar nicht so kompliziert. Und das ist auch gut so. Über viele Grundregeln der Natur müssen wir im Alltag kaum nachdenken, weil sie uns völlig selbstverständlich vorkommen.

Wenn eine Katze nach links läuft, dann läuft sie in diesem Augenblick garantiert nicht nach rechts. Wenn mir ein Ei auf den Boden fällt, ist es danach entweder kaputt, oder es ist heil geblieben. Wenn ich eine Tomate in hohem Bogen gegen eine Wand werfe, dann bewegt sie sich Punkt für Punkt auf einer ganz bestimmten Bahn, bis sie an die Wand klatscht und als roter Matschfleck kleben bleibt.

Nichts davon erscheint uns überraschend. So verhalten sich Objekte eben, so haben wir das unser ganzes Leben lang beobachtet. Wir haben ein ziemlich gutes Bauchgefühl dafür, welches Verhalten wir von der Natur erwarten können.

Doch wenn wir uns mit Quantenphysik beschäftigen, dann lässt uns dieses Bauchgefühl plötzlich im Stich. Atome, Moleküle und andere Quantenteilchen verhalten sich völlig anders als Katzen, Eier oder Tomaten.

Wenn sich ein Atom nach links bewegt, kann es sich gleichzeitig auch nach rechts bewegen. Ein Molekül, das mit einem Laserstrahl getroffen wird, kann gleichzeitig auseinanderbrechen und ganz bleiben. Ein Elektron, das sich um den Atomkern bewegt, folgt keiner bestimmten Bahn. Wenn es sich vor einem Augenblick links vom Atomkern befunden hat und jetzt rechts davon, dann muss es den Weg dazwischen nicht Punkt für Punkt zurückgelegt haben.

Aber was soll das nun bedeuten? Wie sollen wir uns das vorstellen? Auf welche Weise soll das jemals Sinn ergeben? Solche Phänomene passen einfach nicht zu unserem schönen, übersichtlichen Weltbild, das wir uns im Kopf zurechtgebastelt haben. Wenn es um Quantenteilchen geht, dann ist unsere Intuition überfordert, unser Bauchgefühl knickt ein, unser Alltagsverstand muss sich geschlagen geben.

Daraus wird dann leider oft der Schluss gezogen, die Quantentheorie sei etwas prinzipiell Unverständliches. Wenn man sich nicht die Mühe machen will, verwirrenden Dingen auf den Grund zu gehen, kann man natürlich auch einfach mit bedeutsamer Stimme verkünden: „Ein Teilchen, das sich gleichzeitig nach links und nach rechts bewegt, das widerspricht dem gesunden Menschenverstand! Die Quantentheorie ist also völlig verrückt und für unseren menschlichen Geist unbegreiflich! Niemand kann die Quantenphysik wirklich verstehen!“

Aber damit hat man nichts gewonnen, nichts erklärt und niemandem geholfen. Man hat bloß mystisches Bauchkribbeln produziert, keine nützliche Erkenntnis. Manche Leute driften dann überhaupt in magisches Denken ab und bringen Quantentheorie mit esoterischen Ideen in Verbindung – von über- sinnlicher Gedankenübertragung bis hin zu Wunderheilungen. Nichts daran ist sinnvoll.

Im Universum gelten Regeln, auf die man sich verlassen kann. Egal ob man ein Mensch ist oder ein Atom, eine Katze

oder ein Laserstrahl – an die Naturgesetze halten sich alle. Das gilt auch in der Welt der kleinen Teilchen. Wir müssen uns bloß darauf einlassen, dass die Regeln der Quantentheorie ein bisschen anders funktionieren als die Regeln unseres Alltags. Und genau das wollen wir nun versuchen: Wir wollen über unsere gewohnten Alltagserfahrungen hinausgehen und Schritt für Schritt immer besser verstehen, warum die merkwürdigen Regeln der Quantentheorie bei näherer Betrachtung gar nicht so merkwürdig sind.

Die Welt in Tausenderschritten

Dass die Quantentheorie nicht so recht zu unserer Alltagserfahrung passt, sollte niemanden verwundern: Schließlich sind die Objekte, mit denen wir Tag für Tag zu tun haben, nun mal gigantisch groß, verglichen mit Atomen oder anderen Teilchen, für die man die Quantentheorie entwickelt hat.

Wir Menschen haben eine Größe von ungefähr einem Meter. Oder vielleicht sind es auch zwei – für Größenordnungsabschätzungen spielt das keine Rolle. Kleine Insekten sind ungefähr tausendmal kleiner als wir, sie werden in Millimetern gemessen. Natürlich gelten für Ameisen oder Mücken dieselben Naturgesetze wie für uns, aber die Physik fühlt sich auf Millimeter-Skala bereits völlig anders an.

So ist zum Beispiel Wasser in unserer Alltagserfahrung etwas Fließendes. Wenn man ein Gefäß mit Wasser füllt, passt sich das Wasser genau an dessen Form an. Ameisen hingegen kennen Wassertropfen auch als große Kugeln, die nach dem Regen plötzlich auf Blättern herumliegen.

Gravitation ist die Kraft, die unseren menschlichen Alltag am stärksten bestimmt, zumindest wenn wir uns nicht gerade in einer Raumstation befinden. Sie sagt uns, wo oben und unten ist, sie bewirkt, dass wir erschöpft sind, wenn wir die

Tatsächlich überraschend ist hier etwas ganz anderes – nämlich, dass wir Menschen heute technisch in der Lage sind, solche winzigen Quantenteilchen zu manipulieren. Wir können mit einzelnen Atomen herumspielen oder ihnen gezielt ein Elektron wegnehmen. Und das, obwohl wir milliardenfach größer sind als sie. Das ist ähnlich verrückt, als würden Planeten einem Menschen eine neue Frisur verpassen.

Neue Ideen und alte Begriffe

Es gibt zwei ganz unterschiedliche Arten, etwas zu verstehen. Manchmal lernen wir etwas dazu, indem wir den Gedanken, die bereits in unserem Kopf sind, eine neue Ordnung geben. Wir entdecken eine neue Beziehung zwischen Dingen, die wir bereits kennen. Ich weiß, was Spinnen sind, und ich weiß, was Beine sind. Ich erfahre, dass Spinnen genau acht Beine haben, und habe etwas gelernt.

Manchmal genügt das aber nicht. Wenn wir auf etwas völlig Unbekanntes stoßen, dann müssen wir in unserem Kopf ein neues Konzept hinzufügen, eine neue Kategorie anlegen, einen neuen Gedanken wachsen lassen. Ein Kind, das bisher nur mit Menschen zu tun hatte und nun mit quietschender Begeisterung zum ersten Mal eine Katze sieht, lernt dabei etwas grundlegend Neues. Die Katze ist kein kleiner Fellmensch mit Krallen. Sie ist etwas fundamental anderes. Man muss im Kopf das neue Konzept „Katze“ anlegen, dann kann man mit der Katze spielen und sich an sie gewöhnen. Und irgendwann wird sie etwas Alltägliches.

Für Kinder ist das kein Problem. Dann sollte es aber auch für uns kein Problem sein, Quantenteilchen als etwas Neues zu akzeptieren. Ein Elektron ist keine winzige Tomate mit elektrischer Ladung. Es ist etwas fundamental anderes. Man muss im Kopf das neue Konzept „Quantenteilchen“ anlegen, dann kann

man wissenschaftlich mit den Elektronen spielen und sich an sie gewöhnen. Und irgendwann wird auch das Quantenteilchen etwas Alltägliches.

Wenn wir krampfhaft versuchen, die Quantenphysik irgendwie mit unserer Alltagserfahrung zu erklären, machen wir uns das Leben unnötig schwer. Wir verwirren uns selbst, wenn wir für die Welt der Quanten Begriffe verwenden, die wir uns für Dinge aus unserer Alltagswelt ausgedacht haben. Das kann nicht wirklich gut gehen.

Wenn man Quantenphysik verstehen möchte, stößt man manchmal auf merkwürdige Sätze, wie etwa: „Quantenteilchen haben Wellen- und Teilcheneigenschaften.“ Das ist tatsächlich nicht falsch, aber es ist auch nicht besonders hilfreich. „Welle“ und „Teilchen“ sind Alltagsbegriffe, mit denen wir Alltagsregeln in Verbindung bringen, die auf Quantenobjekte einfach nicht zutreffen – und das führt zu Verwirrungen.

Vielleicht käme uns heute die Quantenphysik viel weniger merkwürdig und irritierend vor, wenn man von Anfang an für die neuen Konzepte der Quantenwelt auch neue Begriffe erfunden hätte. Vielleicht wäre es einfacher, wenn man niemals von einem „wellenartigen Quantenteilchen“ oder „teilchenartigen Quantenwellen“ gesprochen hätte, sondern von einem „Quantenschwubbel“ oder einem „Materieflubber“. Leider gibt es die Begriffe „Welle“ und „Teilchen“ aber nun einmal, wir müssen uns wohl oder übel damit abfinden.

Teilchen und Wellen

Woran denken wir, wenn wir von „Teilchen“ reden? Vielleicht an so etwas wie Sandkörner. Wenn ich eine Handvoll Sand in die Luft werfe, dann ist es extrem schwierig, die Bahn eines einzelnen Sandkorns nachzuverfolgen. Aber prinzipiell ist es möglich. Für uns ist völlig klar: Jedes einzelne Sandkorn hat

