

Löw | Quanten. 100 Seiten



\* Reclam 100 Seiten \*



ROBERT LÖW ist Quantenphysiker, lehrt und forscht an der Universität Stuttgart und ist überdies Ausstellungsmacher und Kinderbuchautor. Er studierte an der Universität Regensburg, der Wesleyan University und am Massachusetts Institute of Technology. 2023 erschien sein Kinderbuch *Das Elektron im Swimmingpool – Geschichten aus der unglaublichen Welt der Quantenphysik*.

Robert Löw  
**Quanten. 100 Seiten**

RECLAM 

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

2024 Philipp Reclam jun. Verlag GmbH,  
Siemensstraße 32, 71254 Ditzingen  
Umschlaggestaltung: zero-media.net, München  
Grafiken und Illustrationen: © Frieder Löw;  
Autorenfoto: © Robert Löw  
Umschlagmaterial: Creative Print, Schabert  
Druck und Bindung: Esser printSolutions GmbH,  
Untere Sonnenstraße 5, 84030 Ergolding  
Printed in Germany 2024  
RECLAM ist eine eingetragene Marke  
der Philipp Reclam jun. GmbH & Co. KG, Stuttgart  
ISBN 978-3-15-020712-3

[www.reclam.de](http://www.reclam.de)

Für mehr Informationen zur 100-Seiten-Reihe:  
[www.reclam.de/100Seiten](http://www.reclam.de/100Seiten)

## Inhalt

- 1 Wer oder was sind diese Quanten?
- 7 Die drei Urväter der Quantenphysik
- 34 Teilchen, Teilchen und noch mehr Teilchen
- 42 Materiewellen
- 53 Die Kopenhagener Deutung
- 69 Spukhafte Fernwirkungen und  
verschränkte Zustände
- 75 Die zweite Quantenrevolution –  
die Quanten ziehen in unseren Alltag ein
- 95 Epilog – Quantenforschung global

Im Anhang Lektüretipps – von leicht bis etwas schwer  
Glossar





## Wer oder was sind diese Quanten?

Es gibt eine Welt, die ist so verrückt, dass wir sie uns kaum vorstellen können. Dort passieren Dinge, die mit dem gesunden Menschenverstand nicht in Einklang zu bringen sind. Sie widersprechen unseren Alltagserfahrungen und der Realität, wie wir sie kennen, fundamental. Dennoch ist diese Welt, die Quantenwelt, völlig real, ja wir leben sogar mitten in ihr. Warum bekommen wir dann von diesen Verrücktheiten nichts mit? Weil sie im Verborgenen stattfinden. Man muss schon sehr genau hinsehen, um etwas Ungewöhnliches zu erkennen. Genau hingesehen haben vor über 100 Jahren die Urväter der Quantenphysik, und sie erkannten, dass das eine oder andere aus der klassischen Physik bekannte Dogma geopfert werden musste, damit ihre Beobachtungen weiterhin korrekt in Formeln gefasst werden konnten. Diese neuen Formeln haben eine wissenschaftliche Revolution eingeläutet, die sogenannte *erste* Quantenrevolution.

Die Entdeckung der Quanten ist aus heutiger Sicht eine schier unglaubliche Erfolgsgeschichte. Keine andere Theorie zuvor konnte unsere Welt so exakt bis in das winzigste Detail beschreiben. Quantentheorie und Experiment liefern sich hierbei oft ein Wettrennen. Wer kann besser rechnen, und wer

kann besser messen? Mal weiß es die Theorie genauer, und dann übertrifft das Experiment wiederum die Theorie. Es ist von jeher ein Kopf-an-Kopf-Rennen. Unmöglichste quantenphysikalische Szenarien werden erdacht, die so einfach nicht stimmen können, nur um sie dann im Labor genau so real werden zu lassen. Es gibt bislang keinen Widerspruch.

Ist die Quantentheorie damit die letzte Theorie, die alles beschreibt, die den ganzen Kosmos in Gleichungen zu fassen vermag? Zum Glück gibt es noch zahllose Probleme, die zu lösen sind. Die zunächst einfachen Ideen der Quantenphysik haben sich durch all die Jahrzehnte zu einer recht anspruchsvollen, aber sehr eleganten Theorie entwickelt, die als das Standardmodell der Elementarteilchenphysik bezeichnet wird. Damit lassen sich der Elektromagnetismus, die schwache und die starke Wechselwirkung, die nur im Atomkern eine Rolle spielt, 61 Elementarteilchen sowie Teile der Relativitätstheorie unter einen Quantenhut bringen. Gleichwohl sind noch viele Fragen offen. Warum sieht dieses Modell genau so aus, wie es aussieht? Warum weist es manche Symmetrien auf und andere nicht? Was ist mit all den Konstanten, die in das Modell fließen und nicht berechnet, sondern nur gemessen werden können? Dies betrifft die mikroskopische Welt. Aber auch auf kosmischen Skalen gibt es noch viele ungelöste Angelegenheiten. Hier sind die spezielle (ohne Gravitation) und die allgemeine Relativitätstheorie (mit Gravitation) der Goldstandard. Seit der Vereinheitlichung der Quantentheorie mit der speziellen Relativitätstheorie wissen wir, dass es zu jedem Teilchen ein Antiteilchen gibt und dass es kurz nach dem Urknall von beiden Sorten wohl gleich viele gab. Dennoch finden wir in unserem Universum nur Materie und kaum Antimaterie vor. Wo hält sich die Antimaterie also versteckt? Was ist