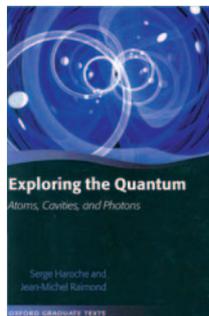


## ■ Exploring the Quantum

Gregor Wentzel ist bekannt durch seine approximative Lösung der zeitunabhängigen Schrödinger-Gleichung. Weniger bekannt ist, dass er schon 1924, d. h. vor Entdeckung von Matrix- und Wellen-Mechanik, die Feynmansche Pfadintegral-Formulierung der Quantenmechanik vorweggenommen hat. Diese in der Zeitschrift für Physik publizierte Arbeit trug den bemerkenswerten Titel „Zur Quantenoptik“.

Tatsächlich begann das Gebiet der Quantenoptik jedoch mit der Entdeckung des Lasers. Neue Lichtquellen wie Resonanzfluoreszenz und besonders der Mikromaser haben schließlich Mitte der 1980er-Jahre die zweite Ära der Quantenoptik eingeläutet. Die Betonung liegt auf Phänomenen mit wenigen Quanten, wobei sowohl die Materie als auch das Licht quantenmechanisch beschrieben werden muss. Die heutige Quantenoptik untersucht Vielteilchensysteme und die dabei auftretenden quantenmecha-



S. Haroche und J.-M. Raimond  
**Exploring the Quantum: Atoms, Cavities, and Photons**  
 Oxford University Press, Oxford 2006,  
 616 S., geb., 45 £  
 ISBN 9780198509141

nischen Korrelationen. Hierzu gehören Bose-Einstein-Kondensation, Quanteninformationsverarbeitung sowie die Resonator-Quantenelektrodynamik (QED).

„Exploring the Quantum“ von Serge Haroche und Jean-Michel Raimond liefert einen umfassenden Überblick über dieses hoch aktive Gebiet. Während andere Bücher zu diesem Thema stark den Formalismus betonen, besticht dieses Buch durch eine exzellente Mischung von Theorie und Experiment. Dies liegt daran, dass es von zwei Pionieren der experimentellen Quantenoptik verfasst wurde. Neben dem kürzlich verstorbenen Herbert Walther (Garching) sind Haroche und Rai-

mond Wegbereiter der experimentellen Resonator-QED und haben an der École Normale Supérieure in Paris bahnbrechende Experimente durchgeführt. Erwähnt seien hier nur die zerstörungsfreie Messung der Photonenzahl, die Rekonstruktion der Wigner-Funktion, die Erzeugung von „Schrödinger-Katzen“ sowie der periodische Austausch von Anregungen zwischen Atom- und Resonatorfeld.

Das vorliegende Buch beschreibt die Quantenoptik aus dem Blickwinkel von Experimentalphysikern. Dabei beschränken sich die Autoren nicht auf eine Zusammenfassung der eigenen Arbeiten, sondern diskutieren auch andere aktuelle Quantensysteme wie Ionenfallen und kalte Atome in optischen Gittern.

Der inhaltliche Aufbau wurzelt in einer modernen Sichtweise der Quantenmechanik. Deren Besonderheiten gegenüber der klassischen Mechanik, wie z. B. Nichtlokalität, Komplementaritätsprinzip und verschränkte Zustände, betonen die Autoren in den ersten

Prof. Dr. Wolfgang P. Schleich, Institut für Quantenphysik, Universität Ulm

Prof. Gregor Hertent, Department of Physics, Universität Freiburg

beiden Kapiteln. Die Wechselwirkung von Atomen mit einzelnen Lichtfeldern unter Einfluss eines Reservoirs ist zentral für die Experimente in der Resonator-QED. Dies führt in einer natürlichen Weise zu einer Beschreibung der Pariser Experimente. Die Physik von gespeicherten und verschränkten Ionen, d. h. der Weg zum Quantencomputer, und die Erzeugung von verschränkten Materiewellen beschließen eine einzigartige Reise durch das aufregende Land der Quantenoptik. Der neue Reiseführer von Haroche und Raimond ist daher ein Muss für jeden Physiker.

Wolfgang P. Schleich

## ■ The Standard Model

Das Standardmodell der Teilchenphysik gilt als eine der größten wissenschaftlichen Errungenschaften des 20. Jahrhunderts. Auch wenn es nicht die abschließende Theorie der Elementarteilchen sein sollte, so ist es auf jeden Fall eine hervorragende Näherung der wahren Theorie. Es ist somit unumgänglich, dass angehende Teilchenphysiker, Experimentatoren und Theoretiker, grundlegende Kenntnisse des Modells und seiner Anwendungen erwerben. Cliff Burgess und Guy Moore beabsichtigen mit ihrem Lehrbuch „The Standard Model“, Doktoranden der Teilchenphysik möglichst schnell eine umfassende und quantitative Einführung in das Standardmodell zu vermitteln.

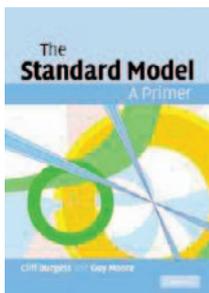
Das Buch beginnt mit einem kurzen Überblick über die wichtigsten Konzepte der Quantenfeldtheorie, soweit sie im späteren Verlauf des Buches benötigt werden. Anschließend wird die Lagrange-Dichte des Standardmodells

unter Verwendung der Felder der bekannten Elementarteilchen, einschließlich des Higgs-Bosons, zügig und kompakt zusammengestellt. Sogleich folgen in den weiteren Kapiteln die Berechnungen von Bosonzerfällen ( $Z^0$ ,  $W$ ,  $H$ ) in Fermionpaare und von rein leptonicen Tau-Zerfällen. Anhand dieser Beispielrechnungen werden die Feynman-Regeln eingeführt und zur Berechnung rein leptonicer Streuprozesse verwendet. Bei diesem Anfangstempo des Buches sollte man im Diplom- oder Masterstudium die Phänomenologie des Standardmodells bereits kennen gelernt haben.

Die Autoren legen großen Wert auf eine ausführliche Behandlung effektiver Feldtheorien, die in den meisten Lehrbüchern zum Standardmodell zu kurz kommen. Ausgestattet mit diesen theoretischen Grundlagen werden nun weitere aktuelle Themen der Teilchenphysik behandelt, z. B. Zerfälle von Hadronen, hadronische Wechselwirkungen, unelastische Streuung und CP-Verletzung. Interessant ist das ausführliche Kapitel über mögliche Erweiterungen des Standardmodells zur Beschreibung von Neutrinomassen. Vom Werkzeug der effektiven Feldtheorie wird bei diesen Themen häufig Gebrauch gemacht. Abgerundet wird das Lehrbuch zum Schluss mit einem Überblick über offene Fragen und mögliche Antworten jenseits des Standardmodells.

Insgesamt kann man das Lehrbuch sehr empfehlen. Es präsentiert ausführlich die Grundlagen für die Forschungstätigkeit eines Teilchenphysikers und könnte gewissermaßen als Schnittmenge des Wissens über das Standardmodell für einen Experimentator und einen Stringtheoretiker angesehen werden. Der experimentelle Teilchenphysiker wird sich intensiver mit experimentellen Methoden der Datenanalyse und experimentellen Tests des Standardmodells beschäftigen müssen. Der angehende Theoretiker wird nach der Lektüre Lust auf eines der vorgeschlagenen Bücher über Quantenfeldtheorie verspüren.

Gregor Herten



C. Burgess,  
G. Moore: **The Standard Model**  
Cambridge University Press, Cambridge 2006, 558 S., geb., 75 \$  
ISBN 9780521860369