

Foundations of Quantum Cosmology

Unter Quantenkosmologie versteht man die Anwendung der Quantentheorie auf das Universum als Ganzes. Das mag auf den ersten Blick überraschen, gilt die Quantentheorie doch als zuständig für die Welt der Atome, Kerne und Elementarteilchen. In Arbeiten zur Kosmologie spielen Quanteneffekte gelegentlich eine Rolle, etwa bei Teilchenprozessen im frühen Universum. Doch die globale Struktur von Raum und Zeit wird gemeinhin als klassisch angenommen und zumeist durch Einsteins Allgemeine Relativitätstheorie (ART) beschrieben.

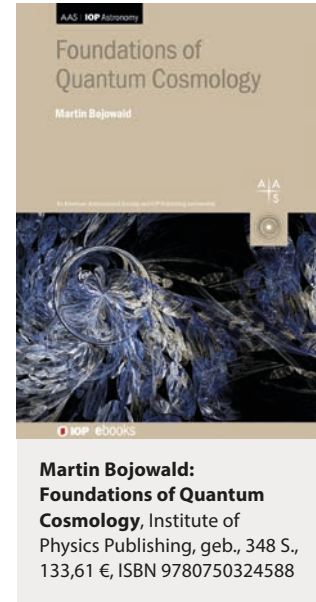
Geht man aber von der Universalität der Quantentheorie aus, ergibt sich eine andere Sichtweise. Quantensysteme sind üblicherweise an Freiheitsgrade ihrer Umgebung gekoppelt und werden dadurch mit diesen verschränkt. Das gilt auch für die Umgebung der Umgebung und endet erst mit dem Universum als einzig streng abgeschlossenem System. Aus dieser Perspektive ist es umgekehrt überraschend, dass sich das Universum so vorbildlich klassisch verhält. Allerdings wissen wir seit geraumer Zeit, warum dies auf makroskopische Systeme zutrifft – es liegt am irreversiblen Prozess der Dekohärenz, dem

Haupthindernis bei der Konstruktion leistungsfähiger Quantencomputer.

In der vorliegenden Monographie behandelt Martin Bojowald die formalen und begrifflichen Grundlagen der Quantenkosmologie. Da auf kosmischen Skalen die Gravitation dominiert, ist hierfür eine Theorie der Quantengravitation heranzuziehen – eine Theorie, die es in abgeschlossener und allgemein akzeptierter Form bisher nicht gibt.

Die ersten beiden Kapitel sind den klassischen Aspekten der Kosmologie gewidmet. Das sind zunächst naturgemäß die Gleichungen von Friedmann und Lemaitre, aus denen sich Aussagen über die zeitliche Entwicklung eines homogenen und isotropen Universums gewinnen lassen; es werden aber auch anisotrope und sphärisch-symmetrische Räume behandelt. Danach stellt der Autor das Prinzip der Kovarianz als Leitprinzip für die Formulierung von Gravitationstheorien vor, wobei außer der ART beispielsweise auch $f(R)$ -Theorien und die damit verwandten Skalar-Tensor-Theorien diskutiert werden. Quantenmechanik findet Einlass im dritten Kapitel und wird im zentralen vierten Kapitel auf die Kosmologie angewandt. Bojowald diskutiert wichtige Aspekte der Quantenkosmologie, wie das Problem der Zeit (die Abwesenheit eines äußeren Zeitpa-

rameters in den Grundgleichungen) oder die Möglichkeit, die von der ART vorhergesagten Singularitäten zu vermeiden. Letzteres lässt sich zum Beispiel durch konsistenten Einsatz von Bryce DeWitts Forderung nach Wellenfunktionen versuchen, die in



den Gebieten der klassischen Singularitäten (etwa beim Ur- und Endknall) verschwinden. Der Quantenkosmologie inhomogener Raumzeiten ist das abschließende sechste Kapitel gewidmet. Nur in diesem Rahmen ist die Entstehung von Strukturen im Universum zu verstehen. Bedauerlich ist, dass dem Band ein Register fehlt.

Im Vorwort findet sich der etwas enttäuschende Satz: „This book does not present a single physical prediction of quantum cosmology.“ Es ist richtig, dass dieses Gebiet bisher nicht mit Beobachtungen gesegnet ist, doch lassen sich durchaus Effekte berechnen, die zumindest prinzipiell beobachtbar sind, etwa im Anisotropiespektrum der Kosmischen Hintergrundstrahlung, ganz abgesehen von begrifflichen Konsequenzen wie der Begründung des Zeitpfeils.

Vor etwa zwanzig Jahren hat der Autor das Gebiet der „Loop Quantum Cosmology“ („Schleifenquantenkosmologie“) begründet, die Anwendung der im fünften Kapitel skizzierten Theorie der „Loop Quantum Gravity“ („Schleifenquantengravitation“) auf die Kosmologie. Das ist in dem vorliegenden Band zu spüren, wenn-

Historische Stätten der Physik in Jena

Die Stadt Jena hat nicht nur durch Ernst Abbe und Carl Zeiss eine reiche Physikgeschichte vorzuweisen. Diese ist in der Saalestadt an nahezu jeder Ecke anzutreffen. Daher wird Jena als Ganzes die Ehre zuteil, als Historische Stätte der European Physical Society ausgezeichnet zu werden.

Das Buch ist die ideale Erweiterung zum Streifzug zu Jena, den Christian Forstner für diese Ausgabe verfasst hat (vgl. S. 34). Im Buch bietet der Wissenschaftshistoriker zusammen mit Markus Ehberger, der an der TU Berlin als Promotionsstudent zur frühen Quantenelektrodynamik forscht, 16 bebilderte Streifzüge durch Jenas Physikgeschichte. Die Schwerpunkte bilden Optik und Astronomie; aber auch Gravitations- und Festkörperphysik verfügen über eine Tradition in Jena, die anhand ausgewählter historischer Erinnerungsorte dargestellt wird. Ein einleitender Beitrag spannt den Rahmen für die Physikgeschichte. Das im Buch enthaltene Personenregister, Leseproben sowie der Stadtplan mit den wichtigsten Stationen des schön gestalteten physikalischen Stadtführers finden sich unter bit.ly/3hgZzRj. (AP)



Markus Ehberger und Christian Forstner: Kommunikationsraum Stadt – Historische Stätten der Physik in Jena, GNT-Verlag, Diepholz 2021, brosch., 130 S., 14,80 €, ISBN 9783862251247

gleich der Rahmen hier sehr viel weiter gesteckt ist und auch der Blick auf die Schleifenkosmologie ein anderer – und sehr viel kritischerer – ist als in den früheren Arbeiten. Mit einigen Vorkenntnissen kann man der sehr klaren Darstellung gut folgen und an den Einsichten des Autors auf diesem spannenden, aber bei weitem nicht abgeschlossenen Gebiet teilnehmen

Prof. Dr. Claus Kiefer,
Universität zu Köln

Die souveräne Expertin

Mit diesem kompakten Sachbuch verspricht Volker Hahn im Untertitel 77 Tipps für die verbale Wissenschaftskommunikation. Trotz des Titels richtet er sich nicht nur an Frauen – dazu später mehr. Die Tipps gruppiert der



Volker Hahn:
Die souveräne Expertin. 77 Tipps für die verbale Wissenschaftskommunikation, Springer Berlin Heidelberg, XXIII + 190 S., Softcover, 22,99 €, ISBN 9783662617229

Autor entlang einer Zeitachse – wobei er das Gespräch über das eigene Forschungsgebiet genauso meint wie die Teilnahme an einer Talkshow oder den Vortrag bei der Nacht der Wissenschaften. Zur Orientierung zeigen drei Symbole zu Beginn jedes Tipps, ob dieser relevant für Interviews, Vorträge oder Gespräche ist. Falls sich etwas auch auf geschriebene Texte anwenden lässt, merkt Hahn dies explizit an. Die Tipps sind knapp und verständlich,

wie es bei guter (Wissenschafts-)Kommunikation sein sollte. Das erste Praxisbeispiel erhält man also beim Lesen en passant. Ähnlich verfährt der Autor mit seinen Kernbotschaften: Getreu dem Tipp 14 „Randaspekte aussparen, Kernbotschaften wiederholen“ erklärt er Fachbegriffe und zeigt bei fast allen Tipps konkrete Beispiele, „Wie andere das machen“ beziehungsweise „Was andere dazu sagen“. Weil den Beispielen stets einer der beiden Zwischentitel vorausgeht, setzen sie sich gut von den Tipps ab – das Buch eignet sich daher auch zum Nachschlagen.

Gelungen ist die Idee, die längeren Tipps mit einem passenden Zitat abzuschließen. Über die Auswahl lässt sich trefflich streiten, aber sie erfüllen den Zweck, die Kernbotschaft noch einmal zuzuspitzen. Ein schönes Beispiel sind am Ende von Tipp 32 („Kurze Sätze“) die beiden Ratschläge von Kurt Tucholsky alias Peter Panter für gute und schlechte Redner: „Hauptsätze, Hauptsätze, Hauptsätze“ bzw. „Sprich mit langen, langen Sätzen...“.

Volker Hahn rundet die 77 Tipps mit fünf Interviews ab, die er mit Wissenschaftlerinnen, Pressesprechern und Redaktionsleitern geführt hat. Diese bringen noch einmal auf den Punkt, was aus ihrer unterschiedlichen Sichtweise gute Wissenschaftskommunikation ausmacht und wie sie gelingen kann. Eine Literaturliste mit über 110 Einträgen regt zur vertieften Lektüre an. So schnürt Hahn ein gelungenes Gesamtpaket zum günstigen Preis – und verheimlicht dabei nicht, dass nur das Üben und Ausprobieren der Tipps zum Profi macht.

Doch nun zurück zum Buchtitel, zu dem der Autor im Vorspann Stellung nimmt: „In meinen Texten sind alle Menschen, die forschen oder früher geforscht haben, weiblich. Alle anderen Menschen sind Männer.“ Dass die Wissenschaftlerin also durchgehend mit einem Journalisten spricht, lässt anfangs stolpern, führt aber im Laufe der Lektüre zum gewünschten Effekt: Bei allen Personen, die nicht namentlich genannt werden, stellt sich die Frage nach deren Geschlecht nicht mehr. Bleibt zu hoffen, dass der Titel nicht allzu viele männliche Leser vom Kauf des Buchs abhalten wird.

Kerstin Sonnabend

Die 42 größten Rätsel der Physik

Die Anspielung auf „Per Anhalter durch die Galaxis“ von Douglas Adams machte mich neugierig, denn die Zahl 42 ist die Antwort auf die „ultimative Frage nach dem Leben, dem Universum und dem ganzen Rest“. Nach Lektüre des Sachbuchs von Ilja Bohnet, Forschungsbereichsbeauftragter in der Geschäftsstelle der Helmholtz-Gemeinschaft in Berlin, bezweifle ich, dass Douglas Adams, ein großer Freund der Wissenschaft, seinen Spaß an diesem Buch gehabt hätte. Für wel-



Ilja Bohnet:
Vom Quantenschaum bis zum Rand des Universums, KOSMOS Verlag, Stuttgart 2020, 256 S., brosch., 15 €, EAN: 9783440168820

che Zielgruppe ist es gemacht? Dies ist für mich das 43. Rätsel: Neben der oft künstlichen Verrätselung (etwa „Frage 12: Worin bestehen die Rätsel der heißen Plasmen“) ergibt sich eher der Eindruck eines Repetitoriums, verstärkt durch die Aufteilung der Kapitel in die Fachgebiete der Physik, wie man sie aus Uni-Vorlesungen kennt.

Für Lesende mit Vorkenntnissen ist die Darstellung zu kurzatmig, für Laien dürfte vieles unverständlich bleiben, zumal instruktive Abbildungen und ein Glossar fehlen. Die Zitate der vielen befragten Physiker*innen erklären oft wenig, sondern wirken eingestreut.

Die künstliche Kleinteiligkeit der „42 größten Rätsel“ spannt keinen didaktischen roten Faden und verschleiert, welche erstaunlichen Erkenntnisse die Physik mit einfachen Prinzipien und letztlich mit immer genaueren Zeit- und Längenmessungen geliefert hat. Versteht man dies, lassen sich ultimative Fragen formulieren.

Alexander Pawlak