

sich darauf verlassen, dass Rooch stets vor weiteren Beweisen die nötigen Grundlagen ins Gedächtnis ruft. Da sich das Buch bequem in einem Rutsch lesen lässt, mag das sehr viel der Wiederholung sein – aber es nützt allen, die in diesen mathematischen Sphären weniger bewandert sind.

Auf den Teil zu Cantor folgen die Ereignisse rund um David Hilberts Vorstoß, die Mathematik zwischen 1900 und 1930 auf ein neues Fundament zu stellen. In angemessener Weise schließt dieser zweite Teil an Cantors Erkenntnisse an und belegt, dass auch die Entwicklungen in der Physik dieser Zeit mit den Umbrüchen in der Mathematik zusammenhängen. Zu guter Letzt zeigt der dritte Teil anhand der Erkenntnisse Kurt Gödels, dass auch ein genialer Mathematiker wie Hilbert nicht unfehlbar war. Vor näheren Erläuterungen der Unvollständigkeitssätze des Mathematikers, Philosophen und Logikers Gödel schreckt Aeneas Rooch nicht zurück.



**Aeneas Rooch: Die Entdeckung der Unendlichkeit – Das Jahrhundert, in dem die Mathematik sich neu erfand 1870 – 1970**, Wilhelm Heyne Verlag, München, 2022, geb., 416 S., 22 Euro, ISBN 9783453218185

Dazu nutzt er eine „Nerd-Zone“, die er im gesamten Buch einsetzt, wenn er einen Beweis erläutert oder komplizierte Zusammenhänge näher ausführt: Auch ohne deren Lektüre bleibt der Text in sich geschlossen lesbar. Die einfachen und einprägsamen Illustrationen von Inka Hagen unterstützen das Nachvollziehen der

Argumentationen. Wer gerne selbst in die Unendlichkeit im mathematischen Sinne eintauchen möchte oder die Inhalte einiger Mathematik-Vorlesungen einmal vergnüglich aufbereitet lesen mag, der kann mit diesem Buch nichts falsch machen

**Kerstin Sonnabend**

## Wo sind sie alle?

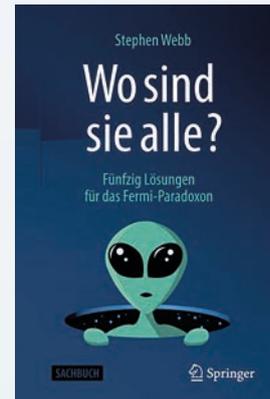
Für einen später verworfenen wissenschaftlichen Vorspann zu seinem Film „2001 – A Space Odyssey“ ließ Regisseur Stanley Kubrick 21 führende Wissenschaftler:innen die Frage nach der Existenz außerirdischen Lebens beantworten. Die Texte der Interviews erschienen Jahrzehnte später als Buch,<sup>1)</sup> das auch auf weiterführende Literatur hinweist. Dort findet sich auch das Buch „Where is Everybody?“ (2002) des britischen Physikers Stephen Webb, das als „wunderbar umfassender und witziger Band mit vielen Ideen und Vorschlägen“ charakterisiert und als unverzichtbar gelobt wird. Webb sammelte 50 Antworten auf Enrico Fermis Frage nach der Existenz außerirdischer Zivilisationen, die er 2015 auf 75 erweiterte. Nun erscheint das Buch auf Deutsch, allerdings mit 50 Antworten. Nicht zuletzt dank des Übersetzers Matthias Delbrück, einem bewährten Korrespondenten des Physik Journals, liegt damit „geradezu ein neues Buch“ vor, wie Webb in seinem Vorwort betont.

Stephen Webb erklärt zunächst den Ursprung und die Überlieferung des Fermi-Paradoxons und warum es sich überhaupt um ein Paradoxon handelt. Zudem macht er klar, was die Frage „Wo sind sie alle?“ tiefgründiger macht, wenn Enrico Fermi sie stellt. Die Lösungsansätze gruppieren sich in drei Abteilungen: „Sie sind (oder waren) schon hier“, „Es gibt sie, wir haben sie bloß noch nicht gesehen (oder gehört)“ und „Es gibt sie nicht“. Nummer 50 ist Webbs eigener, eher pessimistischer und durchaus überraschender Standpunkt.

Wen die Frage nach außerirdischen Zivilisationen fasziniert, der kommt an Webbs Buch nicht vorbei, das seriöse wie nicht ganz ernstgemeinte,

bekannte und eher unbekanntere Lösungen präsentiert – immer auf anregende Weise. Man spürt die Begeisterung für das Thema und die langjährige intensive Beschäftigung damit.

Das Buch punktet außerdem mit zahlreichen Abbildungen, viele davon in Farbe, und vor allem durch einen über 70-seitigen Anhang mit Anmerkungen, Literaturverzeichnis und Register, der genug Stoff für eine weitergehende Beschäftigung bietet.



**Stephen Webb: Wo sind sie alle? – Fünfzig Lösungen für das Fermi-Paradoxon**, Springer Berlin, Heidelberg, 2021, geb., XI + 370 S., 24,99 Euro, ISBN 9783662632895

Matthias Delbrück hat nicht zuletzt in den Anmerkungen vieles ergänzt und agiert dabei immer wieder als „Sidekick“ des Autors. Schade ist es, dass das Buch mit Kubricks Interviews in der Literaturliste fehlt; auch die Überlegungen des polnischen Science-Fiction-Autors Stanisław Lem zu außerirdischen Zivilisationen hätten einen Verweis verdient. Doch bei der Fülle an Material zum Thema sind Lücken unvermeidbar, sodass sich auch mal kleinere Ungenauigkeiten oder Fehler einschleichen können.<sup>2)</sup>

Die Meriten des gehaltvollen und kurzweiligen Buchs schmälert das jedoch nicht. Stanley Kubrick hätte daran sicher seine Freude gehabt. Er gab sich – im Gegensatz zu Stephen Webb – 1968 im Interview mit dem amerikanischen Playboy-Magazin optimistisch: „Es ist vernünftig anzunehmen, dass es in der Tat unzählige Milliarden von Planeten gibt, auf

1) Anthony Frewin (Hrsg.), Are We Alone?, Elliot & Thompson, London 2005

2) In der Erstauflage verweisen übrigens die Referenzen in den Anmerkungen nicht auf die anschließende Literatur, da dort die Nummerierung fehlte. Der korrigierte Anhang der späteren Auflagen ist als PDF auf der Verlagsseite verfügbar: [link.springer.com/book/10.1007/978-3-662-63290-1](http://link.springer.com/book/10.1007/978-3-662-63290-1)

denen Leben entstanden ist, und die Wahrscheinlichkeit, dass ein Teil dieses Lebens Intelligenz entwickelt, ist hoch.“ Ob er damit recht hat, muss die Zeit zeigen. Bis dahin bleibt Webbs Buch auch auf Deutsch unverzichtbar.

Alexander Pawlak

## Was ist Dunkle Materie?

Vorab sei gleich gesagt: Eine Antwort auf die titelgebende Frage „Was ist Dunkle Materie?“ gibt Thomas Bühke in seinem neuen Buch nicht. Das würde auch verwundern, dauert doch „Die Suche nach der unsichtbaren Kraft im All“ weiterhin an. Stattdessen erklärt er auf den mit Fotos und Zeichnungen reich ausgeschmückten Seiten den aktuellen Wissensstand und lässt in mehreren Interviews führende Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftler zu Wort kommen.

Als Leitfaden dient ihm das heutige Standardmodell der Kosmologie, das zwar überaus erfolgreich astronomische Beobachtungen beschreibt, dafür allerdings neben der besagten

miger Strukturen im Universum und der Notwendigkeit einer inflationären Phase widmet der Autor eigene, geschickt miteinander verzahnte Abschnitte. Dabei macht er deutlich, wie wichtig das Zusammenspiel beobachteter und simulierter Daten ist, um die theoretische Beschreibung der Zusammenhänge voranzubringen.

Den Einfluss der Dunklen Materie auf Chemie und Kernphysik hebt Bühke mit der Elementsynthese nach dem Urknall hervor. Eine Übersicht zur frühen Entwicklung des Universums – kompakt auf einer Doppelseite – fasst wesentliche Erkenntnisse des Standardmodells der Kosmologie zusammen. Um im Anschluss die experimentelle Suche nach Dunkler Materie zu beschreiben, führt er die wichtigsten Zusammenhänge des Standardmodells der Teilchenphysik ein: eine Theorie, die wie ihr Pendant aus der Kosmologie überaus erfolgreich ist, aber zwingend einer Erweiterung bedarf.

Den Abschluss der interessanten Lektüre bildet ein kurzer Abschnitt zu alternativen Theorien und Modellen, die ohne Dunkle Materie auskommen. Eine Zeittafel zu den Meilensteinen der Dunkle-Materie-Forschung beschließt den Text. Während ein ausführliches Register das Nachschlagen von Begriffen erleichtert, suchen neugierige Lesende Hinweise auf weiterführende Literatur vergeblich. Etwas ärgerlich ist die schlecht ausgeführte Bindung, die es bei schwungvollem Umblättern zulässt, dass Seiten ausreißen. Auch fand ich es schade, dass Thomas Bühke auf dem generischen Maskulinum beharrt: Es hätte dem Lesevergnügen sicher nicht geschadet, explizit auszudrücken, dass Frauen und Männer zu den bemerkenswerten Erkenntnissen über die Dunkle Materie beigetragen haben – in Theorie, Experiment und Simulation.

Kerstin Sonnabend

## Atlas des Unsichtbaren

Was sagen Mobilfunkdaten über Migrationsbewegungen aus? Wie steht es mit der Internetabdeckung in verschiedenen Regionen der Welt? Und

wo sind die Menschen am glücklichsten? Diese und andere Fragen, die dem Auge normalerweise verborgen bleiben, wollen die Autoren mit ihrem Buch sichtbar machen.

Dieses enthält eine große Vielfalt an Themen. Sie reichen von Wanderbewegungen der Vergangenheit bis zu heutigen Pendlerbewegungen, sie machen geschlechterspezifische Gewalt deutlich, aber auch Linien im Flugverkehr. Sie illustrieren die Häufigkeit von Waldbränden ebenso wie

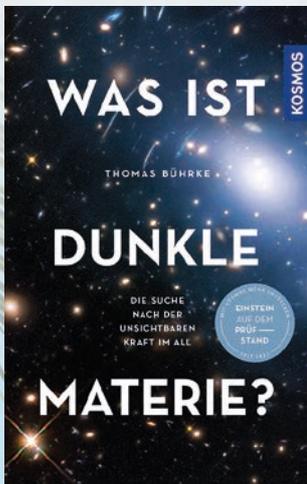


James Cheshire, Oliver Urbert: **Atlas des Unsichtbaren**, Carl Hanser Verlag, München, 2022, geb., 216 S., 26 Euro, ISBN 9783446270930

die weltweite Luftverschmutzung oder Klimaveränderungen. Weil die Autoren den Schwächeren eine Stimme geben möchten, gibt es z. B. eine Karte zu Sklavereiströmen zwischen 1514 und 1866 und eine zu Walfangquoten.

So vielfältig wie die Themen sind auch die Art der Karten und der Radius, den sie in den Blick nehmen. Einige zeigen globale Phänomene, etwa wie lange man in welchem Teil der Erde bis zur nächsten Großstadt braucht. Andere fokussieren auf Einzelschicksale, beispielsweise eine ungewöhnlich gestaltete Karte, welche die individuellen Lebenswege zweier Insassen von Konzentrationslagern nachzeichnet.

Die Karten zeigen nicht nur Momentaufnahmen, sondern auch zeitliche Entwicklungen. Diejenige der Lichtverschmutzung zwischen 2012 und 2016 verdeutlicht beispielsweise, dass in Europa die Maßnahmen gegen die Lichtverschmutzung greifen. In anderen Teilen der Welt, etwa in Indien, hat sie deutlich zugenommen:



Thomas Bühke: **Was ist Dunkle Materie? – Die Suche nach der unsichtbaren Kraft im All**, Franckh-Kosmos Verlag, Stuttgart, 2022, geb., 256 S., 22 Euro, ISBN 9783440174210

Dunklen Materie auch noch die Dunkle Energie einführen muss. Auf letztere kommt Bühke nur dann zu sprechen, wenn es unbedingt nötig ist. Das stört jedoch nicht, ist doch die Dunkle Materie ausreichend mysteriös.

Zunächst erläutert er, welche Beobachtungen die Dunkle Materie für das Standardmodell unverzichtbar machen. Den Rotationskurven von Galaxien, der Masse von Galaxienhaufen sowie der Bildung großräu-