

# Zyklen der Zeit

Eine neue ungewöhnliche Sicht des Universums

VON

Prof. Roger Penrose, Thomas Filk

1. Auflage

Zyklen der Zeit – Penrose / Filk

schnell und portofrei erhältlich bei [beck-shop.de](http://beck-shop.de) DIE FACHBUCHHANDLUNG

Spektrum Akademischer Verlag 2011

Verlag C.H. Beck im Internet:

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

ISBN 978 3 8274 2801 1

# Vorwort

Eines der größten Geheimnisse unseres Universums ist die Frage, woher es einmal gekommen ist.

Als ich zu Beginn der 1950er Jahre als Doktorand der Mathematik an die Cambridge University kam, erlebte ich die Hochkonjunktur einer faszinierenden kosmologischen Theorie, die als Steady-State-Modell bekannt war. Nach diesem Modell hatte das Universum keinen Anfang, und es sollte auch für alle Zeiten mehr oder weniger unverändert bleiben. Das Steady-State-Universum hatte diese Eigenschaften, obwohl es sich gleichzeitig ausdehnte, denn die anhaltende Verdünnung der Materie durch die Ausdehnung wurde durch eine ständige Erzeugung von neuer Materie in Form von außerordentlich dünnem Wasserstoffgas ausgeglichen. Mein Freund und damaliger Mentor in Cambridge, der Kosmologe Dennis Sciama, der mir auch die Begeisterung für die neue Physik vermittelte, war zu jener Zeit ein großer Befürworter der Steady-State-Kosmologie, und er versuchte mich von der Schönheit und der Aussagekraft dieses bemerkenswerten Modells für unsere Welt zu überzeugen.

Doch diese Theorie hatte in der Folgezeit keinen Bestand. Ungefähr zehn Jahre, nachdem ich erstmals nach Cambridge gekommen und mit der Theorie recht vertraut geworden war, entdeckten Arno Penzias und Robert Wilson zu ihrer eigenen Überraschung eine alles durchdringende elektromagnetische Strahlung, die aus allen Richtungen des Kosmos zu uns gelangt. Heute bezeichnet man diese Strahlung als kosmischen Mikrowellenhintergrund oder CMB (für „cosmic microwave background“). Sehr bald erkannte Robert Dicke, dass eine solche Strahlung schon vorhergesagt worden war und dass es sich hierbei um die Reste eines „Blitzes“ aus dem Urknall han-

delt, dem unser Universum entsprungen ist und von dem man heute annimmt, dass er vor ungefähr 14 000 Millionen Jahren (14 Milliarden Jahren) stattgefunden hat. Ein solches Ereignis wurde zum ersten Mal ernsthaft von Monsignore Georges Lemaître im Jahre 1927 in Erwägung gezogen. Für ihn war es eine Folgerung aus der Arbeit von Albert Einstein im Jahre 1915 über die Gleichungen der Allgemeinen Relativitätstheorie und den frühen Beobachtungen, die auf eine Ausdehnung des Universums hindeuteten. Mit viel Mut und wissenschaftlicher Ehrlichkeit (als die CMB-Daten zunehmend bestätigt wurden) zog Dennis Sciama seine früheren Ansichten öffentlich zurück und unterstützte von da an die Idee eines Urknalls als Ursprung unseres Universums.

Seit jener Zeit hat sich die Kosmologie von einem spekulativen Unternehmen zu einer exakten Wissenschaft gemausert, und die sorgfältige Analyse der CMB – die durch sehr genaue Daten aus unzähligen großartigen Experimenten möglich wurde – hat einen wesentlichen Anteil an dieser Revolution. Trotzdem sind viele Rätsel geblieben, und nach wie vor gibt es viele Spekulationen. In diesem Buch möchte ich nicht nur die wichtigsten Modelle der klassischen relativistischen Kosmologie vorstellen, sondern auch verschiedene Entwicklungen beschreiben und verblüffende Themen ansprechen, die seit damals aufgekommen sind. Insbesondere scheint es eine grundsätzliche Unverträglichkeit zwischen dem Zweiten Hauptsatz der Thermodynamik und der Natur des Urknalls zu geben. In Bezug auf diese Unverträglichkeit möchte ich ein paar eigene Spekulationen vorbringen, die verschiedene Stränge von unterschiedlichen Aspekten des heutigen Universums zusammenbringen sollen.

Mein eigener ungewöhnlicher Zugang geht auf Einsichten aus dem Sommer 2005 zurück, obwohl viele Einzelheiten jüngerer Datums sind. Diese Beschreibung betont die geometrischen Vorstellungen, und ich habe gleichzeitig versucht, möglichst wenige Gleichungen oder technische Details einfließen zu lassen. All diese Dinge wurden auf die Anhänge verteilt, die nur für die Experten gedacht

sind. Das Modell, das ich im Folgenden vertreten werde, ist in der Tat unorthodox, allerdings beruht es auf fest fundierten geometrischen und physikalischen Ideen. Auch wenn dieser Zugang vollkommen anders ist, trägt er doch deutliche Züge der alten Steady-State-Theorie.

Ich frage mich, was Dennis Sciama dazu gesagt hätte.

## Danksagungen

Ich danke vielen meiner Freunde und Kollegen für ihre wichtigen Beiträge, Anregungen und Ideen bezüglich des kosmologischen Modells, das ich hier beschreiben möchte. Von besonderer Bedeutung waren eingehende Diskussionen mit Paul Tod hinsichtlich seines Modells und der damit zusammenhängenden konformen Erweiterung der Weyl-Krümmungs-Hypothese. Viele Ergebnisse seiner Untersuchungen erwiesen sich für die genaue Herleitung der Gleichungen in der konformen zyklischen Kosmologie, wie ich sie hier vorstellen werde, als entscheidend. Am anderen Ende der Zeitskala wurden die beeindruckenden Untersuchung von Helmut Friedrich über die konforme Unendlichkeit, insbesondere seine Arbeiten zu Kosmologien mit einer positiven kosmologischen Konstante, zu einer weiteren Stütze der mathematischen Rigorosität dieses Modells. Außerdem hat Wolfgang Rindler seit vielen Jahren wesentliche Beiträge zu diesen Ideen geliefert, insbesondere seine grundlegenden Überlegungen zur Natur kosmologischer Horizonte, aber auch in Form seiner Zusammenarbeit mit mir über den 2-Spinor-Formalismus sowie die Diskussionen über die Rolle des inflationären Universums.

Wichtige Beiträge stammen auch von Florence Tsou (Sheung Tsun) und Hong-Mo Chan, die mir ihre Ideen über die Natur der Masse in der Teilchenphysik erläutert haben, sowie von James Bjor-



<http://www.springer.com/978-3-8274-2801-1>

Zyklen der Zeit

Eine neue ungewöhnliche Sicht des Universums

Penrose, R.

2011, XVIII, 350 S. 94 Abb., Hardcover

ISBN: 978-3-8274-2801-1

A product of Spektrum Akademischer Verlag