

Das unbekannte Universum



Stuart Clark zählt zu den bekanntesten englischen Wissenschaftspublizisten im Bereich der Astronomie. Der promovierte Astrophysiker ist Fellow der britischen Royal Astronomical Society, Autor des Guardian-Blogs „Across the Universe“ und Korrespondent des *New Scientist*. Er hat zahlreiche Sachbücher veröffentlicht, darunter das mehrfach ausgezeichnete *The Sun Kings* und die ebenfalls bei Springer erschienenen Titel *Kosmische Reise* und *Die großen Fragen – Universum*.

Stuart Clark

Das unbekannte Universum

Raum, Zeit und
die moderne Kosmologie

Aus dem Englischen übersetzt
von Bernhard Gerl

 Springer

Stuart Clark
c/o Head of Zeus
London, Großbritannien

Übersetzt von Bernhard Gerl

ISBN 978-3-662-54895-0 ISBN 978-3-662-54896-7 (eBook)
DOI 10.1007/978-3-662-54896-7

Die Deutsche Nationalbibliothek verzeichnet diese Publikation in der Deutschen Nationalbibliografie; detaillierte bibliografische Daten sind im Internet über <http://dnb.d-nb.de> abrufbar.

Übersetzung der englischen Ausgabe: *The Unknown Universe* von Stuart Clark, erschienen bei Head of Zeus Ltd., © Stuart Clark 2015. Alle Rechte vorbehalten
© Springer-Verlag GmbH Deutschland 2017

Das Werk einschließlich aller seiner Teile ist urheberrechtlich geschützt. Jede Verwertung, die nicht ausdrücklich vom Urheberrechtsgesetz zugelassen ist, bedarf der vorherigen Zustimmung des Verlags. Das gilt insbesondere für Vervielfältigungen, Bearbeitungen, Übersetzungen, Mikroverfilmungen und die Einspeicherung und Verarbeitung in elektronischen Systemen.

Die Wiedergabe von Gebrauchsnamen, Handelsnamen, Warenbezeichnungen usw. in diesem Werk berechtigt auch ohne besondere Kennzeichnung nicht zu der Annahme, dass solche Namen im Sinne der Warenzeichen- und Markenschutz-Gesetzgebung als frei zu betrachten wären und daher von jedermann benutzt werden dürften.

Der Verlag, die Autoren und die Herausgeber gehen davon aus, dass die Angaben und Informationen in diesem Werk zum Zeitpunkt der Veröffentlichung vollständig und korrekt sind. Weder der Verlag noch die Autoren oder die Herausgeber übernehmen, ausdrücklich oder implizit, Gewähr für den Inhalt des Werkes, etwaige Fehler oder Äußerungen. Der Verlag bleibt im Hinblick auf geografische Zuordnungen und Gebietsbezeichnungen in veröffentlichten Karten und Institutionsadressen neutral.

Planung: Frank Wigger

Gedruckt auf säurefreiem und chlorfrei gebleichtem Papier

Springer ist Teil von Springer Nature
Die eingetragene Gesellschaft ist Springer-Verlag GmbH Deutschland
Die Anschrift der Gesellschaft ist: Heidelberger Platz 3, 14197 Berlin, Germany

Inhaltsverzeichnis

1	Der Architekt des Universums	1
2	Selenes Geheimnisse	31
3	Im Schmelztiegel der Gravitation	63
4	Sternenzoo	99
5	Löcher im Universum	127
6	Der üppige Himmelsgarten	169
7	Hell-Dunkel-Malerei	199
8	Der Tag ohne Gestern	227

VI	Inhaltsverzeichnis	
9	Raumzeitlandschaften und Multiversen	253
10	Rettung aus den Klauen der Singularität	283
	Weiterführende Literatur	315
	Sachverzeichnis	317

Einleitung: Der Tag, an dem wir das Universum sahen

Es war der Tag, auf den die Kosmologen gewartet hatten, der Tag, für den uns das endgültige Bild des frühen Universums versprochen wurde: der 21. März 2013, nur 24 h nach der Frühjahrs-Tagundnachtgleiche. Die Symbolik hinter diesem Ereignis hätte nicht passender sein können, denn die Kahlheit des Winters machte der Hoffnung auf den Frühling Platz, wir traten in eine neue Jahreszeit der Kosmologie ein, eine, in der die Antworten auf die Frage nach dem Ursprung des Universums offen vor unseren Augen liegen würden.

Die Antworten waren in einem einzigen Bild enthalten, das die ESA (European Space Agency) auf einer Pressekonferenz in ihrer Zentrale in Paris enthüllen wollte. Es war von einem Satelliten der ESA, 1,5 Mio. km von der Erde entfernt, aufgenommen worden, der den Namen des großen deutschen Physikers Max Planck (1858–1947) trug.

Er hatte in einem Zeitraum von zweieinhalb Jahren akribisch Pixel für Pixel eines Bildes aufgezeichnet, das zeigte, wie der Himmel aussehen würde, wenn unsere Augen Mikrowellen anstelle des normalen Lichts sehen könnten. Auf den ersten Blick sah es nach nichts Besonderem aus: ein Oval mit blauen und goldenen Flecken, doch es ist vermutlich das wichtigste Bild des Universums, das je gemacht wurde.

Im Grunde sind Mikrowellen und sichtbares Licht das Gleiche. Beides sind Wellen, die Energie durch den Raum tragen. Der einzige Unterschied besteht in der Wellenlänge. Mikrowellen sind mehr als tausendmal länger als die Wellen des sichtbaren Lichts. Das bedeutet nicht, dass sie wirklich lang sind. Die Mikrowellen auf diesem Bild lagen alle zwischen ungefähr 0,3 und 1,1 mm und waren schon fast 14 Mrd. Jahre durch den Weltraum gereist. Sie gehörten zu den ersten Lichtstrahlen, die im Universum erzeugt wurden und hatten sich mehr als 9 Mrd. Jahre vor der Entstehung unseres Planeten auf den Weg gemacht. Es wurden zwar schon früher Aufnahmen von dieser Strahlung gemacht, doch keine war so detailliert wie das Bild von Planck, und keine lieferte einen so guten Einblick in die Ursprünge des Kosmos.

Aus Gründen, die ich im Kap. 8 genauer erläutern werde, beweisen die Mikrowellen, dass das Universum einen Anfang hat oder dass es zumindest einmal vollkommen anders war als heute. Der Witz dabei ist, dass diese Signale erst einmal als Mist betrachtet wurden, als sie 1964 von zwei Radioingenieuren entdeckt wurden – im wahrsten Sinne des Wortes: Mist.

Arno Penzias und Robert Wilson bastelten an einer alten Empfangsantenne für Radiowellen herum, die nicht mehr gebraucht wurde. Sie teilten die Antenne mit einem Taubenpaar, das sich dort eingenistet und sein Heim mit Kot bedeckt hatte. Als das Teleskop ein alles überlagerndes Rauschen aufzeichnete, machten Penzias und Wilson erst einmal elektrische Interferenzen aufgrund des Taubendrecks dafür verantwortlich. Sie entfernten die Tauben, indem sie sie ans andere Ende des Staates brachten und sie dort wieder frei ließen. Dann reinigten sie das Teleskop. Und was haben wohl die Tauben gemacht? Natürlich, sie sind zurück in ihr Heimatnest geflogen. Das Problem kam also zurück, und Penzias und Wilson mussten sich eine andere Lösung ausdenken – diesmal eine nachhaltige. Ein Mann und ein Gewehr spielten dabei eine Rolle. Dann reinigten sie das Teleskop noch einmal und fingen wieder mit ihren Beobachtungen an.

Das Rauschen blieb.

Es war nicht der Taubendreck, sondern die kosmische Mikrowellenhintergrundstrahlung, das älteste Licht des Universums – eine Entdeckung, die ihnen den Nobelpreis einbrachte. Diese Strahlung wurde zu einem wichtigen Beweisstück der Kosmologie, also der Wissenschaft, die das Universum zu verstehen versucht. Sie wurde vom Universum nur 380.000 Jahre nach einem geheimnisvollen Ereignis abgestrahlt, das die Astronomen Urknall (engl. Big Bang) getauft haben.

So wie sich ein Archäologe durch immer ältere Schichten der Erde gräbt, um die Spuren der Evolution zu erkennen, blicken Astronomen immer weiter in die Ferne. Je

weiter hinaus sie ihren Blick richten, umso länger hat das Licht benötigt, um diese Entfernung zurückzulegen. Deshalb sind die Abbilder der beobachteten Himmelskörper auch umso älter, je weiter sie entfernt sind. Wie wir in Kap. 4 sehen werden, breitet sich das Licht sehr schnell aus, aber nicht mit unendlich großer Geschwindigkeit. In einem einzigen Jahr legt es 9,5 Billionen Kilometer zurück, eine Strecke, die die Astronomen Lichtjahr nennen. Ist ein Objekt 1 Lichtjahr entfernt, hat das Licht ein Jahr benötigt, um uns zu erreichen. Deshalb sehen wir das Objekt so, wie es vor einem Jahr ausgesehen hat, als das Licht abgestrahlt wurde. Es gibt keine Möglichkeit herauszufinden, wie es jetzt gerade aussieht. Es ist ein wenig so, wie wenn ein Brief auf dem Postweg verloren gegangen ist, und wir uns darüber Gedanken machen, ob sein Inhalt wohl noch aktuell ist, wenn er doch noch ankommt.

Der Vorteil ist, dass das Astronomen möglich macht, die veränderliche Natur des Universums zu untersuchen. Denken wir zum Beispiel an unsere kosmische Umgebung. Sie reicht einige hundert Lichtjahre weit. Deshalb erscheinen uns die Sterne in den äußeren Regionen so, wie sie zur Zeit des Höhepunkts der Aufklärung in Europa waren. Die nächste Gaswolke, in der sich Sterne bilden, der *Orion*-Nebel, ist etwa 1300 Lichtjahre weit entfernt. Sie sieht also so aus, wie sie im 7. Jahrhundert n. Chr. war, als die Bewohner der arabischen Halbinsel zum ersten Mal unter dem Propheten Mohammed vereint wurden und begannen, den Islam zu verbreiten.

Die große Magellan'sche Wolke ist eine benachbarte kleinere Ansammlung von Sternen in einer Entfernung von 163.000 Lichtjahren. Sie zeigt sich wie zu einer Zeit,

als die frühesten Menschen Afrika noch nicht verlassen hatten. Das Licht der *Andromeda*-Galaxie, der nächsten großen Sternansammlung, begann seine Reise durch den Weltraum vor 2,3 Mio. Jahren, als sich die Abstammungslinie des Menschen gerade von der der Menschenaffen trennte. Eine weitere bekannte Galaxie mit dem Namen *Centaurus A* ist 13 Mio. Lichtjahre entfernt. Grob gesagt begann damals gerade die Evolution der Menschenaffen auf der Erde. Wenn wir die Abfolge dieser Objekte untersuchen, können wir verfolgen, wie sich unser Universum verändert hat.

Die kosmische Mikrowellenhintergrundstrahlung erlaubt nun mit ihrem Alter von 13,7 Mrd. Jahren den am weitesten zurückreichenden Blick auf das Universum, der überhaupt bei diesen Wellenlängen möglich ist. Damals gab es weder Planeten noch Sterne, nur eine gigantische Wolke aus Atomen, die das gesamte Universum füllten. Die Flecken in den Bildern von Planck zeigen die feinen Dichteschwankungen in dieser Wolke. Als die kosmische Uhr weiterlief, zog die Gravitation dichtere Regionen enger zusammen, wodurch schließlich die ersten Sterne entstanden. Im wahrsten Sinne des Wortes kann man sich das Planck-Bild als nichts weniger als die Blaupause für unseren Kosmos vorstellen.

Die Instrumente des Satelliten arbeiteten an der Grenze des physikalisch möglichen, was heißt, dass es praktisch unmöglich ist, bessere Geräte zu bauen. Damit ist dieses Bild des Bauplans unseres Universums im Wesentlichen auch das beste Bild, das die Menschheit jemals bekommen wird. Wie können wir es also nutzen?

Das Universum, in dem wir heute leben, ist aus verschiedenen, hierarchisch geordneten Strukturen aufgebaut.

Durch die Gravitation sind die Sterne in rotierenden Ansammlungen aneinander gebunden, die wir als Galaxien bezeichnen. Die Galaxien wiederum sind durch die Gravitation in sogenannten Clustern verbunden, die wiederum im Raum über Filamente zusammenhängen, die ein kosmisches Netz aufspannen. All diese Pracht wuchs aus den winzigen Dichteveriationen hervor, die in den Schwankungen im Mikrowellenhintergrund zu sehen sind.

Diese Schwankungen sind daher der entscheidende Startpunkt für Computerprogramme, mit denen die Entwicklung des Universums in Modellen nachgebildet wird. Grob gesagt versucht man dabei, das Muster der Mikrowellenhintergrundstrahlung als Vorlage zu nehmen und zu prüfen, ob die physikalischen Gesetze, wie wir sie kennen, dazu führen, dass sich aus ihnen das Netz des heutigen Universums bildet.

Die Modelle selbst sind mathematische Rezepte, die die Gesetze der Physik als Grundlage haben und sie mit den Bestandteilen des Universums verknüpfen. Das wichtigste Gesetz für die Kosmologie ist das Gravitationsgesetz. Es gibt drei weitere Elementarkräfte in der Natur (wir werden dem Elektromagnetismus im Kap. 4 und den beiden Kernkräften in Kap. 7 begegnen), doch diese spielen insgesamt bei der Formung des Universums nur eine geringe Rolle.

Die Zutaten des Modells sind sechs Parameter. Die ersten beiden werden aus der Verteilung der Flecken im Mikrowellenhintergrund gewonnen. Parameter eins ist die Amplitude, mit anderen Worten, die Größe der Abweichungen in der Gasdichte über das ganze Universum hinweg. Der zweite Parameter hängt mit dem Raumvolumen zusammen, in dem diese Abweichungen auftreten. Manche Fluktuationen finden in einem kleinen Volumen statt,

andere in einem viel größeren. Der zweite Parameter misst den Amplitudenunterschied zwischen den kleinsten und den größten Volumina.

Als Nächstes kommen wir zum Inhalt des Universums. Ein zentrales Thema dieses Buches wird der Weg sein, den Kosmologen verfolgt haben, um die durchschnittliche Materie- und Energiedichte im Universum zu bestimmen. Das hat sich als alles andere als leicht herausgestellt. Um wenigstens den Anschein zu erwecken, dass ihre Modelle erfolgreich arbeiten, waren sie gezwungen anzunehmen, dass die gewöhnlichen Atome, aus denen Sterne, Planeten und das Leben besteht, nicht mehr als vier Prozent des gesamten Inhalts des Universums ausmachen. Mit anderen Worten: 96 % des Universums bestehen aus einer Form von Materie und Energie, die wir nicht kennen. Schlimmer noch, die Berechnungen zeigen, dass es fast jenseits unserer Fähigkeiten liegt, sie jemals direkt nachweisen zu können. Man nennt die unbekanntenen „Stoffe“ dunkle Materie und dunkle Energie. Dass es sie gibt, folgt aus Messungen der Bewegungen von Galaxien.

Die meisten Galaxien scheinen zu schnell zu rotieren oder sich im Raum immer schneller von uns zu entfernen. Deshalb nehmen Kosmologen an, dass es die dunkle Materie gibt, sodass sich die Galaxien schneller drehen, und dass die dunkle Energie existiert, die sie immer schneller von uns wegdrückt. Diese drei Bestandteile – Atome, dunkle Materie und dunkle Energie – können in nur zwei Parametern zusammengefasst werden, weil sie jeweils voneinander abhängen. Kennt man das Verhältnis von zwei Bestandteilen, kann man den dritten daraus einfach ableiten.

Der fünfte Parameter des Standardmodells der Kosmologie hängt mit dem Zeitpunkt zusammen, an dem sich zum ersten Mal Sterne gebildet haben. Doch dieser Punkt der kosmischen Geschichte liegt noch jenseits der Reichweite sogar unserer besten Teleskope. Es war ein katastrophales Ereignis, in dem fast jedes Wasserstoffatom im Universum auseinandergerissen wurde, weil die neu gebildeten Sterne eine derart große Menge zerstörerisches ultraviolettes Licht abstrahlten. Es geschah nach der Freisetzung der kosmischen Mikrowellenhintergrundstrahlung und legte fest, wie einfach es für die Mikrowellen war, sich ungehindert im Weltraum auszubreiten.

Der sechste und letzte Parameter ist die Expansionsrate des Universums. Sie ist unter dem Namen Hubble-Konstante bekannt, die nach dem amerikanischen Astronomen Edwin Hubble (1889–1953) benannt ist, der 1929 den entscheidenden Beleg für die Ausdehnung des Universums veröffentlicht hat (Kap. 8).

Hätte man ein perfektes Szenario, würden die Kosmologen jeden dieser Parameter mit vollkommen unterschiedlichen Methoden messen, ihn in das Modell stecken und so eine Antwort erhalten, die exakt mit der Galaxienverteilung im heutigen Universum übereinstimmt. In Wirklichkeit ist das aber nicht so einfach, denn nur einige Parameter können gemessen werden, während man andere schätzen muss.

Außerdem sind da noch Annahmen, wie die Existenz der dunklen Materie und der dunklen Energie sowie kleine mathematische Schummeleien, die in das Modell eingebaut werden müssen, damit es in ein Gleichungssystem verwandelt wird, das gelöst werden kann. Ist einer

der Parameter falsch, stimmt auch die ganze Modellierung nicht, und alles, was wir über das Universum zu wissen glauben, löst sich vor unseren Augen in nichts auf.

Das Vertrauen in das Standardmodell wuchs durch die Ergebnisse eines NASA-Satelliten deutlich an. Der Vorläufer des Satelliten Planck und Nachfolger des NASA-Satelliten COBE (COsmic Background Explorer) heißt WMAP (Wilkinson Microwave Anisotropy Probe) und wurde im Juni 2001 gestartet. Der Begriff „Anisotropie“ ist der Fachbegriff für die Dichtefluktuationen im frühen Universum, die WMAP neun Jahre lang immer wieder vermessen hat. Dadurch wurde die Genauigkeit der ersten beiden Parameter des Standardmodells deutlich verbessert und in der Folge auch die Genauigkeit des gesamten Modells: Sie stieg um einen Faktor größer als 68.000 an.

Oberflächlich betrachtet gab es wenig Zweifel, dass das Standardmodell im Wesentlichen richtig sein muss, und die Kosmologen begannen, ihren Sieg herauszuposaunen. Die WMAP-Internetseite listet zehn Errungenschaften auf, die sich aus den Daten des Satelliten und des Standardmodells ergeben. Angefangen vom Alter des Universums bis hin zur prozentualen Verteilung gewöhnlicher Atome wurde verkündet, die Kosmologie habe nun eine Ära der „Präzision“ erreicht. Was bei den Errungenschaften auf der Webseite fehlt, sind die Daten, die das Standardmodell nicht so einfach erklären kann.

WMAP hat bemerkt, dass sich die Flecken in einem Teil des Himmels tiefer eingruben als das Standardmodell erlaubte. Der Bereich erhielt den Namen „Cold Spot“ (kalter Fleck), weil die Abweichungen in Temperaturen übersetzt werden können. Doch die Unterschiede waren

so gering, dass manche dachten, es handle sich dabei nur um Instrumentenrauschen. Eine entscheidende Frage war also: Hat Planck den Cold Spot auch gesehen?

Es gibt auch noch allgemeinere Bedenken bei den Bestandteilen des Standardmodells in Bezug auf die dunkle Materie und die dunkle Energie. Auch nach Jahrzehnten theoretischer und experimenteller Arbeit hat bisher niemand auch nur ein winziges Stückchen dunkle Materie schlüssig nachweisen können. Wie wir in Kap. 7 genauer besprechen werden, sind die Hinweise, die wir von verschiedenen über die ganze Welt verteilten Messgeräten erhalten haben, verwirrend und widersprüchlich.

Dabei ist die dunkle Energie noch mysteriöser als die dunkle Materie. Für sie bietet sich aus der im Augenblick bekannten Physik kein natürlicher Kandidat an. Manche der aktuellen Theorien, wie die Supersymmetrie der Teilchenphysik (Kap. 7), wurden vor allem entworfen, um eine derartige Energie auszuschließen. Vielleicht gibt es also die dunkle Materie und die dunkle Energie gar nicht wirklich? Vielleicht sind sie nichts weiter als Phantome, die heraufbeschworen wurden, weil wir das Universum in einem tiefen Sinn falsch verstehen. Wenn das so ist, wird das Standardmodell ersetzt werden müssen.

Trotzdem wurde keine dieser Sorgen an jenem großen Tag vom NASA-Astrophysiker und Nobelpreisträger John Mather angesprochen. Am Abend der ESA-Presskonferenz wurde er von der BBC mit dem Satz zitiert: „Ich hoffe, die bringen da irgendetwas, was sie überrascht hat. Wenn sie nur sagen: Gut, die Leute hatten Recht, dann

wäre das ganz und gar nicht aufregend. Die letzten Dezimalstellen sind nie besonders interessant. Was wir wollen ist ein neues Phänomen.“¹

Mather hat 2006 den Physiknobelpreis für seine Arbeiten über die Mikrowellenhintergrundstrahlung bekommen, die auf den Daten von COBE beruhten. Ein Jahr später hat ihn das Magazin *Time* in die Liste der 100 einflussreichsten Menschen der Welt aufgenommen. Jetzt ist er für die größte Raummission der Welt verantwortlich, das 8 Mrd. US\$ teure James Webb Space Telescope der NASA. Wie auch immer man es betrachten mag: Seine Meinung hat wirklich Gewicht.

Die Meinung, die er geäußert hat, ist mir schon mehrmals begegnet. Etliche Kosmologen haben mir vertraulich gesagt, dass sie Planck für Geldverschwendung hielten, weil WMAP bereits alle wichtigen Informationen über die Mikrowellenhintergrundstrahlung geliefert hat, die sie benötigen. Was sie damit sagen wollen ist klar: Eine höhere Genauigkeit würde nur bestätigen, was WMAP bereits herausgefunden hat.

Die Ironie hinter Mathers Aussage steckt in seiner Herabwürdigung der „letzten Dezimalstellen“. Er hat den Nobelpreis zusammen mit dem Kosmologen George Smoot für die Entdeckung des kosmischen Bauplans erhalten, der durch die Temperatur-Anisotropie im Mikrowellenhintergrund enthüllt wurde. Diese Anisotropien konnten sie aber gerade aus den letzten Dezimalstellen der Daten herauslesen, die ihnen zur Verfügung standen.

¹<http://www.bbc.co.uk/news/science-environment-21828202>.

Die Temperatur des Gases im Universum betrug damals ungefähr 3000 °C, während die Abweichungen von einem Ort zum anderen im Mittel nur ein 20 Millionstel Grad betragen.² Doch aus diesen fast unmerklichen Temperaturschwankungen sind die Galaxien entstanden, die jetzt Hunderttausende oder hundert Milliarden einzelner Sterne enthalten. Die letzten Dezimalstellen von dem, was man messen kann, sind also bei Weitem nicht irrelevant, denn in ihnen stecken die Hinweise auf das, was man nicht versteht – all diese vertrackten Details, die noch erklärt werden müssen. Die letzten Dezimalstellen sind immer der Grund, warum Wissenschaftler größere, bessere, noch genauere Technologien wollen.

Mehr Beobachtungen mit mehr Details sind der Grundstein wahrer Wissenschaft. Sie verraten uns, wie das Universum wirklich ist, und nicht, wie es nach den Rechnungen der Theoretiker aussieht. Und in 24 h sollte es die Welt erfahren.

Die Nerven waren aufs Äußerste gespannt, als die ESA-Pressekonferenz begann. Diejenigen, die nicht persönlich da sein konnten, sahen per Livestream über das Internet zu. Twittermeldungen kamen im Sekundentakt.

Um zu zeigen, wie wichtig das Ereignis für die ESA war, sprach ihr Generaldirektor, Jean-Jacques Dordain, als erster. Mit dunkler Stimme und holprigem Englisch sagte er, dass Planck ein „fast perfektes“ Universum enthüllt habe. Aber was meinte er mit „fast perfekt“? Er überließ

²Die Temperaturen werden in Grad Kelvin (oder kurz Grad) oder °C (Celsius) angegeben. Es gilt $xx\text{ °C} = yy\text{ Grad (Kelvin)} - 273,15$. Temperaturdifferenzen werden immer in Grad angegeben.

die Erklärung Professor George Efstathiou von der Universität Cambridge, einem der führenden Kosmologen, der zuvor in Oxford die gleiche Stelle besetzt hatte wie einst Edmond Halley, der berühmte Astronom aus dem 17. Jahrhundert.

Am Anfang der Pressekonferenz wirkte Efstathiou angespannt. Er presste seine Lippen zu einem Strich zusammen und zog seine Schultern nach oben. Als er zu sprechen begann, verschwand seine Anspannung, er schien ungezwungen und sicher. Er sprach präzise und klang eher pessimistisch. Ohne viel Aufheben verkündete er, dass die Leinwand nun die genaueste Karte des Mikrowellenhintergrunds zeige, die es je gegeben hat. Es sei eine Goldmine an Informationen, auch wenn sie „ein wenig wie ein schmutziger Rugbyball oder moderne Kunst aussehe.“

Keiner lachte, und er versicherte den Zuhörern weiter, dass es Kosmologen gebe, die „am liebsten unsere Computer gehackt oder vielleicht ihre Kinder dafür hergegeben hätten, um eine Kopie dieser Karte zu bekommen.“ Es lachte immer noch niemand.

Er sagte, die Karte von Planck sei unglaublich aufregend, aber statt dann zu erklären warum, hielt er eine Vorlesung über die Grundlagen der Kosmologie. Nach fast einer halben Stunde Pressekonferenz war immer noch nichts Neues gesagt worden. Als Efstathiou die Schlussfolgerungen präsentierte, waren es kaum mehr als kleine Verbesserungen von dem, was man bereits wusste: Man war auf ungefähr fünf Prozent normale Materie statt vier Prozent gekommen. Das Verhältnis von dunkler Materie zu dunkler Energie war ein wenig anders. Das Universum war 80 Mio. Jahre älter als wir dachten, also 13,8 Mrd.

Jahre statt 13,7 Mrd. Jahre alt. Insgesamt, so sagte er, könne man schließen, dass das Standardmodell der Kosmologie extrem gut zu den Daten von Planck passt.

Ich schaute von meinem Büro zu Hause aus zu und saß vor der Tastatur, um die Ergebnisse für *Across the Universe*³ aufzuschreiben, meinen Astronomieblog, der auf der Webseite der Zeitung *The Guardian* beheimatet war – und wurde langsam nervös. Ich erhielt eine E-Mail von einem Freund, einem führenden Wissenschaftsjournalisten in Großbritannien, der feststellte: „Wenn das alles ist, was sie uns zu sagen haben, dann ist es ein Albtraum.“

Tatsächlich schienen sich direkt vor unseren Augen die schlimmsten Befürchtungen zu bewahrheiten. Dann änderte sich aber alles. Efstathiou sagte: „Aber da gibt es einige Probleme, und das ist auch der Grund, warum wir die wissenschaftlichen Ergebnisse als ein fast perfektes Universum beschrieben haben.“ Er stockte beim Sprechen und schaute dabei nach unten. Dann wiederholte er, wie gut die Daten zum Standardmodell passten und ergänzte, dass er hier auch einfach aufhören und sagen könnte: „Die Kosmologie ist fertig.“ Aber etwas zögerlich überwand er sich zur Äußerung: „Gerade weil wir – insgesamt – eine so gute Übereinstimmung haben, sollten wir kritischer untersuchen, was nicht zu passen scheint. Wir sollten uns ansehen, was nicht zusammenpasst, denn dort liegen vielleicht Hinweise auf eine neue Physik.“

³www.theguardian.com/science/across-the-universe/2013/mar/21/european-space-agency-astronomy.

Endlich kam das Spiel ins Laufen. Hier waren „die neuen Phänomene“, die Mather (und der Rest von uns) wollte. Wir konnten uns ins Unbekannte aufmachen. Efstathiou erklärte, die Temperaturfluktuationen seien im Bereich größerer Skalen geringer als erwartet und dass dieses Verhalten nach dem Standardmodell der Kosmologie eigentlich ausgeschlossen sei. Außerdem seien die Temperaturfluktuationen in eine Himmelsrichtung größer als in die andere, und auch das sei durch das Standardmodell verboten. Und zum Schluss erfuhren wir noch aus der Pressemitteilung⁴ (Efstathiou hatte es gar nicht erwähnt), dass auch der Cold Spot beobachtet worden war. Es gab ihn also tatsächlich.

Da die Messungen eine derart hohe Qualität hatten, kamen erst gar keine Zweifel über diese Anomalien auf. Sie waren echte Eigenschaften des frühen Universums – und mit dem Standardmodell unmöglich zu erklären. Das Planck-Team hatte alles versucht, aber ohne Erfolg. Efstathiou zufolge war die Botschaft der Daten von Planck, dass „die Kosmologie noch nicht abgeschlossen ist“.

Im Februar 2015 führten Chuck Bennet, Professor für Physik und Astronomie an der Johns Hopkins Universität, und seine Kollegen einen sorgfältigen Vergleich der zwei kosmologischen Modelle durch, die aus den Daten von WMAP und Planck abgeleitet werden können. Zu ihrer Beunruhigung fanden sie heraus, dass die beiden Lösungen nicht zusammenpassten – jede beschrieb ein anderes Universum. Offensichtlich stimmte irgendetwas nicht.

⁴www.esa.int/Our_Activities/Space_Science/Planck/Planck_reveals_an_almost_perfect_Universe, vgl. auch <http://arxiv.org/abs/1409.7718v2>.

Die beiden hätten vielleicht nicht unbedingt exakt übereinstimmen müssen, doch sie hätten zumindest konsistent sein sollen. Jetzt wird der Fehler gesucht: Entweder wurde eine der Datenmengen falsch kalibriert oder das Standardmodell ist falsch.

Aber wie können wir überhaupt noch Fortschritte machen, wenn das Bild von Planck so ungefähr das Beste ist, was wir überhaupt von den Anisotropien des Mikrowellenhintergrunds bekommen können, die ja die Hauptquelle für Informationen über das frühe Universum sind? Leben wir bei all unseren Fortschritten immer noch in einem unbekanntem Universum, das noch erkundet und verstanden werden muss?

Offen gestanden hätte es Douglas Adams nicht besser schreiben können: Es war wirklich der 42-Moment⁵ der Welt. Die meisten Kosmologen dachten, die Antwort auf die Frage nach dem Leben, dem Universum und dem ganzen Rest (womit ich den Ursprung des Universums meine) müsse aus den Daten von Planck klar werden, aber jetzt wusste keiner so richtig, was er damit anfangen sollte.

Die meisten vertreten die Ansicht, für diese kleinen Häkchen müssen nur noch die letzten Details geklärt werden, einige wissenschaftliche i-Tüpfelchen und t-Striche ergänzt werden, aber eine steigende Zahl von Wissenschaftlern meint, es gebe Hinweise darauf, dass wir mit unseren Vorstellungen vom Universum vollkommen falsch liegen.

⁵Die Antwort „42“ entstammt dem Roman *Per Anhalter durch die Galaxis* von Douglas Adams. Dort ist „42“ die vom Computer errechnete Antwort auf die unmögliche Frage „nach dem Leben, dem Universum und dem ganzen Rest“ (Anm. d. Übers.).

Und in genau diese unerforschten Bereiche wird sich dieses Buch nun vorwagen. Die Suche nach Antworten wird uns zu den geheimnisvollsten Orten des Universums bringen, in die Herzen von schwarzen Löchern, zum Augenblick des Urknalls und zu einer Auseinandersetzung mit der wirklichen Natur selbst. Das Buch beginnt in den letzten Jahrzehnten des 17. Jahrhunderts in England auf der Great North Road zwischen London und Cambridge.