

VOM URKNALL ZUM DURCHKNALL

ALEXANDER UNZICKER

VOM URKNALL ZUM DURCHKNALL

DIE ABSURDE JAGD NACH DER WELTFORMEL

 Springer

Dr. Alexander Unzicker
www.vom-urknall-zum-durchknall.de

ISBN 978-3-642-04836-4 e-ISBN 978-3-642-04837-1
DOI 10.1007/978-3-642-04837-1
Springer Heidelberg Dordrecht London New York

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

© Springer-Verlag Berlin Heidelberg 2010, korrigierter Nachdruck 2010

Dieses Werk ist urheberrechtlich geschützt. Die dadurch begründeten Rechte, insbesondere die der Übersetzung, des Nachdrucks, des Vortrags, der Entnahme von Abbildungen und Tabellen, der Funksendung, der Mikroverfilmung oder der Vervielfältigung auf anderen Wegen und der Speicherung in Datenverarbeitungsanlagen, bleiben, auch bei nur auszugsweiser Verwertung, vorbehalten. Eine Vervielfältigung dieses Werkes oder von Teilen dieses Werkes ist auch im Einzelfall nur in den Grenzen der gesetzlichen Bestimmungen des Urheberrechtsgesetzes der Bundesrepublik Deutschland vom 9. September 1965 in der jeweils geltenden Fassung zulässig. Sie ist grundsätzlich vergütungspflichtig. Zuwiderhandlungen unterliegen den Strafbestimmungen des Urheberrechtsgesetzes.

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.

Einbandentwurf: eStudio Calamar S.L.

Gedruckt auf säurefreiem Papier

Springer ist Teil der Fachverlagsgruppe Springer Science+Business Media (www.springer.com)

INHALTSVERZEICHNIS

Vorwort vii

Entspannende, spannende und überspannte Physik

TEIL I: ABKÜRZUNG

- 1 Ganz nett, Homo Sapiens, aber ... 3
Grund zum Zweifeln: Warum etwas faul ist am State of the Art in der Physik
- 2 Galilei würde ausflippen! 23
Der Quantensprung der Messinstrumente: Warum wir in phantastischen Zeiten leben
- 3 Die schnelle Verdauung 37
Warum die Kosmologie auf dem falschen Dampfer ist

TEIL II: KREUZUNG

- 4 Wurzelbehandlung 53
Gravitation, Einstein und Raumzeit: Um was es eigentlich geht
- 5 Bis heute ein Sphinx 71
Newtons Gravitationskonstante: Von England bis ins Universum
- 6 Das Rätsel der kleinen Beschleunigungen 85
Raumsonden und Galaxienränder: Ist im All alles da wo es sein sollte?
- 7 Verdunkelung 105
Dunkle Materie, Dunkle Energie: Nur unsichtbar oder gar nicht da?
- 8 Präzision im Kaffeesatz 125
Rauschen im Kosmos: Von der Faszination zur Überschätzung der Daten

TEIL III: SACKGASSE

- 9 Trübes Wasser 145
Die Kosmologie der dunklen Pixel in dunklen Zeiten. Oder: Wie man Großrechner beschäftigt
- 10 Aufstieg der Spekulationsblasen 159
Expansion, Inflation, Illusion. Oder: Gab es die erste Sekunde überhaupt?
- 11 Am Treffpunkt des Unwissens 171
Big Bang, schwarze Löcher und Quantengravitation. Oder: Ökologische Nischen für neue Theorien
- 12 Die ewige Verlobte 185
Das Standardmodell der Teilchenphysik. Oder: Wie die guten Sitten der Physik verdorben wurden
- 13 In anderen Dimensionen 207
Branen, Multiversen und andere Quantenschaumschlägereien. Oder: Des Physikers neue Kleider
- 14 Abschied von der Wissenschaft 225
Stringtheoretiker und andere Religionsanhänger. Oder: Von der Elite zur Sekte zur Mafia

TEIL IV: WENDEKREIS

- 15 Klares Wasser 249
Rationalismus versus Zirkelschluss – wie Wissenschaft eigentlich funktionieren sollte
- 16 Fundamente und Anbauten 263
Komplizierung bis zum Einsturz – wie Theorien zu faulen Kompromissen werden
- 17 Falsch abgebogen 279
Rechner statt Denker – wie die Physik vor Jahrzehnten aus der Spur geriet
- 18 Die Erde ist eine Scheibe. Punkt. 297
Wir wissen ... nicht viel – was uns alles am Nachdenken hindert
- 19 Epilog: Sich aufregen? 319
- Namensverzeichnis 323
- Sachverzeichnis 327

VORWORT

ENTSPANNENDE, SPANNENDE UND ÜBERSPANNTE PHYSIK

Es gibt nichts Entspannenderes als Physik. Mag der Alltag mit seiner vorgaukelten Wichtigkeit uns noch so sehr anstrengen – die Vorstellung, wie klein alles Menschenwerk unter dem Sternenhimmel erscheint, und wie klein erst alle elementaren Bausteine sind, die unser Leben ermöglichen, dieser Gedanke ist eine Oase der Ruhe. Die Dimensionen von Raum und Zeit nötigen Respekt ab, der alle Aufregung glättet.

Doch es gibt auch nichts Spannenderes als Physik. In der Mikrowelt verfügen wir schon über phantastische Beobachtungen, aber das Universum liegt heute in einem Detailreichtum vor uns, den noch keine Generation vor uns bewundern konnte, sollte es je überhaupt einer Zivilisation gelungen sein. Wir sind besser ausgerüstet als je zuvor, die Frage nach den grundlegenden Naturgesetzen zu stellen.

Aber es gibt auch – leider – im Moment viel Lächerliches unter dem Namen Physik, und wenn dies hier ausführlich angesprochen wird, so behalten Sie bitte die ersten beiden Absätze doch im Gedächtnis! Die Kritik betrifft nicht die neugierig gebliebenen, die Zweifler, und ebenso wenig die vielen Physiker in den Fachgebieten, von denen hier nicht die Rede ist, wie Festkörperphysik oder Thermodynamik. Erst recht darf man die fundamentale Theoretische Physik Anfang des 20. Jahrhunderts als große Leistung von Homo sapiens ansehen – aber das ist lange her. Der Großteil der heutigen Theorien hat sich dagegen in abstrusen Konstrukten verloren, und manche Beobachter haben sich zu Erbsenzählern für nicht mehr Hinterfragtes gemacht.

Wenn Sie allerdings Kritik an der Physik gesucht haben, die sich mit esoterischem Unsinn verbündet, legen Sie dieses Buch weg. Denn die Physik krankt heute gerade daran, dass sie sich von der naturwissenschaftlichen Methode löst. Diese Diagnose stellt sich durch Nachdenken, und mehr wird bei der Lektüre von Ihnen auch nicht erwartet. Bei aller Kritik ist aber eine Relativierung angebracht: Auch die, die in meinen Augen wirres Zeug über Phantasie-Universen erzählen, sind mir noch lieber als jene, die unsere reale Welt zerstören und damit das Abenteuer von Homo sapiens auf diesem Planeten gefährden. Verhindert werden kann dies nur mit Kompetenz aus der Physik. Aber auch deswegen darf sie ihre intellektuelle Autorität nicht verspielen, in dem sie sich in Science-Fiction-Geschichten verliert. Es gibt genug zu tun: die Welt theoretisch zu verstehen und praktisch zu erhalten.

Verschiedentlich wurde mir geraten, mit drastischen Schilderungen des Wissenschaftsbetriebes nicht junge Menschen von der Physik abzuhalten. Das Gegenteil ist meine Absicht, aber man kann die Existenz der Krankheiten denen nicht verschweigen, die einmal Ärzte sein können. Sicher hat die Physik einen Generationswechsel nötig, denn im Moment findet man bei den jungen Etablierten die gefestigten Ansichten, während Skepsis gegenüber allzuviel Spekulation eher bei den älteren erhalten blieb. So hoffe ich, dass Sie auf den folgenden Seiten das Plädoyer für die Faszinationen des Universums stets begleitet. Forschen zu können, ist ein Privileg unserer Zeit. Es liegt eine große Verantwortung darin. Daher dieses Buch.

Dezember 2009

Alexander Unzicker

Anmerkung

Die Fußnoten ergänzen den Text, die Endnoten sind hingegen nur für den Leser interessant, der sich auch in Fachliteratur vertiefen will. Am Kapitelende findet sich weiterführende Sach- und Fachliteratur, in der der Leser auch die im Text nicht immer einzeln belegten Zitate findet.

Teil I

Abkürzung

GANZ NETT, HOMO SAPIENS, ABER ...

GRUND ZUM ZWEIFELN: WARUM ETWAS FAUL IST AM STATE OF THE ART IN DER PHYSIK

Lautstarker Applaus erhob sich im Salon III/IV des Marriott-Hotels von Crystal City im amerikanischen Bundesstaat Virginia. In dem überfüllten Konferenzraum starrten alle wie gebannt auf die Leinwand, wo nicht mehr zu sehen war als ein nüchternes Diagramm aus zahlreichen Punkten und einer geschwungenen Kurve. Nur eine eigenartige Personengruppe konnte sich davon zu Emotionen hinreißen lassen – Physiker auf der Jahrestagung der Astronomischen Gesellschaft, die ihren Begeisterungsturm noch minutenlang fortsetzten. Was war geschehen? Die im Diagramm aufgetragenen Daten bestätigten mit einer nie da gewesenen Genauigkeit ein fundamentales Naturgesetz zur Wärmeabstrahlung von heißen Körpern. 1900 von Max Planck entdeckt, leuchtete es nun in geradezu mathematischer Reinheit auf. Noch sensationeller war der Ursprung der Daten – Mikrowellensignale verschiedener Frequenzen, die nicht aus einem irdischen Labor stammten, sondern von einem heißen Urzustand des Universums! Ein Feuerball aus Wasserstoff und Helium, noch ohne jegliche Strukturen, die irgendwann Leben ermöglichen sollten, ließ damals seinem Licht freien Lauf. Mehr als zehn Milliarden Jahre war es bis zu den Detektoren des vom Menschen gebauten Satelliten COBE unterwegs, der wenige Tage zuvor die Daten übertragen hatte. Wenn ich das alles wie einen Film in meiner Vorstellung ablaufen lasse, bekomme ich immer eine Gänsehaut, als würde ich die inzwischen extrem abgekühlte Strahlung tatsächlich spüren. Ihre Gleichverteilung im Raum macht uns

auch deutlich, dass wir uns nicht einbilden dürfen, an einem besonderen Ort im Universum zu leben – intelligente Aliens könnten sich seitdem überall entwickelt haben! Sollten sie – was nicht wahrscheinlich ist – uns wirklich von Zeit zu Zeit über die Schulter schauen, dann hätten sie an jenem Nachmittag des 13. Januar 1990, als der Vortrag stattfand, bestimmt anerkennend mit ihrem großen Kopf genickt.

LICHT ODER SCHON ERLEUCHTUNG?

Doch auch Homo sapiens stellt sein Licht manchmal nicht unter den Scheffel. George Smoot, Projektleiter des COBE-Satelliten, kommentierte in der NASA-Pressekonferenz eine bildliche Darstellung dieser Mikrowellen-Hintergrundstrahlung in wenig säkularisiertem Ton als „das Antlitz Gottes“. „Mann, bleib auf dem Teppich!“, mag sich dazu sein bescheiden auftretender Nobelpreiskollege John Mather gedacht haben. Aber erstaunlicherweise hat sich in den letzten Jahren diese übertriebene Sprache auch unter theoretischen Physikern verbreitet. „Die Rätsel der Schöpfung“, so der berühmte Kosmologe Alan Guth, „erscheinen immer weniger wie unlösbare Mysterien. Wir wissen heute, was sich 10^{-35} Sekunden nach dem Urknall zugetragen hat.“ Aber nicht nur in der Kosmologie, sondern auch in der unvorstellbar kleinen Welt der Elementarteilchen meinen die Physiker vor dem Durchbruch zu stehen: „Niemand hätte in seinen wildesten Träumen gedacht, dass wir soweit kommen wie wir heute gekommen sind“, sagt der Theoretiker Brian Greene – in offenbar wachem Zustand. „Physiker kurz vor der Entdeckung der Weltformel“ oder „Astronomen entziffern das Buch der Schöpfung“ – so und ähnlich titeln die Wissenschaftsredaktionen angesehenen Zeitungen, und auch in vielen Fachzeitschriften findet sich solcher Optimismus. Aber haben wir gleichzeitig mit unseren technologischen Errungenschaften wirklich so plötzlich das Universum verstanden? Stehen unsere Wahrnehmungen mit den Augen wirklich im Einklang mit den Theorien, die wir in den Mund nehmen? Liegt dazwischen nur eine logische Kette, quer durch unser hoch entwickeltes Rechenzentrum zwischen den Schläfen oder hat die Begeisterung über

die Beobachtungen manchmal einen kleinen Kurzschluss durch die emotionalen Teile des Gehirns verursacht?

Es scheint, dass wir heute, fast 15 Milliarden Jahre nach dem Urknall, mit dem Schlüssel vor dem Schloss der letzten physikalischen Erkenntnis stehen. Dieses Buch ist ein Ausdruck des Zweifels daran. Ein Zweifel, ob es sich nicht auch um ein Gedankenhäuschen handeln könnte, das wir aus der Perspektive der Gegenwart zum Tempel überhöhen. Wir glauben fast alles zu wissen. Dabei ist nur eines sicher: Wir hatten noch nie bessere Gelegenheit, das Universum in solchen Einzelheiten zu bestaunen. Denn die Daten des kosmischen Mikrowellenhintergrundes sind nur Teil einer Revolution, die in der Astronomie in den letzten Jahrzehnten stattgefunden hat. Teleskope in Satelliten befreiten die Astronomen von der trüben und flimmernden Atmosphäre wie eine Operation am grauen Star, aber noch dramatischer hat die digitale Verarbeitung die Qualität der Bilder verbessert. Sie gleicht einem Evolutionsschritt wie die Entdeckung der Fotografie oder gar wie die Anwendung des Teleskops. Wie hätten Galilei, Kepler, Newton und Einstein die heutige Zeit genossen! Ich bin mir aber sicher, sie hätten sich nicht nur für die neuesten Theorien in der Zeitschrift *Physical Review* interessiert, sondern auch ihre eigenen fundamentalen Erkenntnisse nochmals genau auf den Prüfstand gestellt. Denn zu gewaltig ist der Sprung, den unsere Präzisionsteleskope seitdem vom Sonnensystem über unsere Heimatgalaxie bis weit ins Universum hinaus getan haben.

DAS NEUE UND DAS ALTE

Als König Friedrich Wilhelm IV. von Preußen seinen Hofastronomen launisch fragte: „Na, Argelander, was gibt's neues am Himmel?“, entgegnete dieser: „Kennen Majestät schon das alte?“ In diesem Sinne möchte ich auch Sie bei der Lektüre dieses Buches gelegentlich zu ein paar alten Beobachtungstricks einladen, damit Sie die spektakulären Ergebnisse der Astronomie genießen, aber auch deren Rätsel verstehen lernen. Die Farbe des Lichts, das auf unsere Netzhaut trifft, erlaubt zum Beispiel einen Rückschluss auf die Bewegung von Sternen und Galaxien. Blaues

Licht mit seiner erhöhten Frequenz zeigt uns eine Bewegung des Objekts auf uns zu, ebenso wie die Sirene eines herannahenden Krankenwagens im Ton höher erscheint. Ist dagegen die ursprüngliche Farbe zum roten Bereich des Farbspektrums verschoben, zeigt dies eine von uns weg gerichtete Bewegung an. Nach seinem Entdecker Christian Doppler wird dieser für Schall- und Lichtwellen gleichermaßen gültige Effekt „Dopplerverschiebung“ genannt. Überraschenderweise zeigt sich so, dass nur ein kleiner Teil der im Universum vorhandenen Materie in unseren Teleskopen sichtbar ist. Dies fiel zum ersten Mal 1933 Fritz Zwicky auf, einem Pionier der Galaxienforschung. Sein Lieblingsobjekt war der Coma-Haufen (Abb. 1), eine beeindruckende Ansammlung von Galaxien in 300 Millionen Lichtjahren Entfernung. Die mittels der Farbe gemessenen hohen Geschwindigkeiten der Galaxien verwunderten ihn sehr. Sie hätten diesen erlaubt, die Gravitationskraft des Galaxienhaufens zu überwinden, gleich schnellen Raketen, die das Schwerfeld der Erde verlassen können. Es musste also weitere Masse in solchen Haufen verborgen sein, die zwar unsichtbar, aber mit eiserner Hand der Gravitation die Galaxien am Entrinnen hindert. Diese wichtige Entdeckung bezeichnet man heute als „Dunkle Materie“, sie bildet einen Eckstein unseres aktuellen kosmologischen Weltbildes.



Abbildung 1: Links: Coma-Galaxienhaufen in 300 Millionen Lichtjahren Entfernung. Rechts: Fritz Zwicky, ein Pionier der Galaxienforschung.

Zwicky hätte dafür durchaus den Nobelpreis verdient. Wie man heute noch auf Fotos erahnen kann, war er jedoch ein kantiger Querkopf, der sich durch seine verbalen Direktheiten bei vielen Kollegen unbeliebt machte. Vor allem hat ihm aber wohl geschadet, dass er gegen *die* kosmologische Entdeckung der 1930er Jahre seines großen Konkurrenten polemisierte: Edwin Hubble hatte durch Messungen der Rotverschiebung des Lichts der Galaxien festgestellt, dass sich praktisch alle von uns wegzubewegen scheinen, und zwar umso schneller, je weiter sie entfernt sind. Dies war der erste Hinweis auf eine Expansion des Universums, die wir auf eine frühe, explosionsartige Ausdehnung zurückführen – den Urknall.

WARUM DIE AUGEN DER ASTRONOMEN LEUCHTEN

Der Applaus vom 13.01.1990 galt daher auch zum ganz wesentlichen Teil dem Urknallmodell. Denn die beeindruckende Messung bestätigte eine heiße Anfangsphase des Weltalls und sprach damit ebenfalls für die seit Hubbles Zeiten favorisierte Vorstellung einer kontinuierlichen Expansion. Der Entstehungszeitpunkt dieser kosmischen Mikrowellenhintergrundstrahlung wurde später auf 380 000 Jahre nach dem Urknall datiert – eine im Vergleich zu den folgenden 14 Milliarden Jahren sehr kurze Zeitspanne. Noch nie war man so nahe dran am Auge des Taifuns! Der Urknall gilt daher heute mehr denn je als die Basis unseres Verständnisses der Kosmologie. Die Sektlaune war noch kaum verklungen, da landeten 1998 zwei Forschergruppen bei der Beobachtung von Supernova-Explosionen einen weiteren Treffer: Kurz gesagt, eine Version de luxe von Hubbles Messungen, die ergab, dass das Weltall nicht nur expandiert, sondern dass dies auch noch beschleunigt, also immer schneller geschieht. Das bis dahin gültige Paradigma der Kosmologie war auf den Kopf gestellt und schien nur durch die Präsenz einer neuen Materieform möglich: einer „Dunklen Energie“ mit abstoßender Gravitation. Isaac Newtons in Stein gemeißelte Worte von 1687, „Gravitation ist die allen Körpern innewohnende Eigenschaft, sich gegenseitig anzuziehen“, sehen wir seit ein paar Jahren nicht mehr als gültig an. So

fürhten uns die neuen Präzisionsdaten zu grundlegenden Entdeckungen, die nun das Bild des Kosmos abzurunden scheinen. Wen wundert es daher, dass alle Astronomen seit gut zehn Jahren in einer euphorischen Stimmung herumlaufen und ihre Gesichter die Daten als strahlendes Lächeln reflektieren! Bald sollte ich auch etwas davon mitbekommen.

FASZINATION GEOMETRIE

An der Praia Vermelha in Rio de Janeiro betrachtete ich gerade die Parabelform des Zuckerhuts, als mir Straßenhändler auffielen, die frische Kokosmilch direkt aus der Nuss anboten. Geschickt legten Sie mit einem scharfen Messer in Sekundenschnelle um die Spitze drei Schnitte. Die runden Schnittkanten gaben nun den Weg ins fruchtbige Innere frei, standen jedoch durch die kugelhähnliche Form der Nuss praktisch senkrecht aufeinander. Ich griff sofort zu, denn einen besseren Aufhänger für meinen Vortrag hätte ich nicht finden können. Auf physikalischen Großkonferenzen muss man manchmal mit ungewöhnlichen Mitteln um Aufmerksamkeit kämpfen. Ein derartiges Treffen, das Marcel-Grossmann-Meeting, benannt nach einem ungarischen Mathematiker und Freund Einsteins, fand 2003 in Rio statt, wo Gravitationsphysiker und Astronomen aus aller Welt zum Gedankenaustausch zusammenkamen. Leider war mein Vortrag in jenen Nachmittagsstunden, die ein Absacken der körperlichen und geistigen Anwesenheit in der Zuhörerschaft begünstigen. So war ich froh um die Kokosnuss und den dazugehörigen Strohalm, mit dem man bequem ein wichtiges Konzept der Allgemeinen Relativitätstheorie veranschaulichen konnte. Dreiecke auf Kugeloberflächen können durchaus größere Winkelsummen annehmen als jene 180 Grad, die wir von Euklid aus der Schule kennen, und hier hatte der Verkäufer sogar drei rechte Winkel ausgeschnitten. Dass sich daran nichts änderte, wurde nun auch den Zuhörern klar, die vorschlugen, den Strohalm in anderer Weise entlang der Schnittkanten zu bewegen. Derartige Diskussionen laufen manchmal erstaunlich hitzig ab; vielleicht liegt der Grund darin, dass die Allgemeine Relativitätstheorie mit ihrer Abstraktion in die Geometrie hinein irgendwie die emotionale