

# Die Unsterblichkeit der Zeit

Die moderne Physik zwischen Rationalität und Gott

Bearbeitet von  
Paul Davies, Wolfgang Rhiel

1. Auflage 2016. Taschenbuch. 350 S. Paperback  
ISBN 978 3 596 31135 4  
Format (B x L): 12,5 x 19 cm

schnell und portofrei erhältlich bei

  
DIE FACHBUCHHANDLUNG

Die Online-Fachbuchhandlung [beck-shop.de](http://beck-shop.de) ist spezialisiert auf Fachbücher, insbesondere Recht, Steuern und Wirtschaft. Im Sortiment finden Sie alle Medien (Bücher, Zeitschriften, CDs, eBooks, etc.) aller Verlage. Ergänzt wird das Programm durch Services wie Neuerscheinungsdienst oder Zusammenstellungen von Büchern zu Sonderpreisen. Der Shop führt mehr als 8 Millionen Produkte.

Unverkäufliche Leseprobe aus:

**Paul Davies**

**Die Unsterblichkeit der Zeit**

Die moderne Physik zwischen Rationalität und Gott

Alle Rechte vorbehalten. Die Verwendung von Text und Bildern, auch auszugsweise, ist ohne schriftliche Zustimmung des Verlags urheberrechtswidrig und strafbar. Dies gilt insbesondere für die Vervielfältigung, Übersetzung oder die Verwendung in elektronischen Systemen.

© S. Fischer Verlag GmbH, Frankfurt am Main

# *Inhalt*

Vorwort .....	10
Einführung .....	12
1. Eine ganz kurze Geschichte der Zeit .....	20
Wessen Zeit ist das überhaupt? · Die Suche nach der Ewigkeit · Der Zeit entfliehen · Zyklische Welten und die ewige Wiederkehr · Newtons Zeit und das Uhrwerk Universum · Einsteins Zeit · Stirbt das Universum? Die Wiederkehr der ewigen Wiederkehr · Wie alles anfing · Es geschieht, wenn es geschieht	
2. Zeit für einen Wechsel .....	47
Ein Geschenk des Himmels · Abschied vom Äther · Eine Lösung zur Zeit · Zwischenspiel · Die Zeit dehnen · Das Rätsel der Zwillinge · Abschied für die Gegenwart · Zeit ist Geld · Zeitbild	
3. Zeitmaschinen .....	87
Die Lichtbarriere · Das Perpetuum mobile und der mühsame Kampf · Warum die Zeit im Weltraum schneller vergeht · Die Uhr im Kasten · Die beste Uhr im Universum · Das verspätete Echo · Aufwärts	

4. Schwarze Löcher: Tore zum Ende der Zeit ..... 119  
 Krümmungsfaktor unendlich · Ein dunkles Geheimnis · Der Vorstoß  
 in den magischen Kreis · Ein singuläres Problem · Jenseits des Endes  
 der Zeit · Sind sie wirklich da draußen?
5. Der Anfang der Zeit: Wann genau war das? ..... 145  
 Die große Uhr am Himmel · Der Urknall, und was davor geschah · Äl-  
 ter als das Universum? · Einsteins größter Fehler · Den Kosmos über-  
 listen
6. Einsteins größter Triumph? ..... 170  
 Die Handschrift Gottes · Hat es den Urknall überhaupt gegeben? · Was  
 sind unter Freunden schon ein paar Milliarden Jahre? · Ein unange-  
 nehmes Problem · Das bummelnde Universum
7. Quantenzeit ..... 191  
 Zeit zum «Tunneln» · Der Teekessel-Effekt · Die Vergangenheit auslö-  
 schen · Geistersignale und übersinnliche Teilchen · Schneller als Licht?  
 · Die Zeit verschwindet!
8. Imaginäre Zeit ..... 215  
 Stephen Hawking · Wie die Zeit begann · Die Hartle-Hawking-Theo-  
 rie · Imaginäre Uhren
9. Der Zeitpfeil ..... 229  
 Die Welle erwischen · Signale aus der Zukunft · Eine Frage der Zeit-  
 umkehr · Das Teilchen, das die Zeit anzeigen kann · Das Universum  
 mit Schlagseite

10. Rückwärts in der Zeit .....	257
Rückwärts · Rückwärts denken · Antiwelten · Die Uhr zurückstellen · Hawkings größter Fehler · Eine Zeit für jedermann	
11. Zeitreisen: Fakt oder Phantasie? .....	274
Signale in die Vergangenheit · Besuch in der Vergangenheit · Schwarze Löcher als Zeitmaschinen · Wurmlöcher und Strings · Widerspruch	
12. Aber welche Zeit haben wir denn nun? .....	297
Kann die Zeit wirklich fließen? · Das Märchen vom Vergehen · Fliegt der Zeitpfeil? · Warum jetzt?	
13. Experimente mit der Zeit .....	312
Wie lange dauert die Gegenwart? · Jetzt sehen Sie es, jetzt nicht · Zeit einsetzen · Subjektive Zeit · Die Hintertür zu unserem Geist	
14. Die unvollendete Revolution .....	329
Nachwort .....	335
Anmerkungen .....	336
Literaturhinweise .....	341
Personen- und Sachregister .....	342

## *Einführung*

Die Unterscheidung zwischen Vergangenheit, Gegenwart und Zukunft ist nur eine Täuschung, wenn auch eine hartnäckige.

*Albert Einstein*

Jeder Mensch hat Helden gern. Von der griechischen Mythologie bis zur Neuzeit mit ihren Popstars und Sportidolen waren die spektakulären Leistungen einiger immer weit attraktiver als die der Gemeinschaft insgesamt. Die Wissenschaft macht da keine Ausnahme: Aristoteles, Galileo Galilei, Isaac Newton, Charles Darwin ... diese Namen ragen heraus aus der Menge und stehen für Männer, die die Wissenschaft revolutioniert haben. In dieser Auflistung genialer Wissenschaftler verkörpert insbesondere ein Name geistige Brillanz und den Anstoß zum dramatischen Wandel unserer Welt-sicht: Albert Einstein. Schon zu Lebzeiten eine Legende, steht Einstein für all das, was die Öffentlichkeit mit wissenschaftlicher Genialität verbindet. Er hatte ein exzentrisches, leicht schlampiges Äußeres, sprach Englisch mit deutschem Akzent, drückte seine Theorien in schwerverständlichen mathematischen Formeln aus und brachte seine revolutionärsten Ideen offenbar fast im Alleingang hervor, indem er ungewöhnliche neue Vorstellungen aus irgendeinem rein theoretischen Bereich nahm und feststellte, daß die Natur sich ihnen entgegenkommenderweise fügte.

Wie alle Legenden enthält auch die vom Wissenschaftler Einstein eini-ges Wahres. Er war ein Genie, er hat die Wissenschaft revolutioniert, und ein Großteil seiner Arbeit war weitgehend das Ergebnis eigener Bemühun-gen.

Einstein war vor allem ein Mensch seiner Zeit. Die Physik war um die Jahrhundertwende an einem Scheideweg angelangt. Die Methoden dieser bereits bewährten Disziplin waren erprobt und ihre Leistungen beein-

druckend. Nach Meinung einiger begeisterter Physiker näherte sich das ganze Fach einem Zustand der Vollendung. Man konnte glauben, daß Newtons Bewegungsgesetze und sein Gravitationsgesetz, Maxwells Theorie vom Elektromagnetismus, die Hauptsätze der Thermodynamik und eine Handvoll weiterer Grundsätze alle physikalischen Erscheinungen angemessen erklärten. In dieser Hinsicht ähnelte die Physik am Ende des 19. Jahrhunderts der am Ende des 20. Eine alles umfassende, endgültige Theorie – eine einheitliche Feldtheorie – schien im Bereich des Möglichen zu liegen. Dummerweise trübten dann, damals wie heute, einige unerklärliche Geheimnisse die ansonsten glänzende Erfolgsbilanz. Im experimentellen Bereich deutete die Entdeckung der Radioaktivität auf eine energetische Welt innerhalb des Atoms hin, die außerhalb der Gravitation oder des Elektromagnetismus lag. Das gewaltige Alter der Erde, das aus fossilen Funden abgeleitet wurde, war mit keinem der bekannten physikalischen Prozesse in Einklang zu bringen, die zum Beispiel die Sonne scheinen lassen. Und die scharfen Linien in den Gasspektren widersetzten sich allen Erklärungen mittels anschaulicher Atommodelle.

Noch schwerwiegender war, daß Widersprüche in den grundlegenden Theorien selbst wie unsichtbare Riffe nur darauf zu warten schienen, das stolze Schiff der «klassischen» Physik zu versenken. Eine komplette Welttheorie kann nicht aus Teilen entstehen, die nicht richtig zusammenpassen. In dieser Hinsicht irritierten vor allem zwei seltsame Phänomene, und sie erkämpften sich dann auch einen Platz auf der Tagesordnung der Physiker. Das erste betraf die Verschmelzung der Theorie der elektromagnetischen Strahlung mit der Thermodynamik. Beide Bereiche waren für sich genommen äußerst erfolgreich. Maxwells elektromagnetische Gleichungen erklärten sehr elegant, wie elektrische und magnetische Felder ineinandergreifen, und bildeten die theoretische Grundlage für praktische Vorrichtungen wie Elektromotoren und Dynamos. Sie führten außerdem zur richtigen Vorhersage elektromagnetischer Wellen und lieferten eine überzeugende Erklärung der Eigenschaften des Lichts als elektromagnetische Welle. Die Hauptsätze der Thermodynamik waren genauso beeindruckend, erklärten sie doch nicht nur die Wirkungsweise von Wärmekraftmaschinen, Dampfmaschinen und Kühlschränken, sondern auch die Eigenschaften von Gasen und chemischen Reaktionen. Aber sobald man diese beiden großartigen theoretischen Systeme zusammenbrachte, ergab sich ein verheerender Widerspruch. Nach der gängigen Vorstellung war der freie Raum mit einem unsichtbaren Stoff erfüllt, dem sogenannten Äther.

Elektromagnetische Felder wurden als Spannungen oder Verformungen in diesem Medium angesehen. Das Problem bestand nun darin, daß der angenommene Äther eine unbegrenzte thermische Kapazität zu haben schien, einen unersättlichen Appetit auf Wärme. Nichts konnte anscheinend die gewöhnliche Materie davon abhalten, in zunehmendem Maße ihre gesamte Wärme in Form elektromagnetischer Wellen mit beliebig hoher Frequenz an den Äther abzugeben. Diese anscheinend unausweichliche Instabilität bedeutete, daß materielle Körper nicht in der Lage wären, Wärme zu speichern oder im thermischen Gleichgewicht mit ihrer Umgebung zu bleiben, was in krassem Widerspruch zum normalen Menschenverstand und auch zu den experimentellen Beweisen stand.

Die zweite rätselhafte Erscheinung hatte ebenfalls mit dem Elektromagnetismus zu tun, in diesem Fall mit der Beschreibung bewegter elektrischer Ladungen. Zwischen Maxwells Theorie vom Elektromagnetismus und den Bewegungsgesetzen Newtons gab es eine feine, aber wesentliche mathematische Abweichung. Newtons Gesetze galten als die Gründungsaussage der Physik und hatten lange als ein Modell für jede wissenschaftliche Beschreibung von Veränderung gedient. Formuliert im 17. Jahrhundert, hatten sie Ende des 19. Jahrhunderts die Zeitprobe hervorragend bestanden. Und doch gerieten sie nicht nur wegen eines technischen Details in Konflikt mit der elektromagnetischen Theorie, sondern grundsätzlich auch darüber, wie sie den Gedanken der Bewegung darstellten.

Beide Widersprüche betrafen, wie ich in den folgenden Kapiteln zeigen werde, das Wesen der Zeit. Der erste – der Konflikt zwischen der elektromagnetischen Theorie und der Thermodynamik – erwuchs aus dem Versuch, den sogenannten Zeitpfeil zu verstehen, also die Tatsache, daß die meisten physikalischen Prozesse eine eingebaute Richtung aufweisen, die sich insbesondere in der Richtung des Wärmeflusses zeigt – von warm nach kalt. Der zweite hatte mit einem Konflikt zwischen Newtons Vorstellung von einer absoluten Zeit und der Relativität der Bewegung zu tun, die auf elektrisch geladene Teilchen angewandt wird.

Diese beiden theoretischen Probleme hatten noch vor dem Ende des ersten Jahrzehnts des 20. Jahrhunderts die traditionelle oder klassische Physik einfach gesprengt und nicht nur eine, sondern zwei wissenschaftliche Revolutionen ausgelöst. Aus dem ersten Rätsel entwickelte sich die Quantenmechanik, eine völlig neue und höchst eigenartige Theorie der Materie – die tatsächlich so eigenartig war, daß viele sie selbst heute noch



nicht recht glauben können: Einstein hat sich ein Leben lang geweigert, ihre verblüffenden Konsequenzen zu akzeptieren. Das zweite Rätsel ließ die Relativitätstheorie entstehen. Einstein spielte in beiden Fällen eine Schlüsselrolle, wird jedoch überwiegend mit der Relativitätstheorie in Verbindung gebracht.

Das Wort «Relativität» bezieht sich hier auf die Tatsache, daß die Erscheinungsform der Welt ringsum von unserem Zustand der Bewegung abhängt: die Bewegung ist «relativ». Das wird an einigen einfachen Beispielen sogar im täglichen Leben erkennbar. Wenn ich auf einem Bahnsteig stehe, scheint sich der vorbeirasende Zug sehr schnell zu bewegen; sitze ich jedoch im Zug, sieht es so aus, als husche der Bahnhof vorbei. Diese offensichtliche und unstrittige Relativität der Bewegung war schon Galilei bekannt und tauchte bereits im 17. Jahrhundert in Newtons Mechanik auf. Einstein entdeckte dagegen später, daß nicht nur die Bewegung relativ ist, sondern *Raum und Zeit ebenfalls*. Das war eine weit aufregendere und sinnverwirrendere Feststellung. Wie wir noch sehen werden, ist die Einsteinsche Zeit eine höchst beunruhigende Herausforderung an unsere normale Vorstellung von der Wirklichkeit.

Für Wissenschaftler des 19. Jahrhunderts war es möglich zu glauben, die Physik wäre vollständig, wenn sie die Kräfte erklären könnte, die zwischen den Materieteilchen wirken, und die Art und Weise, wie diese Teilchen sich unter der Einwirkung der Kräfte bewegen. Darauf lief alles hinaus: Kräfte und Bewegung. Die Teilchen selbst und der Raum und die Zeit, in denen sie sich bewegten, wurden einfach angenommen. Sie waren gottgegeben. Wenn die Natur mit einem großen kosmischen Drama verglichen werden kann, in dem der Inhalt des Universums – die Atome – die Besetzung war und Raum und Zeit die Bühne, dann hielten die Wissenschaftler es lediglich für ihre Aufgabe, die Handlung auszuarbeiten.

Heute würden Physiker ihre Aufgabe erst dann als erfüllt betrachten, wenn sie das Ganze gut erklärt hätten: Besetzung, Bühne und Stück. Sie würden nichts weniger als eine vollständige Erklärung für die Existenz und Eigenschaften aller Materieteilchen erwarten, die die Welt bilden, für das Wesen von Raum und Zeit und sämtliche Aktivitäten, zu denen diese Systeme in der Lage sind. Einsteins größter Beitrag war der, zu zeigen, daß die Trennung zwischen Besetzung und Bühne künstlich war. Raum und Zeit sind selbst Teil der Besetzung, sie spielen eine eigenständige und aktive Rolle im großen Drama der Natur. Raum und Zeit sind nicht, wie sich herausstellt, einfach als ein unveränderlicher Hintergrund der Natur *da*; sie

sind *materielle* Dinge, veränderlich und formbar und dem Gesetz der Physik genauso unterworfen wie die Materie.

Es bedurfte der Jugend, des Genies und des Wagemuts eines Einstein, nicht nur die technische Richtigkeit der gesamten begrifflichen Grundlage der Newtonschen Physik in Frage zu stellen. Nachdem Newtons Vorstellungen von Raum, Zeit und Bewegung sich über zweihundert Jahre bewährt hatten, waren sie nicht ohne weiteres abzutun. Es ist ein Beweis für die Größe Einsteins, daß sein Frontalangriff auf das Gebäude der Newtonschen Physik innerhalb nur einer Generation die neue Lehre brachte.

Aber obwohl Einstein sein ganzes Leben der Aufgabe widmete, gelang es ihm doch nicht, eine umfassende physikalische Theorie aufzustellen. Er befreite Zeit und Raum zwar von den unnötig strengen Beschränkungen Newtonschen Denkens, war jedoch nicht in der Lage, die jetzt befreiten Begriffe eines flexiblen Raums und einer flexiblen Zeit zu einer einheitlichen Theorie zusammenzufügen. Die Suche nach einer einheitlichen Feldtheorie oder Theory of Everything, wie sie im Englischen auch genannt wird, steht bei den Wissenschaftlern immer noch ganz oben auf der Tagesordnung, aber das Ziel ist nach wie vor schwer faßbar. Selbst beim Thema Zeit ließ Einstein die Dinge in einem seltsam unfertigen Zustand. Seit Menschengedenken hat sich das Wesen der Zeit als äußerst rätselhaft und widerspruchsvoll erwiesen. Sie ist in mancher Hinsicht der grundlegendste Aspekt dessen, wie wir die Welt erleben. Schließlich hängt gerade der Gedanke der Individualität von der Bewahrung der persönlichen Identität in der Zeit ab. Als Newton die Zeit in die wissenschaftliche Untersuchung einführte, erwies sich das als brauchbare Methode zur Analyse physikalischer Prozesse, aber es sagte uns wenig über die Zeit selbst.

Das wissenschaftliche, sterile Bild der Zeit schiebt verächtlich das angehäufte Wissen der traditionellen Kulturen beiseite, in denen die Zeit intuitiv erlebt wird, Zyklen und Rhythmus das Messen beherrschen und Zeit und Ewigkeit komplementäre Begriffe sind. Die Uhr, ein Kennzeichen unserer wissenschaftlichen Welt, ist auch das Symbol einer geistigen Zwangsjacke. Vor Galilei und Newton war die Zeit etwas Organisches, Subjektives, keine veränderliche Größe, die mit mathematischer Präzision gemessen wurde. Die Zeit war wesentlicher Bestandteil der Natur. Newton entriß der Natur die Zeit, gab ihr ein abstraktes, unabhängiges Dasein und raubte ihr damit ihre alte Bedeutung. Sie existierte in Newtons Darstellung der Welt lediglich als Mittel, Bewegungen mathematisch zu verfolgen; sie *tat* selbst nichts. Einstein gab der Zeit ihren angestammten Platz im Her-

zen der Natur als wesentlicher Bestandteil der physikalischen Welt zurück. Im Grunde ist Einsteins «Raumzeit» in vieler Hinsicht nur ein anderes Feld, das neben die elektromagnetischen und die Kernkraftfelder gestellt werden kann. Es war ein gewaltiger erster Schritt zur Wiederentdeckung der Zeit.

Wie wichtig sich die Einsteinsche Zeit auch erwies, löste sie doch noch nicht «das Rätsel der Zeit». Die Menschen fragen oft: Was *ist* Zeit eigentlich? Vor vielen Jahrhunderten gab Augustinus von Hippo, einer der einflußreichsten Denker über das Wesen der Zeit, eine scharfsinnige, wenn auch rätselhafte Antwort auf diese Frage. Er sagte: «Wenn niemand mich danach fragt, weiß ich es; wenn ich es jemandem auf seine Frage hin erklären soll, weiß ich es nicht.»<sup>1</sup> Die Zeit, die in der theoretischen Physik behandelt wird, auch die Einsteinsche Zeit, hat nur entfernt Ähnlichkeit mit der subjektiv empfundenen Zeit des einzelnen, der Zeit, die wir zwar kennen, aber nicht erklären können. Einsteins Zeit hat zum Beispiel keinen Pfeil, sie ist blind für die Unterscheidung zwischen Vergangenheit und Zukunft. Ganz sicher *fließt* sie nicht wie die Zeit von Shakespeare oder James Joyce oder auch wie die von Newton. Daraus läßt sich leicht schließen, daß etwas Entscheidendes fehlt, eine zusätzliche Eigenschaft der Zeit nicht in den Gleichungen enthalten ist, oder aber daß es mehr als eine Art von Zeit gibt. Die von Einstein eingeleitete Revolution bleibt enttäuschend unvollendet.

Dennoch kam Einstein mit einer uralten Seite der Zeit in Berührung, der traditionellen Verbindung zwischen Zeit und Schöpfung. Das ehrgeizigste Unterfangen, das aus der Arbeit Einsteins hervorgegangen ist, ist die moderne wissenschaftliche Kosmologie. Als die Wissenschaftler anfangen, die Auswirkungen der Einsteinschen Zeit für das gesamte Universum zu erkunden, machten sie eine der größten Entdeckungen in der Geschichte des menschlichen Denkens: daß die Zeit und damit die ganze materielle Wirklichkeit einen eindeutigen Ursprung in der Vergangenheit gehabt haben muß. Wenn die Zeit flexibel und veränderlich ist, wie Einstein gezeigt hat, ist es ihr auch möglich zu entstehen – und ebenso, wieder zu verschwinden. Die Zeit kann einen Anfang und ein Ende haben. Der Ursprung der Zeit wird heute «Urknall» oder «Big Bang» genannt. Religiöse Menschen sprechen in diesem Zusammenhang von der «Schöpfung».

Doch Einstein blieb so im Newtonschen Denken gefangen, daß er diesen bedeutenden Schluß selbst nicht zog. Er klammerte sich an den Glauben, daß das Universum ewig und im wesentlichen unveränderlich sei, und

trat für eine statische Kosmologie ein, bis die immer schwerer wiegenden Beweise ihn zum Umdenken zwangen. Doch hier begegnen wir der größten Ironie. Um sein Universum einzufrieren, führte Einstein eine neuartige Kraft in die Physik ein, eine Art Antigravitationskraft. Als nachgewiesen wurde, daß sich das Universum ausdehnt, ließ Einstein diese kosmische Kraft mit schlechtverhülltem Verdruß fallen und nannte sie später den größten Fehlschlag seines Lebens. Widerstrebend räumte er ein, daß das Universum vielleicht doch nicht seit ewigen Zeiten besteht, sondern möglicherweise vor mehreren Milliarden Jahren bei einem Urknall entstanden ist.

Heute ist die Urknalltheorie die anerkannte Theorie zur Entstehung und Entwicklung des Weltalls. Trotzdem fällt es ihr noch ziemlich schwer, überzeugend darzulegen, wie das Universum als Folge eines physikalischen Prozesses aus dem Nichts entstehen konnte. Für den größten Erklärungsnotstand sorgt dabei die Frage, wie die Zeit selbst auf natürliche Weise entstehen konnte. Wird die Wissenschaft den Beginn der Zeit überhaupt jemals innerhalb ihres Rahmens abhandeln können? Diese Herausforderung wurde in den achtziger Jahren von einigen Theoretikern, insbesondere Stephen Hawking, im großen Stil angenommen und der Öffentlichkeit in einer Flut populärwissenschaftlicher Bücher nähergebracht. Die aktuellen Bemühungen kreisen um die Quantenphysik – die inzwischen von einer Theorie der Materie zu einer Theorie des gesamten Universums erweitert wurde. Doch die Zeit hat immer außerhalb der Quantenphysik gestanden, und die Versuche, sie einzubeziehen, enden paradoxerweise damit, daß sie eliminiert wird. Die Zeit verschwindet! Wie ich noch zeigen werde, gibt es bei der Quantenzeit noch vieles, was wir nicht verstehen.

Trotz ihrer Popularität ist die Urknalltheorie nicht ohne Kritiker geblieben. Gleich zu Beginn bekamen die Astronomen mit ihrem Versuch, die Schöpfung zeitlich festzulegen, Ärger. Das errechnete Alter erwies sich als falsch. Es blieb nicht genug Zeit für die Entstehung der Sterne und Planeten. Noch schlimmer war, daß einige astronomische Objekte anscheinend älter als das Universum waren – offensichtlich ein Unding. Konnte es sein, daß Einsteins Zeit und die kosmische Zeit nicht identisch sind? Ist Einsteins flexible Zeit einfach nicht so flexibel, daß sie bis zur Schöpfung zurückreicht?

Die Schwierigkeiten im Zusammenhang mit dem Alter des Kosmos waren unangenehm und wurden, wenn möglich, unter den Teppich gekehrt. Im Verlauf der Jahrzehnte traten sie jedoch immer wieder störend zutage.

In den Anfangsjahren konnten die Kosmologen immer noch die Schultern zucken und sich damit herausreden, ihre Daten seien noch sehr ungenau und ein Faktor von zwei oder drei sei unter Freunden noch kein Grund für einen Grundsatzstreit. In den letzten Jahren, da die Teleskopie und Satellitendaten immer besser wurden, ist die Kosmologie jedoch beinahe zu einer exakten Wissenschaft geworden. 1992 lieferte der Satellit zur Erforschung der kosmischen Hintergrundstrahlung (COBE) jedoch das für die meisten Kosmologen entscheidende Material, an dem die Feinheiten der Urknalltheorie festgemacht werden konnten. Durch die Messung leichter Krümmungen in der Hintergrundstrahlung des Universums konnte COBE für das kosmologische Modell ein neues Präzisionsniveau schaffen. Der Haken daran ist nur, daß die COBE-Daten zusammen mit anderen neueren Beobachtungen das Problem des Alters des Universums nur mit neuer Schärfe haben wiederaufleben lassen.

Die Schwierigkeiten werden, während ich diese Zeilen schreibe, hitzig debattiert. Einige Astronomen meinen, man könnte die Zeitmaßstäbe schon in den Griff bekommen, wenn man ein wenig nachhelfen würde. Andere sind ganz und gar nicht dieser Meinung und verwerfen das ganze Urknallszenario. Aber immer mehr Kosmologen vermuten, daß Einstein selbst vielleicht die Antwort geliefert hat. Seine unrühmliche Antigravitationskraft, die er erfand, um einer Auseinandersetzung mit dem Ursprung der Zeit aus dem Weg zu gehen, lieferte vielleicht gerade den Mechanismus, den man braucht, um Übereinstimmung mit dem extremen Alter bestimmter astronomischer Objekte herzustellen. Sein größter Fehlschlag könnte sich am Ende als sein größter Triumph erweisen.

# 1

---

## *Eine ganz kurze Geschichte der Zeit*

*Die Zeit ist im Innersten all dessen, was dem Menschen wichtig ist.*

*Bernard d'Espagnat*

### *Wessen Zeit ist das überhaupt?*

In einem Labor in Bonn befindet sich ein U-Boot-förmiger Metallzylinder. Er ist etwa drei Meter lang und liegt fest in einem von Drähten, Rohren und Meßgeräten umgebenen Gestell. In Wirklichkeit ist es eine Uhr – oder besser gesagt *die* Uhr. Der Apparat in Bonn stellt, zusammen mit einigen ähnlichen, über die ganze Welt verteilten Instrumenten, «die Standarduhr» dar. Diese Instrumente, von denen das in Deutschland das genaueste ist, sind Cäsiumuhren. Sie werden mittels Radiosignalen von Satelliten und Fernsehstationen überwacht, verglichen und nachgestellt, damit sie möglichst gleich gehen. Im Internationalen Büro für Maße und Gewichte in Sèvres bei Paris werden die Daten gesammelt, analysiert und in die Welt ausgestrahlt. So entstehen die berühmten Pieptöne bei der Zeitansage im Radio, nach denen wir unsere Uhren stellen.

Wenn wir also unserer täglichen Arbeit nachgehen, nimmt die Bonner Cäsiumuhr die Zeit. Sie ist gewissermaßen ein Wächter der Zeit auf Erden. Das Dumme ist, daß die Erde selbst die Zeit nicht immer gut einhält. Unsere Uhren, die alle vermeintlich wie eine Schar gehorsamer Sklaven mit dem Zentralsystem in Frankreich verbunden sind, müssen hin und wieder um eine Sekunde korrigiert werden, um Abweichungen von der Erdrotation zu berücksichtigen. Die letzte derartige «Schaltsekunde» wurde am

30. Juni 1994 eingefügt. Die Umdrehung des Planeten, die genau genug war, um für Tausende von Generationen als perfekte Uhr zu fungieren, reicht heute als zuverlässiger Zeitmesser nicht mehr aus. Im Zeitalter der hochpräzisen Zeitmessung ist die gute alte Erde nicht mehr ganz auf der Höhe der Zeit. Nur die Atomuhr, von Menschenhand geschaffen und geheimnisvoll, liefert jenes so wichtige Ticktack mit der Präzision, die von Navigatoren, Astronomen und Piloten verlangt wird. Eine Sekunde wird nicht mehr definiert als der 86 400. Teil eines Tages, sondern entspricht 9 192 631 770 Schlägen eines Cäsiumatoms.

Aber wessen Zeit zeigt die Bonner Uhr eigentlich an? Ihre Zeit? Meine Zeit? Gottes Zeit? Sind die Wissenschaftler in jenem vollgestopften Labor, die den Pulsschlag des Universums überwachen, unermüdlich irgendeiner kosmischen Zeit auf der Spur? Gibt es womöglich eine andere Uhr, vielleicht auf einem anderen Planeten irgendwo, die sehr zur Freude ihrer Schöpfer treu und brav eine völlig andere Zeit angibt?

Wir wissen, daß Uhren nicht übereinstimmen müssen: Die Erduhr geht anders als die Uhr in Bonn. Welche geht richtig? Wahrscheinlich die Uhr in Bonn, weil sie genauer geht. Aber relativ zu was genauer? Zu uns? Schließlich wurde die Uhr deshalb erfunden, um die Zeit für Zwecke des Menschen anzugeben. Aber erleben alle Menschen die gleiche Zeit? Der Patient beim Arzt und die Menschen, die eine Sinfonie von Beethoven hören, erleben die gleiche, atomar markierte Zeitdauer ganz verschieden.

Vieles von dem, was wir von der Zeit halten, ist also das Ergebnis kultureller Konditionierung. Ich habe in Bombay einmal einen Mystiker kennengelernt, der behauptete, durch Meditation seinen Bewußtseinszustand ändern und so den Ablauf der Zeit verzögern zu können; Atomuhren beeindruckten ihn überhaupt nicht. Bei einem Vortrag in London vor einigen Jahren saß ich zu meiner Überraschung zusammen mit dem Dalai Lama auf dem Podium. Wir hatten die Aufgabe, die Zeit im wissenschaftlichen Denken des Westens und in der Philosophie des Ostens zu vergleichen und einander gegenüberzustellen. Der Lama sprach mit ruhiger Gewißheit, aber leider auf tibetisch. Ich bemühte mich, der Übersetzung zu folgen, um zur Erleuchtung zu gelangen, aber bedauerlicherweise ohne großen Erfolg. Kulturelle Unterschiede, vermute ich.

Nach meinem Vortrag gab es eine kurze Pause, der Dalai Lama nahm meine Hand, und wir gingen aus dem Saal hinaus in die Sonne. Irgend jemand kniete vor ihm nieder und überreichte Seiner Heiligkeit eine Narzisse, die der Lama dankend entgegennahm. Ich hatte den Eindruck, mit



einem liebenswerten und intelligenten Mann zusammenzusein, der Erkenntnisse besaß, die für uns alle wertvoll waren, aber durch sein Amt daran gehindert wurde, sie den versammelten westlichen Wissenschaftlern zu vermitteln. Ich hatte das Gefühl, eine Gelegenheit verpaßt zu haben.

### *Die Suche nach der Ewigkeit*

In der überdrehten Welt der modernen westlichen Gesellschaft ist alles dem Diktat der Uhr unterworfen. Unser hektisches Leben ist fest in die Tretmühle der Zeit eingespannt. Aber war das immer so? Wie ein roter Faden zieht sich der Glaube durch die Geschichte des menschlichen Denkens in Ost und West, Nord und Süd, daß das gesamte Muster des Zeitlichen in irgendeiner gewaltigen Täuschung wurzelt und nichts als eine Ausgeburt des menschlichen Geistes ist:

«Auch ist die Zeit kein Ding an sich, nein, unsere Sinne nehmen erst ab von den Dingen, was in der Vergangenheit vorging,...  
Niemand kann ja die Zeit an sich mit den Sinnen erfassen,  
Wenn man die Ruhe der Dinge und ihre Bewegung nicht abmißt.»<sup>1</sup>

Das schrieb der römische Schriftsteller und Philosoph Lukrez im ersten Jahrhundert in seinem Lehrgedicht *Die Natur der Dinge*. Von diesen beunruhigenden Gedanken ist es nur noch ein kleiner Schritt zu dem Glauben, daß der Ablauf der Zeit durch Geisteskraft gesteuert oder gar aufgehoben werden kann, wie wir in der betörenden Worten des mystischen Dichters Angelus Silesius aus dem 16. Jahrhundert entdecken:

«Du selbst machst die Zeit, das Uhrwerk sind die Sinnen;  
Hemmst du die Unruh nur, so ist die Zeit von hinnen.»<sup>2</sup>

Für diese zeitlichen Relativisten liegt die wahre Wirklichkeit in einem Reich, das die Zeit überwindet, im Land jenseits der Zeit. Die Europäer nennen es «Ewigkeit», die Hindus bezeichnen es als «Moksha» und die Buddhisten als «Nirvana». Für die Ureinwohner Australiens ist es die «Traumzeit».

Bei unserem Bemühen, die geistige und physische Wirklichkeit zu bewältigen, irritiert uns nichts stärker als das Wesen der Zeit. Die wider-