

Harald Lesch und Harald Zaun
Die kürzeste Geschichte allen Lebens

Harald Lesch und Harald Zaun

DIE KÜRZESTE GESCHICHTE ALLEN LEBENS

Eine Reportage über 13,7 Milliarden Jahre Werden und Vergehen

ISBN 978-3-492-05093-7

2. Auflage 2008

© Piper Verlag GmbH, München 2008

Daumenkino von Jakob Werth

Satz: Kösel, Krugzell

Druck und Bindung: Clausen & Bosse, Leck

Printed in Germany

Inhaltsverzeichnis

Einleitung	7
Eine gewaltige Ouvertüre Vom Urknall zur Planck-Zeit	13
Inflation und Tanz der Materie Siegeszug von Raum, Zeit und Materie	27
Licht- und Materieoasen Geburt des Lichts und der ersten Galaxien und Sterne	41
Am Rande der Wirklichkeit Einzug der Exoten	53
Planetare Explosion Entstehung der Sterntrabanten und Exoplaneten	73
Irdische Genesis Die Uerde	87
Der Beginn Von der Ursuppe zum Einzeller	103
Biologische Expansion Kambrische Explosion und das Ende der Dinosaurier	123
Eroberungszug der Säugetiere Erster Säuger – letzter Menschenaffe	145
Projekt Menschwerdung Vom Frühhominiden zum <i>Homo neanderthalensis</i>	161
Kreativ-geistige Sprünge Vom <i>Homo sapiens</i> zur ersten Wissensexplosion	181
Warum in dieser Welt?	201
Danksagung	217
Literaturverzeichnis	218
Personen- und Sachregister	221

EINLEITUNG

Die Entdeckung der Evolution schließt die Einsicht ein, dass unsere Gegenwart mit absoluter Sicherheit nicht das Ende oder gar das Ziel der Entwicklung sein kann.

Hoimar von Ditfurth

Vergangenheit – Gegenwart – Zukunft. Eingebettet im Zeitstrom, gefangen im Strudel der Zeit, treibend in seinem Fluss, kann der Mensch der Moderne die von ihm selbst geschaffenen künstlichen drei Grundpfeiler der Zeit bewusst weder er- noch durchleben. Was wissen wir schon vom wahren Wesen der Gegenwart, die für das menschliche Gehirn, wie uns die Hirnforschung lehrt, sage und schreibe nur drei Sekunden währt? Drei Sekunden, um sich die Gegenwart zu vergegenwärtigen, den zarten Atem des Augenblicks einzuhauchen und den Flug des Zeitpfeils zu beobachten – das ist aus irdischer Perspektive ein fürwahr kurzer Zeitraum. Dass die Zeit fließt und ihr ewiger Getreuer – der sich linear fortbewegende, nimmer greifbare oder einholbare Zeitpfeil – seinen Flug mit stoischer Gleichgültigkeit unbeirrbar fortsetzt, ohne etwas von seiner eigenen Existenz zu erahnen, zwingt uns, seiner Spur auf andere Weise zu folgen. Wir müssen tief in die vergangenen »Gegenwarten« blicken, zurück zu den Anfängen von Bewusstsein und Intelligenz gehen, ja sogar zurück bis zum Anfang aller Dinge, dem Urknall, der die Weichen für die Gegenwart und Zukunft unserer Spezies gestellt hat.

Dieser Philosophie folgend, schicken wir Sie, lieber Leser, mit diesem Buch auf eine chronologisch ungewöhnliche Zeitreise, bei der wir phantastische Zeitsprünge wagen, die uns zwingen, mal in der Gegenwarts- oder mal in der Vergangenheitsform zu erzählen. Es ist eine Exkursion durch Raum und Zeit, die uns vom Big Bang und dem Anfang der Zeitlichkeit über die Bildung der Materie und Entstehung erster Lebensformen bis hin zur ersten Wissensexplosion der Menschheit führt, wobei wir die Frage, wie Leben und Bewusstsein in die Welt kamen, vorrangig behandeln. Sie bildet nicht von ungefähr den roten Faden dieser Lektüre, die sich vornehmlich an Theorien und Modellen orientiert, die derweil das Gros der Wissenschaftler akzeptiert. Anstatt ein Geflecht einander widersprechender Hypothesen darzulegen, erzählen wir Ihnen »unsere« Version der Vergangenheit – kurz und knapp, ohne Wenn und Aber, so wie sie sich in den Grundzügen dereinst mit großer Wahrscheinlichkeit zugetragen hat. Bei alledem richten wir unseren Fokus ausschließlich auf die Entwicklung des irdischen Lebens. Die fraglos vielen Geschichten des Lebens, die in den Tiefen des Alls geschrieben wurden und in denen außerirdische Lebewesen die Hauptrollen mimten, sind für uns vernachlässigbar, weil kein irdischer Chronist sie kennt.

Gewiss, viele der von uns vorgestellten Fakten und Interpretationen wird mancher Experte naturgemäß anders sehen und deuten. Wo »Fakten« gehobelt werden, fallen Späne der Information. Vereinfachungen waren hie und da unumgänglich, der Mut zur Lücke obligatorisch, bisweilen sogar berechtigt, ist unser Wissen von dieser Welt doch selbst höchst lückenhaft. Denken Sie nur an die Geologen, Mikro- oder Meeresbiologen, die von ihren »Kosmen« bis heute bestenfalls nur kleine Ausschnitte kennen. Oder an die Astrophysiker, die von mehr als drei Vierteln der kosmischen Materie keine Rechenschaft ablegen können. Und nicht zuletzt an die Paläoanthropologen, die bislang nur 0,01 Prozent aller potenziellen fossilen Fundstücke ausgegraben haben. Mag sein, dass solcherlei Wissenslücken der Treibstoff für den Motor Wissenschaft sind. Anderer-seits durchsetzen sie aber auch die Inseln des Wissens und verwehren uns somit die Sicht auf das Ganze. Für uns Anlass genug, Ihnen mit dieser Lektüre die wichtigsten Gebiete dieser Wissensinseln näher vorzustellen und dabei eine andere wichtige Lücke zu schließen. Denn anders als das Gros der Literatur zur Evolution, das in der Regel Lexikoncharakter hat und vor Informationen und Theorien überquillt, heben wir die Zäsuren der Weltgeschichte hervor, ohne den zuvor angesprochenen roten Faden aus den Augen zu verlieren.

Wer sich weiter in die Thematik vertiefen möchte, möge seine Neugierde mit entsprechenden Nachschlagewerken stillen oder sich die Bücher aus unserem Literaturverzeichnis zu Gemüte führen bzw. den dort aufgeführten Links folgen.

Dass uns dieses Buch besonders am Herzen liegt, hängt unter anderem auch mit den derzeit immer stärker werdenden kreationistischen Strömungen zusammen, deren Anhänger die Bibel beim Wort nehmen und den Anfang der Welt – in Anlehnung an die 1650 von James Ussher (1581–1656) tradierte Berechnung – mehrheitlich auf den 23. Oktober 4004 v. Chr. datieren. An diesem Tag markierte Gott angeblich in aller Herrgottsfrühe den Beginn der Genesis...

Wenn wir ausdrücklich allen »Intelligent-Design«-Bestrebungen, mit denen Neokreationisten ihren Glauben wissenschaftlich zu untermauern versuchen, eine klare Absage erteilen, richtet sich unsere Kritik gleichwohl nicht gegen die Kirche oder generell gegen Religionen. Nein, Gott steht nicht außerhalb der Evolution. Glauben und Wissenschaft müssen nicht miteinander kollidieren oder einander ausschließen. Wer oder was auch immer dieses Universum geschaffen, welche Energieform oder Nicht-Energieform dem Kosmos dereinst Leben eingehaucht hat, bleibt das größte Geheimnis der 13,7 Milliarden Jahre währenden Geschichte unserer Welt, das auch wir nicht wissenschaftlich wegerklären können oder wollen.

Natürlich haben Menschen aller Kulturen zu allen Zeiten die Frage nach Gott aufgeworfen und den Sinn und Zweck unseres Universums und unseres eigenen Daseins hinterfragt. Seit dem Auftauchen des ersten mit Geist und Bewusstsein gesegneten Hominiden hat unser Planet mehr als 82 Milliarden menschenartiger Lebewesen kommen und gehen sehen. Ihr Wirken, ihre Taten und Untaten hat er als stummer Zeitzeuge stillschweigend ertragen. Und er wird mit uns auch weiterhin vorliebnehmen müssen – spätestens bis zum Jahre acht Milliarden nach Christus. Neuesten Berechnungen zufolge bläht sich dann unsere Sonne zu einem Roten Riesen auf und verschluckt die Erde mitsamt seinen »Bewohnern«.

sofern unsere Art bis dahin noch existieren und an der interstellaren Raumfahrt keinen Gefallen gefunden haben sollte. Eine andere Schätzung besagt zudem, dass unser Universum irgendwann selbst das Zeitliche segnen wird. In einer Trillion Jahren (eine Eins mit 18 Nullen) droht ihm der Hitzetod.

Bis dahin haben wir allerdings noch etwas Zeit. Die Evolution, die in Bezug auf unsere Art (und einige Tier- und Pflanzenarten) inzwischen keine biologische mehr ist, sondern zu einer von Menschenhand geschaffenen technisch-elektronischen sowie biotechnologisch-gentechnischen mutiert, geht immer weiter – ob mit oder ohne uns. Gemessen an den Äonen, die das Universum noch durchleben muss, hat die Geschichte des Werdens und Vergehens gerade erst angefangen.

Wir wünschen Ihnen genauso viel Vergnügen beim Lesen, wie wir es beim Schreiben hatten.

EINE GEWALTIGE OUVERTÜRE Vom Urknall zur Planck-Zeit

Wir können nicht in große Entfernungen schauen, ohne gleichzeitig in die Vergangenheit zurückzublicken. In der Kosmologie sind Raum-, Zeit- und Objektfragen eng miteinander verflochten. Hans-Joachim Blome

Das Nichts sucht das Sein heim. Jean-Paul Sartre

Weshalb macht sich das Universum die Mühe, zu existieren? Stephen Hawking

Die klassische Urknalltheorie beschreibt die Nachwirkungen der Explosion, doch sie unternimmt keinen Versuch zu erläutern, was »knallte«, wie es »knallte« und weshalb es »knallte«.

Alan Guth

Erste Szene des ersten Aktes

Das Nichts. Kein Leben. Kein Raum. Keine Zeit. Keine Ausdehnung. Kein Inhalt. Höhe, Länge, Breite und Volumen waren nicht existent. Kein Zeitpfeil flog, keine Uhr tickte. Nichts explodierte zu irgendeinem Zeitpunkt an einem bestimmten Ort. Nichts strahlte oder blitzte, nichts knallte 13,7 Milliarden Jahre vor Christus. Nur ein unendlich kleiner, unendlich dichter, unendlich heißer Punkt erfüllte das Nichts mit nicht näher definierbaren Teilchen und Kräften.

Als vor Urzeiten unsere Welt sozusagen ihr Licht erblickte, gab es weder eine Mutter-Welt noch schwirrten irgendwelche Lichtphotonen durch die blutjunge Weltgeschichte. Und doch war am Anfang nicht das absolute Nichts. Irgendwer oder irgendetwas befreite das Nichts am Beginn allen materiellen Seins aus seiner Nichtigkeit. Wer oder was dabei als Regisseur agierte, das Theater baute, die Requisiten besorgte und die Bühne zuschauergerecht platzierte, auf der auch unsere Spezies seit geraumer »Zeit« ihr Gastspiel zelebriert, steht noch nicht einmal in den Sternen, die als Folge des sogenannten Urknalls (Big Bang) die samtene Schwärze des Alls ein wenig mit Licht beleben. Sicher ist nur, dass der Urknall als denkbar gewaltigste Ouvertüre des ersten kosmischen Aktes ein grandioses Schauspiel eröffnete, dessen Schlussakt bestenfalls sein Schöpfer kennt, aber sicherlich keine Menschenseele, geschweige denn eine außerirdische.

Es war eine Premiere ohne Generalprobe, die kein Zuschauer sehen und beklatschen, kein Auditorium hören, kein Kunstkenner kritisieren und kein Chronist protokollieren konnte. Schließlich setzte sich der Big Bang völlig unspektakulär, vollkommen geräuschlos und absolut lichtfrei in Szene. Als der Urknall in die Welt trat, um dieselbe zu formen, gab es kein Davor, weil vor der Zeit keine Zeit, vor dem Raum keine Räumlichkeit existierte. Nein, Zeit und Raum waren vor 13,7 Milliarden Jahren noch in einem undefinierbaren, unermesslich kleinen punktaktigen Etwas von unvorstellbar hoher Energiedichte und Temperatur gefangen: der Anfangssingularität. Das punktaktige Gebilde war unmessbar klein, grenzenlos heiß, unendlich massereich und stand außerhalb des Jenseits und Diesseits – im Niemandsland zwischen Metaphysik und Physik. Zwar war die Singularität mitnichten in der Raumzeit eingebettet, trotzdem war sie das Herz des Urknalls. Mit ihr begann das All zu pulsieren.

Was sich allerdings im Dunkeln der kosmischen Vorgeschichte jenseits von Raum und Zeit im Einzelnen abspielte, bleibt, zum Leidwesen der Historiker des Universums, ein ungeschriebenes Buch mit *acht* Siegeln – für und bis in alle Ewigkeit. Zu sehr übersteigt das größte Mysterium des Seins unser Vorstellungsvermögen, zu gering ausgeprägt sind unsere Imaginationskraft und mathematische sowie philosophische Intelligenz. Wie konnte uns die Schöpfung auch mit einem nur auf vier Dimensionen konditionierten Gehirn bestücken, das einerseits komplexer und komplizierter strukturiert ist als das Universum selbst, andererseits aber trotz seiner Milliarden Neuronen und filigranen Netzwerke bis heute nicht fähig ist, den Ablauf des Big Bang zu erfassen? Mutet dies nicht alles wie eine bittere Ironie der kosmischen Geschichte an?

Apropos Geschichte: Beim Studium der Annalen der wissenschaftlichen Theorien über den Urknall begegnen wir einem erstaunlichen Kuriosum, das der Erwähnung bedarf. In verschiedenen Menschheitsepochen wurde die Idee des Urknalls in vielen Kulturen im Kern angedeutet. Was unsere Urhahnen in ihren Mythen zu Papyrus brachten und Astrophysiker heute mit dem wissenschaftlich fundierten Urknallmodell vorlegen, hat zumindest in einem Punkt scheinbar eine gemeinsame Wurzel. Historisch gesichert ist: In vielen überlieferten Darstellungen der Ägypter, der nordamerikanischen Indianer, der Sumerer oder der Chinesen stoßen wir auf Bilder, die die Erschaffung der Welt auf eine Lichtexplosion zurückführen. Ausgehend von dem Credo, dass nichts aus dem Nichts kommen kann, versuchten vor allem die Philosophen der Antike – kraft ihrer Geistespräsenz und Kreativität – den Urzustand der Welt und den Urstoff der Materie zu erklären. So weist der Weltentstehungsentwurf des ionischen Philosophen Anaximander (um 610–546 v. Chr.) gar urknallähnliche Züge auf. Seiner Ansicht nach entstand die Welt aus einem zeugungsträchtigen Samenkorn des Heißen und Kalten – und zwar durch »Abtrennung«. Am Anfang war »das Grenzenlose« (Ápeiron), auf das

später eine Art Explosion erfolgte, aus der sich dann alle Himmelskörper ausbilden sollten. Ist dies wirklich reiner Zufall, oder schimmert hier ein intuitives Wissen durch, mit dem uns die Evolution versehen hat? Tragen wir womöglich sogar das Gedächtnis des Universums in uns?

Das Problem, mit dem Urknall-Experten hadern, ähnelt dem Schicksal frustrierter Archäologen, die ein riesiges antikes Mosaikbild zusammensetzen versuchen, ohne dabei von dem Gesamtbild Kenntnis zu haben, geschweige denn das Gros der Mosaiksteine zu besitzen oder deren potenzielle Fundorte zu kennen. Ja, es sieht danach aus, als hätte der Urknall all seine Geheimnisse mit in die Inflationsphase genommen. Wer etwas über den Beginn der Welt wissen will, muss den Nachhall, das Echo des Urknalls – sprich die kosmische Mikrowellen-Hintergrundstrahlung – wie ein Chirurg sezieren und wie ein Detektiv unter die Lupe nehmen, wohl wissend, dass diese kosmologische Standardtheorie über den Beginn der Welt nichts erzählt, sondern bestenfalls etwas von den Nachwirkungen einer »Explosion«, die noch nicht einmal etwas mit einer klassischen Explosion gemein hatte, ja, für sich gesehen überhaupt noch nicht einmal ein Ereignis war. Denn so paradox dies klingen mag – der Big Bang war kein »Ereignis«, nichts, das sich »ereignete«. Schließlich lebt ein Ereignis von seiner Vierdimensionalität: von den drei räumlichen Koordinaten und der Zeitdimension. Und da diese damals partout fehlten, war der Urknall weder ein historisches Ereignis noch eine Explosion im irdischen Sinn. Nein, der Urknall bzw. die damit einhergehende Pseudo-Explosion füllte vielmehr das gesamte Universum »zeitgleich« aus. So gesehen hat der Urknall gleichzeitig an jedem Punkt dieses Universums und an jedem bestimmten Ort stattgefunden. Wo auch immer in diesem Kosmos Geschichte geschrieben wurde – an jedem dieser Orte fand dereinst auch der Urknall statt, weil am Anfang dieser Welt alle Orte ein und derselbe Ort waren. Bei alledem war der Big Bang mehr als nur der Vater von Zeit, Raum und Materie. Er, dessen Singularität selbst von Unendlichkeiten geprägt war, kreierte mit dem Werden der Welt drei weitere Unendlichkeiten, die unser heutiges Dasein radikal bestimmen. Zum einen setzte er – selbst einer unendlich kleinen Singularität entsprungen – das unendlich Kleine in die Welt, sprich die Elementarteilchen bzw. die Quarks, die sich in puncto Größe beinahe im Nichts verlieren. Zum anderen erweist er sich als Vater des unendlich Großen, worunter die Galaxien und das expandierende Universum selbst fallen, dessen Grenzen bislang niemand zu ziehen vermag. Und zum Dritten das unendlich Komplexe selbst: das Leben bzw. seine Vielfalt, sein grenzenloser Ideenreichtum und seine unendliche Mutationsfähigkeit. Der Big Bang ist der Vater aller Dinge – ob diese materieller oder immaterieller, organischer oder anorganischer Natur, ob sie extrem klein, groß oder komplex sein mögen.

Als der Zeitfeil das Weite suchte

Wäre es Ihnen vergönnt gewesen, vor 13,7 Milliarden Jahren jenseits von Zeit und Raum einen Sitzplatz zu ergattern, um diese erste Szene des ersten Aktes in natura zu bestaunen, wären Ihre fünf Sinne aufs Äußerste gefordert gewesen. Schließlich ging und verging damals alles sehr schnell – extrem schnell. Ein Beobachter hätte sich den Augenblick eines kurzen Augenzwinkerns nicht leisten dürfen, verrichtete doch der Urknall sein kreatives Werk binnen des Mikrobruchteils eines Wimpernschlags. Wie extrem kurz die Aufbauphasen der Welt waren, führt uns die sogenannte Planck-Zeit (t_{PL}) drastisch vor Augen. Sie bildet die absolute Grenze der klassischen Beschreibung von Raum und Zeit und definiert den frühestmöglich denkbaren Zustand der Welt, wie er 10⁻⁴³ Sekunden nach dem Urknall gewesen ist. Wer noch tiefer in die Vergangenheit des Urknalls eintauchen will, dem stellen sich die Gesetze der Physik entgegen. Die Planck-Zeit war der Beginn der Zeit, der »Zeitpunkt«, an dem gewissermaßen der Zeitfeil abgeschossen wurde. Sie ist auch heute noch das kürzeste messbare Zeitintervall. Mit anderen Worten: Nicht mit dem Urknall trat die Zeit in die Welt, sondern erst 0,0000000000000000000000000000000000000000000000000000001 Sekunden »danach«. Dem Zeitfeil blieb also nicht viel Zeit, von der Singularität des Urknalls Abschied zu nehmen. Angesichts von Temperaturen von mehr als 100000000000000000000000000000 Grad Celsius, die während der ersten Millisekunde vorherrschten, verwundert es nicht, dass der Zeitfeil schnell das Weite suchte. Das Gleiche galt für die Loslösung des Raumes aus der Urknall-Singularität. Sie vollzog sich fast zeitgleich mit dem Jungfernflug des Zeitfeils.

Die Theaterkritiker und die Expansion des Raumes

Wissenschaftshistorisch lädt die Tatsache schon zum Schmunzeln ein, dass sich das klassische astrophysikalische Urknall-Modell nur deshalb so zügig etablieren konnte, weil ein katholischer Priester, ein ehemaliger Mauliertreiber sowie ein Ex-Preisboxer nicht lockerließen. Zu einem Zeitpunkt, da in dem Weltbild der Astronomen nur für ein statisches Universum, eine Welt ohne Anfang und Ende, Platz war, aber für eine Expansion des Kosmos kein Raum blieb, legte der belgische Geistliche Abbé Georges E. Lemaître (1894–1966) die erste Fassung seiner Publikation *Die Hypothese des Uratoms* (1927) vor. In ihr markierte der Priester und ausgebildete Astronom die Zäsur. Er behauptete, der Kosmos sei aus einem einzigen ursprünglichen Energiequantum hervorgegangen. Dass Lemaître die Idee des Urknalls auf geradezu geniale Weise antizipierte, wusste auch Albert Einstein (1879–1955) zu würdigen, der diese als schönste und beste Erklärung der Entstehungsgeschichte bezeichnete. Einstein, zunächst selbst ein überzeugter Anhänger eines statischen Universums und somit ein entschiedener Gegner eines aus einem Uratom gewachsenen Kosmos à la Lemaître, änderte seinen Standpunkt erst 1930 – nach einem Treffen mit dem amerikanischen Astronomen Edwin Hubble, der Einstein mit seinem 100-Zoll-Teleskop auf dem Mount Wilson jene sensationelle Entdeckung vor Augen führte, die ihn zuvor in die Schlagzeilen gebracht hatte. 1923 war Hubble mithilfe seines Assistenten, Milton L. Humanson (1891–1972), der sich vom Mauliertreiber auf Mount Wilson zum Pförtner der Sternwarte bis zum Mitarbeiter und später wichtigsten Assistenten Hubbles hochgearbeitet hatte, ein wahres Husarenstück gelungen. Hubble, der beinahe Anwalt geworden wäre, ja, eine kurze Zeit lang sogar über eine Profikarriere als Boxer sinniert hatte, wurde seiner eigentlichen Berufung gerecht. Mit der Entdeckung der Andromeda-Galaxie gelang ihm der Nachweis, dass neben unserer Galaxis in

der Weite des kosmischen Wüstenmeers noch unzählige andere Galaxien driften. Fortan war klar, dass das Universum viel größer war als angenommen. Als Hubble 1929 mittels seines leistungsstarken Fernrohrs und mithilfe der Spektralanalyse das einfallende Licht weit entfernter »Welteninseln« sezierte, beobachtete er zudem eine Verschiebung der Spektrallinien zum roten Ende des elektromagnetischen Spektrums, also zu den größeren Wellenlängen hin. Diese Rotverschiebung erlaubte nur eine Interpretation: Die von ihm observierten Galaxien bewegen sich von der Erde fort. Das Weltall expandiert. Gleich einem Luftballon bläht sich der Raum auf und sorgt auf diese Weise für ein Auseinanderdriften der »Milchstraßen«, wobei sich fraglicher Raum jedoch nicht in einem bereits bestehenden Raum ausdehnt. Neuesten Forschungen zufolge geht diese Expansion als Folge der Dunklen Energie mit zunehmender Geschwindigkeit vonstatten – womöglich bis in alle Ewigkeit.

Dieser Prozess manifestiert sich am deutlichsten in der Fluchtgeschwindigkeit der Galaxien. Mit welcher Geschwindigkeit sich die räumliche Ausdehnung vollzieht, beschreibt das Hubble'sche Expansionsgesetz, bei dem die Hubble-Konstante den Wert der Fluchtgeschwindigkeit definiert. Die Formel ist einfach: Je weiter eine Galaxie von uns entfernt ist, desto größer ist ihre Fluchtgeschwindigkeit. Kein Wunder, dass die Hubble-Konstante daher von zentraler Bedeutung ist, erlaubt sie doch Rückschlüsse auf das Alter der Welt. Neuesten Messungen zufolge beträgt ihr aktueller Wert 72 Kilometer pro Sekunde und Megaparsec (1 Megaparsec = 3,3 Millionen Lichtjahre). Kehren wir – ausgehend von diesem Wert – im Gedankenexperiment die Expansionsbewegung um, gelangen wir unweigerlich an einen Punkt, an dem Materie, Raum und Zeit einst in der Urknall-Singularität vereinigt gewesen waren.

Entdeckung der Hintergrundstrahlung

Neben der Rotverschiebung hat sich vor allem die Mikrowellen-Hintergrundstrahlung als das zweite Standbein der Urknall-Theorie etabliert. Sie entstand 380000 Jahre nach dem Big Bang, als die Ursuppe im Zuge der Abkühlung des Universums nur noch eine Temperatur von etwa 3700 Grad Celsius hatte und Protonen und Elektronen zu den ersten Atomen (griech. atomos = das Unteilbare) zusammenfanden, die ihrerseits das erste Licht generierten. Charakteristisch für das kosmo-archaische Echo des Urknalls ist eben seine Strahlung im Mikrowellenbereich. Sie liegt etwa bei 2,72 Kelvin (minus 270,43 Grad Celsius), weshalb sie in der Physik auch als 3-K-Strahlung Bekanntheit erlangt hat. Einer der Ersten, der die Bedeutung dieses fossilen Lichts ansatzweise erkannte, war der russisch-amerikanische Physiker George A. Gamow (1904–1968), der bereits 1946 die Theorie des »heißen« Anfangs« postulierte. Hierunter stellte sich Gamow einen zu Neutronen zusammengequetschten Wasserstoffklumpen vor, der sich langsam wie ein Luftballon aufbläht. Während der Abkühlung sei dann eine Urstrahlung übrig geblieben, die allgegenwärtig gewesen sei und sich aufgrund der schnellen Ausdehnung des Universums auf eine Temperatur von ungefähr fünf Grad über dem absoluten Nullpunkt abgekühlt hätte. Die erste praktische Probe aufs Exempel machte indes Robert Dicke von der Universität Princeton in New Jersey. Ausgehend von der Überlegung, dass die vermutete Hintergrundstrahlung immer noch nachweisbar sein müsse, suchten Dicke und sein Team mithilfe einer selbst konstruierten Apparatur gezielt nach Strahlungsquellen im All, die kühler als minus 253,15 Grad Celsius waren – ohne Erfolg. In den Genuss, das kosmische Rauschkonzert des zweiten Aktes der Urknall-Ouvertüre erstmals in natura zu hören, kamen währenddessen zwei Nicht-Kosmologen: Arno A. Penzias und Robert W. Wilson von den amerikanischen Bell Telephone Laboratories (New Jersey). Mit der 6,60 Meter langen Hornantenne von Holmdel wurden sie im Jahr 1964 »Ohrenzeugen« einer anhaltenden Mikrowellenstrahlung (auf einer Wellenlänge von 7,35 Zentimetern), die aus allen Himmelsrichtungen in der gleichen Intensität und der gleichen Temperatur von minus 270,15 Grad Celsius eintraf. Nachdem alle potenziellen Störquellen ausgeschaltet waren, zeigte sich, dass die detektierte, sehr langwellige und isotrope Radiostrahlung nichts anderes war als ein kosmisches Relikt, sozusagen ein Nachglühen des Urknalls, ein Nachklang der Geburtswehen des Universums, der von allen Seiten kommend das Universum gleichmäßig erfüllt.

Ähnlich Paläontologen, die versteinerte Dinosaurierknochen studieren, um das Leben und Alter urzeitlicher Tiere zu rekonstruieren und zu bestimmen, haben Astronomen die fossile Strahlung einstweilen minutiös durchleuchtet, gemessen und sogar kartografiert. Entscheidenden Anteil hieran hatte die NASA-Forschungssonde COBE (Cosmic Background Explorer), die von 1992 bis 1996 die Hintergrundstrahlung durchleuchtete und dabei Falten im Raum-Zeit-Gewebe des Kosmos in Form von winzigen Schwankungen und minimalen Temperaturunterschieden ausmachte. Ein Phänomen, das Experten Anisotropie nennen und das Schlüsse auf den Urzustand des Alls erlaubt – und vor allem die Richtigkeit des Urknall-Modells stützt. Bestätigung fanden diese Ergebnisse 2003, als die NASA-Sonde WMAP (Wilkinson Microwave Anisotropy Probe) die Temperaturunterschiede in der Hintergrundstrahlung bis auf ein Millionstel Grad genau berechnete und eine noch exaktere 360-Grad-Karte der Urzeit unseres Universums erstellte. Es ist das bislang schärfste Bild vom »Feuerballstadium«, das zugleich auf farbenfrohe Art visualisiert, wie dieses 380000 Jahre nach dem Urknall einmal »ausgesehen« hat, als Sterne und Galaxien noch nicht existierten.

Und es gibt weitere starke Indizien für die Urknalltheorie: So spricht beispielsweise die heutige mittlere Dichte der beobachtbaren leuchtenden Materie im Kosmos, die sich in Sternen oder im interstellaren Gas und Staub befindet, ganz eindeutig für das Big-Bang-Szenario. Das Gleiche gilt für den Anteil der Elemente Helium, Lithium und Deuterium in der Urmaterie vor der Bildung der Sterne. Nicht zuletzt können Astronomen mit der Analyse des radioaktiven Zerfalls in Meteoriten, aber auch aus der Entwicklungszeit von Kugelsternhaufen und der Abkühlzeit von Weißen Zwergsternen das Alter der Welt sehr exakt bestimmen. 13,7 Milliarden Jahre nach dem Urknall belegen diese Beobachtungen, dass unser Universum seine Geburtsmikrosekunde vor sage und schreibe 13,7 Milliarden Jahren zelebrierte – an einem Tag, der ein Tag ohne Gestern war.