



ERIK HØG, Jahrgang 1932, ist Professor Emeritus der Universität Kopenhagen. Er war und ist maßgeblich an vier Astrometrie-Missionen beteiligt: Hipparcos, Tycho, Gaia und GaiaNIR.

Das Alter der Welt

Von jeher haben sich die Menschen gefragt, wie die Welt entstanden ist. Antworten fanden sie zunächst in Mythen und in den Schöpfungsgeschichten der verschiedenen Religionen. Weniger fantasiereich, aber ebenso faszinierend sind die Erklärungen, die auf wissenschaftlichen Untersuchungen beruhen.

Von Erik Høg

Ein Leser meinte einmal zu mir: »Man kann nicht wissen, dass die Erde Milliarden von Jahren alt ist oder wie das Universum aussah, als es nur einige tausend Jahre jung war. Wie sollte man das auch jemals in Erfahrung bringen?« Darauf möchte ich folgendermaßen antworten: Solange wir leben, werden wir niemals aufhören, neue Dinge über die Erde und das Universum zu lernen. Mit Sicherheit wird also keiner jemals alles wissen. Aber: Das, was ich im Folgenden zusammenfasse, ist gesichertes Wissen – so sicher, wie das Amen in der Kirche.

In diesem Essay kann ich jedoch nicht auf all die Experimente, Messungen und Berechnungen eingehen, die Tausende von Wissenschaftlern durchgeführt haben. Jeder von ihnen hat viele Jahre geforscht und damit dazu beigetragen, dass wir den heutigen Wissensstand erreicht haben. Ich kann nur ihre Ergebnisse schildern und versichern, dass diese Leute sehr sorgfältig gearbeitet haben. Sie waren und sind stets auf der Suche nach Erklärungen, und deshalb überprüfen sie nicht nur ihre eigenen Studien und Ergebnisse sehr genau, sondern auch diejenigen ihrer Kollegen. Und auch wenn unser Wissen bei Weitem noch nicht ausreicht, das Uni-

versum vollständig zu erklären, so ist doch die Summe dessen, was wissenschaftlich gesichert ist, sehr beachtlich.

Trotz der überwältigenden Erfolge der Forschung ist meine Erfahrung, dass immer noch etliche Menschen eine wissenschaftliche Sichtweise auf die Welt und das Universum ablehnen. Viele glauben einfach an das, was ihnen ihre jeweilige Religion vorgibt. Sie hinterfragen offenbar nicht – und die Gründe dafür sind wohl vielfältig: mangelnde Motivation oder Bildung, der kulturelle Hintergrund oder soziale Normen, manchmal auch ideologische Verblendung.

Anlass für Fragen bestünde derweil genug: Jede Religion hat zum Beispiel ihre eigene Erklärung dafür, wie die Welt entstanden ist. Selbst zwischen den Anhängern ein und derselben Glaubenslehre herrscht nicht immer Einigkeit. So gibt es etwa bei den Christen unterschiedliche Auffassungen davon, wie sehr man die Bibel beim Wort nehmen darf. Manche glauben an die biblische Schöpfungsgeschichte, andere wiederum sehen darin nur Symbolik.

Viele glauben einfach an das, was ihnen ihre Religion vorgibt. Sie hinterfragen offenbar nicht.

Je nach Religion unterscheidet sich das Alter der Erde. Laut jüdischem Glauben fällt die Erschaffung der Welt auf den 7. September 3761 v. Chr. des gregorianischen Kalenders. Auch christliche Gelehrte versuchten, ein konkretes Datum zu berechnen. In meinem Heimatland Dänemark etwa legte der Astronom Christen Sørensen Lomborg (1562–1647), besser bekannt unter seinem latinisierten Namen Longomontanus, die Schöpfung auf das Jahr 3967 v. Chr. Longomontanus war ein Schüler von Tycho Brahe, dem König Christian IV. im runden Turm von Kopenhagen eine Sternwarte hatte bauen lassen. Das Schöpfungsjahr hatte Longomontanus über das Alter bestimmter biblischer Protagonisten errechnet. Denn die Genesis berichtet stets darüber, wenn ein Sohn empfangen wurde. Zum Beispiel: »Henoah war 65 Jahre alt, da zeugte er Methusalem.« Und so weiter. Longomontanus musste also nur diese jeweiligen Alter entlang einer Erbfolge aufsummieren.

Noch um das Jahr 1800 glaubten alle Christen, einschließlich den Wissenschaftlern, dass die Welt vor rund 6000 Jahren entstanden sei. Selbst heute noch gibt es nicht wenige Menschen, welche diese Zeitangabe ernst nehmen. Dazu zählen solche, die an eine besondere Art der Bibelauslegung glauben – beispielsweise die Evangelikalen in den USA und die Zeugen Jehovas.

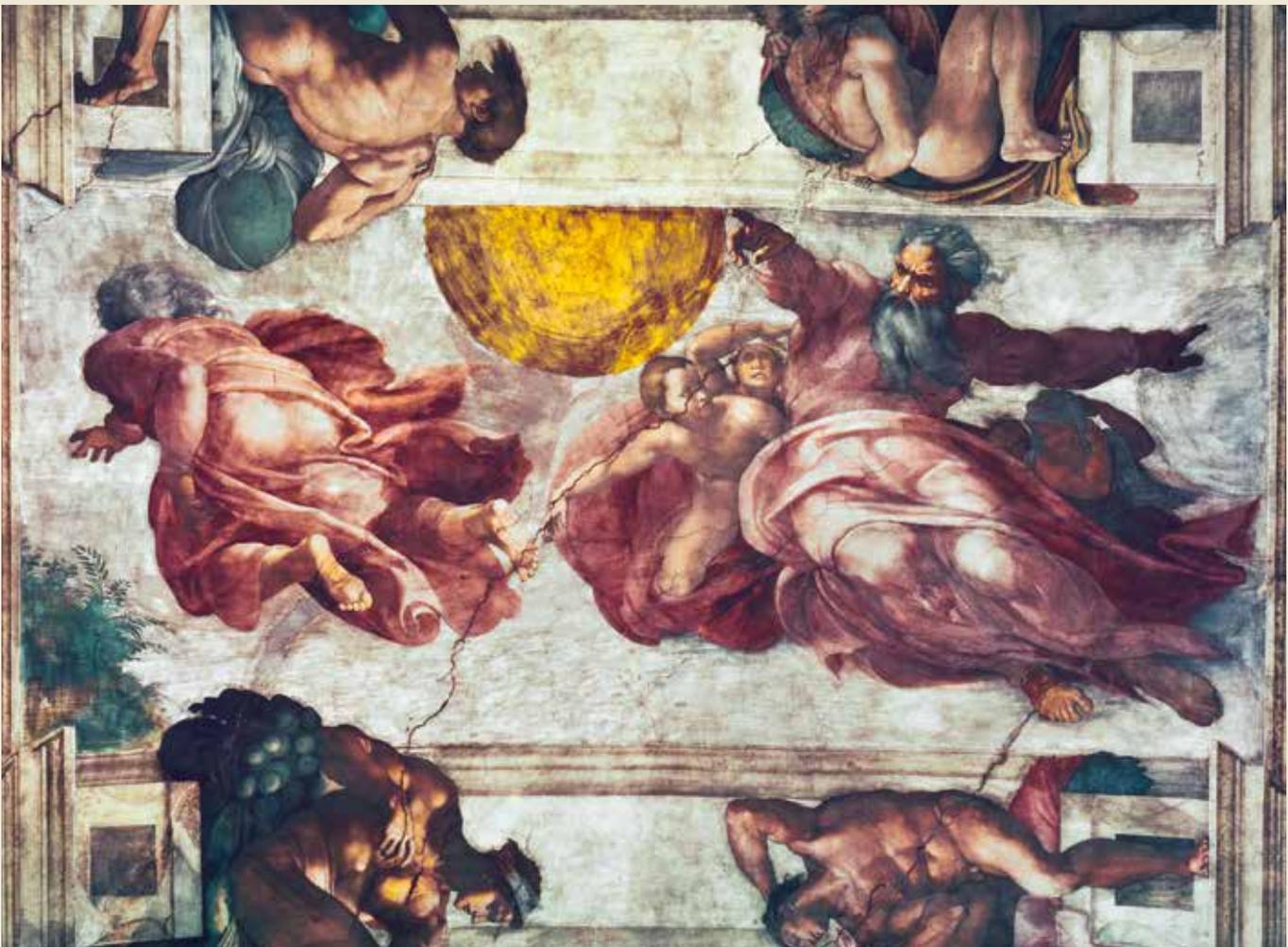
Bis zum Jahr 1911 wurde die Anzahl der Jahre seit der Erschaffung der Erde traditionsgemäß immer auf der ersten Seite des Kopenhagener Universitäts-Almanachs abgedruckt, dem Jahrbuch der Hochschule. Das dänische Bildungsministerium hatte das stets durchgesetzt, gegen die Proteste der für den Almanach verantwortlichen Astronomen. Letztere beriefen sich bei ihrem Widerspruch auf die Geologen der Universität, die bereits im Jahr 1866 Beweise vorgelegt hatten, dass die Erde Millionen Jahre alt ist.

Die wissenschaftliche Erklärung, wie die Welt entstanden ist, unterscheidet sich grundlegend von denjenigen der Religionen. Zwar fördert die Forschung stets neue Erkenntnisse zutage, aber folgende Zahl ist seit vielen Jahrzehnten fester Bestandteil des wissenschaftlichen Erklärungsmodells: Seit ungefähr 13,8 Milliarden Jahren gibt es das Universum.

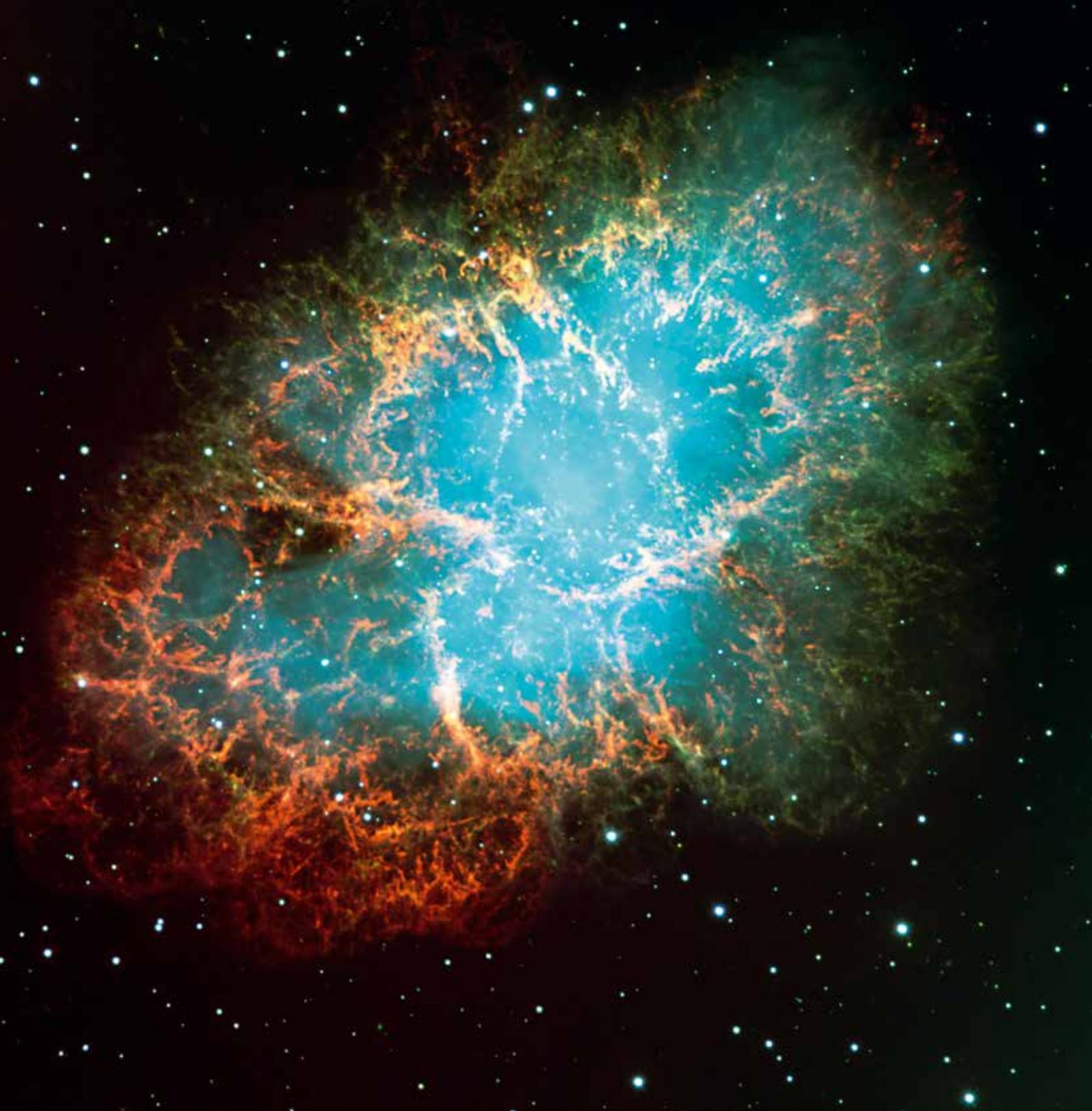
In den ersten Sekunden war es extrem verdichtet, winzig klein und viele Milliarden Grad heiß, dehnte sich aber schnell aus. Über den allerersten Augenblick – vom Zeitpunkt null bis zu 10^{-42} Sekunden – wissen wir nichts. Zu extrem waren die Bedingungen, bei diesem Szenario versagen alle physikalischen Gesetze. Gleichwohl kommen wir mit den heutigen Modellen dem absoluten Anfang unglaublich nah.

Die Version der Bibel

Michelangelos Deckengemälde in der Sixtinischen Kapelle zeigt die biblische Erschaffung der Welt vor 6000 Jahren. Rechts setzt der Schöpfer die Sonne und den Mond an das Himmelsgewölbe, links bringt er am dritten Tag alle Pflanzen in die Welt.



AKG Images



ESO (<https://www.eso.org/public/germany/images/eso9948f/>) / CC BY 4.0 (creativecommons.org/licenses/by/4.0/legalcode)

In nur einem Bruchteil einer Sekunde dehnte sich das Universum von diesem Punkt auf die Größe einer Galaxie aus und wuchs rasend weiter. Durch die Expansion kühlte das Universum rasch ab, und nach rund einer Sekunde bildeten sich aus den Grundbausteinen der Materie die ersten Atomkerne, hauptsächlich Wasserstoff und Helium. In dieser frühen Phase herrschten noch enorm hohe Temperaturen, und die noch frei umherschwirrenden Elektronen fingen alles abgestrahlte Licht sofort wieder auf. Etwa 380 000 Jahre später war das Universum dann so weit abgekühlt, auf etwa 3000 Grad, dass die

Atomkerne Elektronen an sich binden konnten und neutrale Atome bildeten. Diese Vorstellung über die Anfangszeit basiert allein auf physikalischen Berechnungen und stimmt mit den Beobachtungen der chemischen Zusammensetzung des Universums und der Sterne überein.

Das Gas, das zu 80 Prozent aus Wasserstoff bestand, war nun vollkommen lichtdurchlässig, das Universum wurde transparent. Das bedeutet, dass dieses Licht, das in dieser frühen Phase ausgesendet wurde, seither durch den Kosmos wandert. Wegen der Expansion des Universums hat sich die Wellen-

Junges Licht aus dem alten Universum

Der Krebsnebel aus Staub und Gas entstand als Resultat einer Supernova, deren Licht die Erde nach einer Laufzeit von 6300 Jahren im Jahr 1054 erreichte. Doch bezogen auf das 13,8 Milliarden Jahre alte Universum ist das Licht des Nebels jung.

länge um den Faktor 1000 von etwa einem Mikrometer auf einen Wert im Bereich von Millimetern vergrößert. Die Relativitätstheorie von Einstein kann das im Detail erklären.

Heutzutage empfangen wir deshalb dieses erste kosmische Licht als Mikrowellen – die kosmische Hintergrundstrahlung. Die Physiker Arno Penzias und Robert Wilson entdeckten sie in den 1960er Jahren und erkannten recht schnell, dass es sich dabei gewissermaßen um ein Relikt des Urknalls handeln muss – und damit um einen direkten Beweis für die Urknalltheorie. 1978 erhielten sie für diese Leistung den Nobelpreis für Physik. Seither haben Satelliten die Strahlung präzise vermessen, und Kosmologen haben auf der Basis dieser Daten Modelle zur Struktur des frühen Universums erarbeitet.

Neben den ungeklärten ersten Augenblicken des Urknalls bleibt rätselhaft, was davor geschah. Viele Wissenschaftler sind der Meinung, dass sich über die Zeit davor schlicht nichts sagen lässt, weil die heute bekannten physikalischen Gesetze ungültig waren. Eine Antwort auf die Frage ist das aber nicht.

Der berühmte britische Physiker Stephen Hawking (1942–2018) ersann eine treffende Metapher für dieses Dilemma: »Die Zeit selbst entstand mit dem Urknall. Zu fragen, was vorher war, hat nicht mehr Sinn, als zu fragen, was südlich des Südpols der Erde liege.« In diesem Zusammenhang muss man Zeit verstehen, wie sie Einstein in seiner Relativitätstheorie 1905 und 1915 eingeführt hatte. Die Zeit ist dabei direkt mit dem Raum verwoben. Wenn es also vor dem Urknall keinen Raum gab, gab es offensichtlich auch keine Zeit.

Einsteins Theorie hat sich als extrem genau erwiesen, was etwa die Beschreibung der Planetenbewegung im Sonnensystem aber auch andere Vorgänge im Universum betrifft. Dabei handelt es sich um physikalische Phänomene, die wir im normalen Leben nicht unmittelbar erfahren – etwa, dass das Raumzeit-Gefüge gekrümmt sein kann, und dass Zeit unter bestimmten Umständen schneller oder langsamer vergeht. In diesem Bereich haben Meinungen, die auf Spekulationen – ja selbst auf einem gesunden Menschenverstand – basieren, keine Gültigkeit mehr. Hier zählen nur noch präzise geplante Experimente und mathematisch-physikalische Berechnungen. Mit ihnen gewannen die Wissen-

schaftler genau jene oben beschriebenen Einblicke in die kosmischen Anfangszeiten und erarbeiteten sich konkretes Wissen über Alter und Entstehung des Universums. Dorthin zu gelangen, dauerte aber einige Zeit.

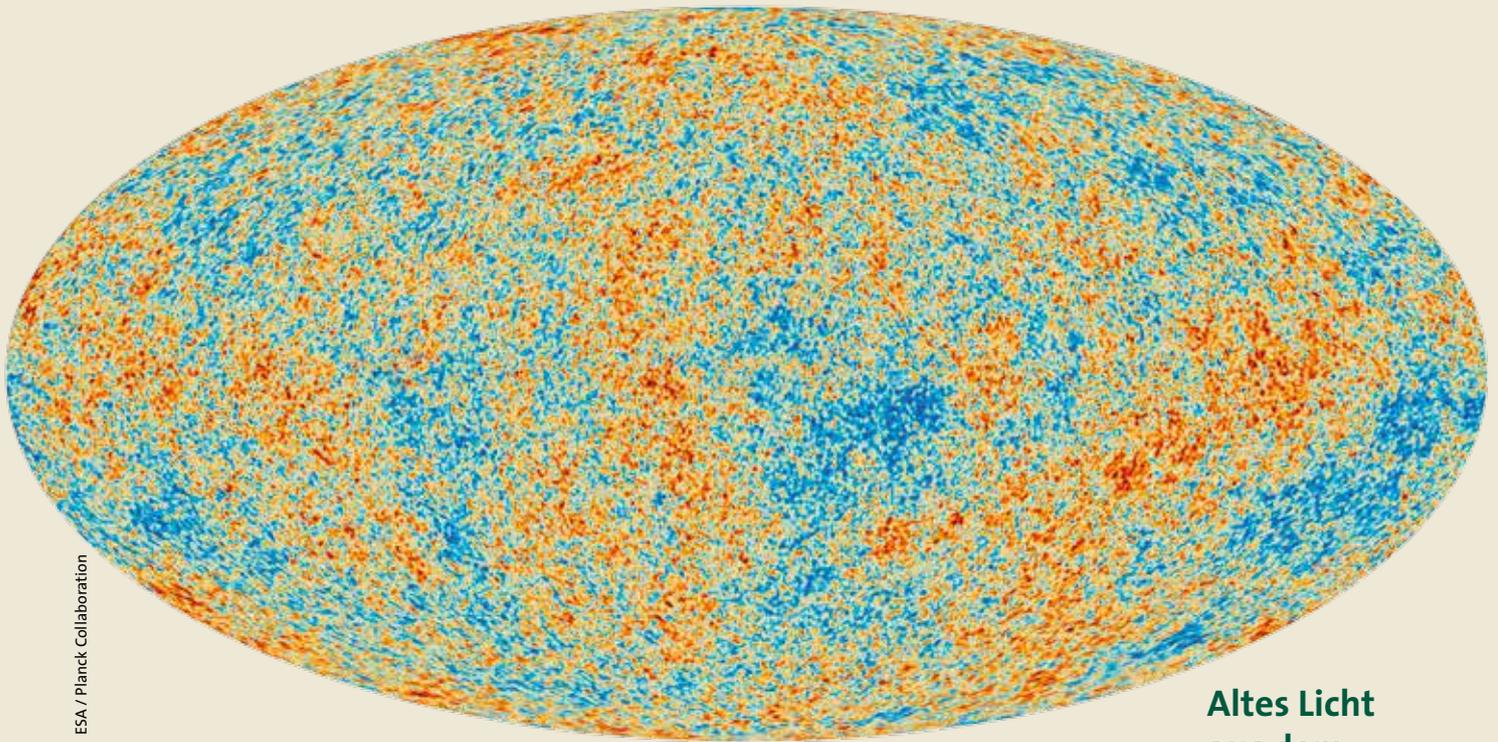
Der griechische Mathematiker Archimedes (um 287–212 v. Chr.) war wohl einer der Ersten, die realisierten, dass Wissen über die Natur nur durch Experimente, Messungen und Mathematik gewonnen werden kann und eben nicht durch reine Spekulation. Allerdings teilte in der Antike kaum einer seine Meinung – obwohl er beeindruckende Resultate vorweisen konnte: Archimedes formulierte zum Beispiel das physikalische Gesetz des Auftriebs von Körpern in Wasser und die Regeln für den Gleichgewichtszustand an Hebeln. Dabei handelt es sich um Naturgesetze, die immer gelten werden.

Viel schwieriger war es jedoch, mathematische Gleichungen für dynamische Prozesse zu finden, etwa für den freien Fall auf der Erde oder für die Bewegung der Planeten. Schon der griechische Philosoph Aristoteles (384–322 v. Chr.) hatte sich daran versucht, war aber gescheitert. Es sollte noch etliche Jahrhunderte dauern, bis jemand mehr Erfolg haben sollte. Das hing auch damit zusammen, dass die Arbeitsweise von Archimedes erst im späten Mittelalter wieder aufgegriffen wurde – unter anderem vom Bischof und Kardinal Nikolaus von Kues (1401–1464). Er war einer der angesehensten deutschen Theologen und schon zu Lebzeiten berühmt. Neben der Religion und Philosophie widmete er sich auch der Mathematik und Physik.

Bald schon folgte die Renaissance im 15. und 16. Jahrhundert. Nun war die Zeit reif für neuartige Denkweisen – auch in der Wissenschaft. Die Herangehensweise von Archimedes wurde nun endlich zu einem festen Bestandteil der Arbeit der damaligen Gelehrten: Beobachten, messen, experimentieren und die Phänomene mittels mathematischer Formeln beschreiben. Fortan galt Archimedes als Vater der modernen Naturwissenschaften. Der englische Forscher Isaac Newton (1643–1727) formulierte

Das Alter der Welt nach den höchsten religiösen, philosophischen und wissenschaftlichen Autoritäten

| Bibel | Die Welt wurde vor 6000 Jahren erschaffen | |
|--------------------|---|---------------------------------|
| Hinduismus | Die Erde ist älter als 300 000 Milliarden Jahre | |
| Aristoteles | Die Welt ist unendlich alt | |
| Jahr | Alter des Universums | Alter der Erde |
| 1900 | unendlich | mindestens 0,3 Milliarden Jahre |
| 1925 | unendlich | mindestens 1,3 Milliarden Jahre |
| 1950 | 1,8 Milliarden Jahre | 2,6–4,0 Milliarden Jahre |
| 1975 | 7,5–20 Milliarden Jahre | 4,55 Milliarden Jahre |
| 2000 | 10–20 Milliarden Jahre | 4,56 Milliarden Jahre |
| 2018 | 13,8 Milliarden Jahre | 4,56 Milliarden Jahre |



ESA / Planck Collaboration

schließlich als Erster die Gesetze für die Dynamik von Körpern. Die Mechanik war geboren, die auch heute noch ein wichtiger Bestandteil der Physik ist und die Grundlage für die spektakuläre Entwicklung dieser Naturwissenschaft bildet.

Zurück zum Kosmos. Um das Jahr 1900 glaubten die Wissenschaftler, dass das Universum statisch sei, das heißt nichts bewege sich und es sei daher unendlich alt. Sie dachten, das Universum bestünde nur aus unserer Milchstraße mit ihren Sternen und Nebeln. Man schätzte, dass das Licht von den fernsten Sternen 30 000 Jahre braucht, um uns zu erreichen. Doch bald entdeckten Astrophysiker, dass zahlreiche Nebel deutlich weiter weg sind und ungefähr die gleiche Größe wie unser Milchstraßensystem aufweisen. Diese »Nebel« heißen jetzt Galaxien, die jeweils viele Milliarden Sterne ihr Eigen nennen. Unser Milchstraßensystem ist eine davon.

Im Jahr 1929 entdeckte Edwin Hubble (1889–1953), dass alle Galaxien voneinander wegzustreben scheinen, und zwar umso schneller, je weiter weg sie von uns sind. Anhand dieser Fluchtbewegung leitete Hubble ein kosmisches Alter von knapp zwei Milliarden Jahren ab. Noch im Jahr 1950 nahmen Astronomen diese Zahl ernst, gleichzeitig hatten Geologen schon ein höheres Alter für die Erde ermittelt. Ein offensichtlicher Widerspruch. Nach und nach stellte sich heraus, dass das Universum tatsächlich zehnmal älter war als angenommen. Die Astrophysiker hatten die Entfernungen zu anderen Galaxien fehlerhaft bestimmt. Daneben gab es aber auch noch andere Ungenauigkeiten, die sich aber allmählich durch bessere Instrumente und viel Forschungsarbeit sowie passendere astrophysikalische Modelle beseitigen ließen.

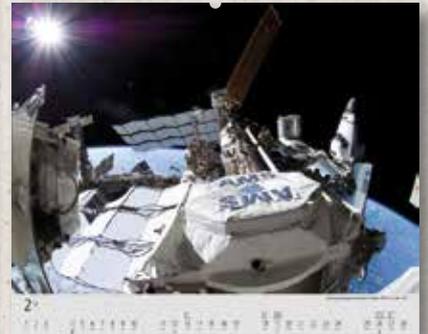
Die präzise Bestimmung des Alters des Universums geschah dann erst in den letzten zwanzig bis dreißig Jahren. Die gegenwärtig vertrauenswürdigste Zahl für das Alter des Universums basiert auf Messungen der kosmischen Hintergrundstrahlung durch die ESA-Raumsonde Planck. Demnach beträgt das Alter 13,8 Milliarden Jahre mit einer Unsicherheit von 0,2 Prozent. Auch das Alter der Erde lässt sich heutzutage mit einer ähnlichen Genauigkeit bestimmen. Geologen messen dazu die Radioaktivität in Gesteinen und Meteoriten. Gemäß dieser Methode existiert die Erde seit 4,56 Milliarden Jahren.

Heutzutage zweifelt kaum ein seriöser Wissenschaftler mehr an diesen Werten, auch nicht am Urknall und der damit zusammenhängenden Ausdehnung des Universums. Wir wissen nun, dass es eine Million Mal größer ist als noch im Jahr 1900 angenommen. In der Tat erstreckt sich das Universum weit über den sichtbaren Teil hinaus. Unsere Messungen und Theorien erlauben uns jedoch nicht zu entscheiden, ob das Universum endlich groß ist oder unendlich. Das Letztere wird von Fachleuten durchaus als eine Möglichkeit erachtet!

Schließlich bleibt die Frage: Wofür habe ich das geschrieben? Die Antwort ist eine ganz persönliche. Ich bin der Meinung, jeder Einzelne sollte danach streben zu verstehen, wie die Welt und das Universum, in dem wir leben, funktioniert. In diesem Zuge würden wir begreifen, dass uns reine Spekulation in die Irre führt. Obwohl einige Dinge im Leben am besten durch unsere Intuition verwaltet werden, sind Physik, Mathematik und Experimente notwendig, um sich ein Urteil auf der Basis von Fakten bilden zu können. Nur so beantworten wir große Fragen der Menschheitsgeschichte und unserer Gesellschaft. ©

Altes Licht aus dem jungen Universum

Messungen der Mikrowellenhintergrundstrahlung durch den Satelliten Planck geben Auskunft darüber, wie das frühe Universum rund 380 000 Jahre nach dem Urknall strukturiert war. Zu dieser Zeit gab es noch keine Sterne, und es herrschten Temperaturen um 3000 Grad. Die Himmelskarte zeigt, dass zu dieser Zeit die Temperatur nur um ungefähr 0,1 Grad im gesamten Kosmos variierte.



DER NEUE BILDKALENDER HIMMEL UND ERDE 2019

Sterne und Weltraum präsentiert im Bildkalender »Himmel und Erde« 13 herausragende Motive aus der astronomischen Forschung. Sie stammen aus verschiedenen Bereichen des elektromagnetischen Spektrums wie dem sichtbaren Licht oder dem Infrarotlicht. Die Aufnahmen stammen u. a. vom Weltraumteleskop Hubble, der Jupitersonde Juno und dem Very Large Telescope der ESO.

Zusätzlich bietet der Kalender wichtige Hinweise auf die herausragenden Himmelsereignisse 2019 und erläutert ausführlich auf einer Extraseite alle auf den Monatsblättern des Kalenders abgebildeten Objekte.

*14 Seiten; 13 farbige Großfotos; Spiralbindung;
Format: 55 x 46 cm; € 29,95 zzgl. Porto;
als Standing Order € 27,- inkl. Inlandsversand*

HIER KÖNNEN SIE BESTELLEN:

Telefon: 06221 9126-743

www.sterne-und-weltraum.de/kalender

E-Mail: service@spektrum.de



Oder QR-Code
per Smartphone
scannen und
Angebot sichern!