

Im Zeichen
der *Schöpfung*



Im Zeichen der *Schöpfung*

Vom Innersten des Atoms
bis zu fernsten Galaxien

Dr. Norbert Pailer

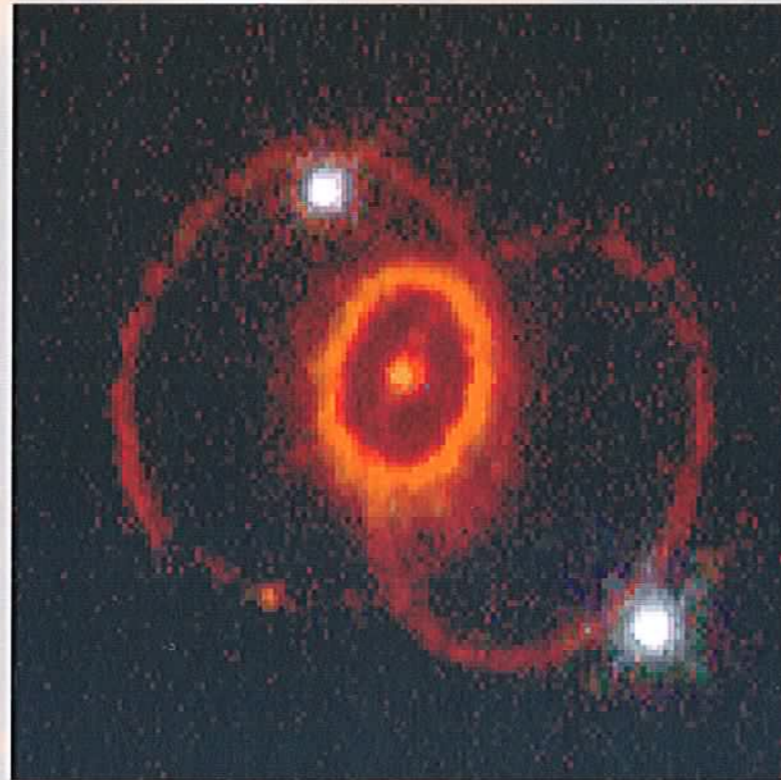
*Mitarbeit: Prof. Dr. Egelhof
Grafische Gestaltung: Johannes Weiss*

hänssler

*Widmung an meine liebe Frau
aus Anlass unseres Jubiläums:*

*„Gemeinsame 25fache Umrundung unseres
Zentralgestirns an Bord des Raumschiffes Erde“;*

*für die gelungene Weiterführung unserer Studentenehe
bis zum Silbernen Ehejubiläum und für weitere gute Schritte
im neuen Jahrtausend.*



Supernova SN 1987a als Hochzeitskarte aus dem All

mit einer Botschaft des Himmels:
Eine Ehe hält nur dann, wenn sie gehalten wird.



Meinen Söhnen, von ganzem Herzen:

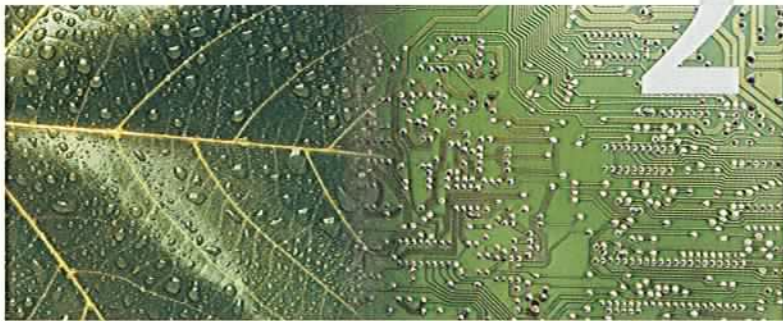
Daniel Alexander, 1979 - 1991
Oliver Bastian, 1984



Verborgene Spuren

10

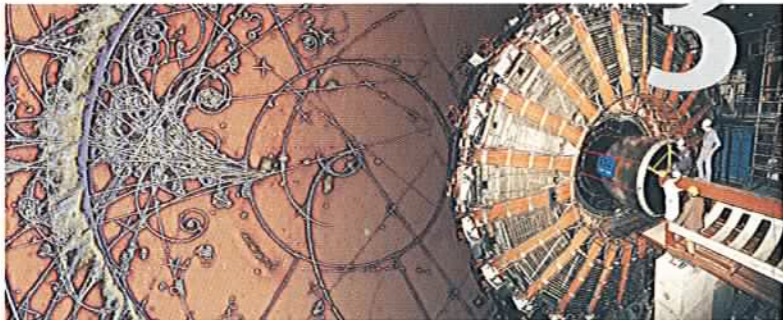
Wege der Wissenschaft	13
Das Gespräch mit der Natur	14
Was uns ein Urknallszenario abverlangt	15
Ernüchternde Bilanz auf dem Weg der Erkenntnis	16
Gibt es einen Sinn hinter dem Universum?	18



Die Kulisse

20

Das Instrumentarium	23
Maßstab des Weltalls	26
Spanne der Dimensionen	28
Reise durch die Dimensionen	29
Der Überbau	31



Auf dem Weg nach innen

32

Großfahndung nach kleinsten Teilchen

Tunnel der Erkenntnis	35
Die Welt der Atome	36
Quarks und ihre „Farben“	37
Als alles begann...	38
Die String-Theorie	40
Die Dunkle Materie	41
Materie und Antimaterie – die Unwucht der Welt	42
Was die Materie im Innersten zusammenhält	43
Die unvorhersagbare Wirklichkeit	43
Das seltsame Verhalten instabiler Atome	44
Dualismus – Doppelleben des Lichts	44
Manipulation im atomaren Bereich	45
Zauberwelt der Mineralien	47

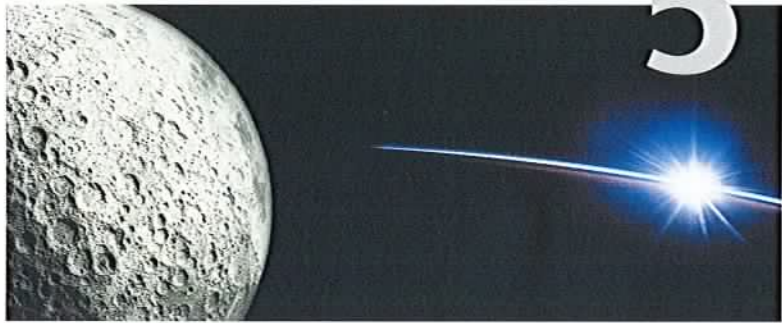


Der Blaue Planet

48

Im Zentrum der Ökosphäre

Das Leben	51
Lebentstehung	52
Der Lebensraum	54
Unser planetarer Hinterhof	55
Die Zeit und ihre Teile	56



An der Kante zur Nacht

58

Im Grenzbereich größter Dimensionen

Die Reichweite der Sonne	61
Das entfernteste von Menschenhänden gefertigte Objekt	62
Hat das Weltall eine Grenze?	64
Weißt du, wie viel Sternlein stehen?	66
Der größte Stern	68
Schwarze Löcher – Vorhof zum Nichts?	70
Die gewaltigsten Energiequellen	72
Quantelung von Galaxienabständen	72
Vergrößerung per Gravitation – Einsteins Brille	73
Extrasolare Planeten? – Kein Platz für Außerirdische	74



Perspektiven einer Gesamtansicht

78

Das kosmische Kreuzworträtsel	81
Die Natur als Lehrbuch	82
Das Rätsel hoher Alter	85
Bekenntnisse führender Astronomen unserer Tage	86
Jenseits von Eden	88
„Lied der Schöpfung“ nach meinem studentischen Tagebuch	90
Ich über mich/Wir über uns	91

Anhang

92

Dimensionen zwischen Quarks und Galaxien	92
Begriffserklärungen	93
Bildnachweis	95
Dank	95

Ko(s)mische Saiten oder die etwas andere „String“-Theorie*



Es war in einem altherwürdigen Haus. Unter seinem riesigen Dach haben seit vielen Generationen Mensch und allerlei Getier ihr Zuhause gefunden. Dazu gehörte auch eine Mäusefamilie, die sich in der Nähe des alten Klaviers unter dem Dielenboden an einem sonst durch nichts ausgezeichneten Platz im Haus eingeknistet hatte. Von dort aus war der Getreidespeicher bequem zu erreichen und damit waren die Lebensbedingungen ideal wie sonst nirgendwo.

Unserer Mäusefamilie ging es so gut, dass sie sich geradezu paradiesisch fühlte. Man war an diesem Plätzchen wohl beschützt, es war bequem, und zuweilen beschäftigte man sich mit allerlei. Längst hatte sie sich an die Geräusche im Haus gewöhnt und konnte sie seinen Bewohnern zuordnen: das bedächtige Knarren des Dielenbodens, wenn der Bauer eintrat, das fröhliche Lärmen der Kinder, das Verhallen sich entfernender Schritte der Knechte, das dumpfe Geräusch des Haustürriegels, wenn abends abgeschlossen wurde. Das war die ganze Erfahrungswelt unserer Mäusefamilie. Sie kannte sich gut aus in ihrer Mini-Welt und keinen störte die Enge.

Als eigentlicher Höhepunkt im Mäuseleben galten die Melodien eines unsichtbaren Klavierspielers über ihnen jenseits ihrer dunklen Gänge. Je mehr den Mäusen die Sorge um ihr Auskommen abgenommen wurde, desto mehr vertieften sie sich in den Rausch jener schönen Musik und gerieten in Verzückung. Ihnen wurde in ihrer kleinen Mäusehütte so wohl, dass sie sich gelegentlich zu einem kleinen Tänzchen hinreißen ließen. Diese schönen Melodien wurden ihre Welt, ihr Gesprächsstoff, etwas, worauf sie angelegt waren. Die Mäusefamilie fragte sich, wie denn der

geheimnisvolle Klavierspieler direkt über ihnen so schöne Klänge erzeugen könne. Ihre Fantasien explodierten geradezu angesichts eines großen Meisters und seiner Unmittelbarkeit über ihrem dunklen Nest jenseits des Dielenbodens.

Ob der schönen Klänge, die immer wieder an ihre Ohren drangen, gelüstete es eines Tages



ein kleines, aufmüpfiges Mäuschen, sich doch einmal über den Mäuse-Ereignishorizont hinaus näher an den Klavierspieler heranzuwagen. Am liebsten hätte es gewusst, wie es selbst auch zusätzlich zu seinem Piepsen so schöne Töne machen könne. Aber das erschien ihm dann doch etwas verwegen. Jedes Mal jedoch, wenn die ersten Töne erklangen, sagte es: „Hört nur, das ist der unsichtbare Klavierspieler über uns.“ Es hatte ihn so richtig ins Herz geschlossen und schmolz förmlich dahin. Deshalb träumte es von einer richtigen Mäusevilla direkt im Klavierkasten jenseits des Dielenbodens, jedenfalls irgendwo, wo man dem Meister dieser herrlichen Musikwelt näher war, ohne gleich entdeckt zu werden.

Die Ermahnungen der Alten, nicht aus der abgesicherten Mäusewelt auszubrechen, waren jedoch eindringlich genug, um es von diesem Abenteuer zunächst Abstand nehmen zu lassen. Jedoch ließ die Zeit ihm dies immer attraktiver erscheinen. Unser kleines Mäuschen war schließlich weder ein Kind von Traurigkeit noch von Langeweile. Es konnte dem Reiz einer Entdeckungsreise in die Außenwelt immer weniger widerstehen.

Die Gespräche unter den Mitgliedern der Mäusefamilie über den unsichtbaren Klavierspieler wurden intensiver und teilweise hitziger. Immer häufiger drehten sie sich um ihn und man fragte sich, wie er denn so wunderschöne Klänge machen könne. Dabei brummelte eine Maus etwas undeutlich davon, dass da draußen gewisse Stahldrähte oder Saiten schwingen würden, die die schöne Musik machen würden. Diese Erklärung wollte keine große Resonanz finden; einige schmunzelten gar kopfschüttelnd, wie sich solch naive Vorstellungen festsetzen könnten. Wie kann man nur einen so großartigen Klavierspieler auf so etwas Banales wie schwingende Drähte reduzieren!? – Jedenfalls war damit klar, dass es bereits frühere zaghafte Vorstöße in die Welt über dem Mäusenest gegeben haben musste. Das bestärkte unser kleines Mäuschen in seinem Ansinnen, einmal auszubrechen. Der Reiz des Unbekannten wurde unerträglich.

Es war ein schicksalsschwerer Moment, als unter vollständiger Anwesenheit der Mäusesippe unser kleines Mäuschen nach draußen verabschiedet wurde. Viele spürten, dass es ein Abschied für immer sein könnte. Aber das kleine Mäuschen ließ sich nicht beirren: „Jetzt will ich es endlich genau wissen“, sagte es und verließ

das traute Nest. Von nun an wartete man täglich ungläubig auf ein rückkehrendes kleines Mäuschen. Vergebens. Es tat sich nichts, weder über Stunden noch über Tage. Man begrub letztlich alle Hoffnung.

Doch eines fernen Tages klopfte es an die Tür und herein trat das ehemals kleine Mäuschen, etwas müde, aber unverehrt, und man sah seinen großen, dunklen Kulleraugen an, dass es viel entdeckt und zu berichten hatte. Daraufhin wurde ein Mäuse-Sippenkongress – ähnlich einem wissenschaftlichen Kongress in der großen Welt – einberufen, um die neuesten Erkenntnisse zu teilen und zu diskutieren.

„Es gibt ihn gar nicht, den unsichtbaren Klavierspieler“, sprudelte es aus ihm heraus. „Wie konnten wir nur glauben, dass ..., es sind nur Metalldrähte, gegen die kleine Hämmerchen schlagen. Die machen die Musik!“ Einige Mäuse schüttelten ungläubig den Kopf ob dieser „Kleinen-Hämmerchen-Theorie“. Andere waren richtig traurig: Ihren unsichtbaren Klavierspieler sollte es also gar nicht geben? Letztlich glaubte keine ernst zu nehmende Maus mehr an ihn ...

Die Mäusewelt wurde zunehmend fortschrittlicher und moderner. Eines Tages formierte sich ein weiteres Forschungsteam für eine neue Expedition in die Außenwelt über ihnen. Als es wieder zurückkam, machte es sich ein wenig lustig über die damalige Vorstellung der Alten: „Unser Mäusevater – er ruhe in Frieden – hat sich wohl etwas vertan bei der Interpretation dessen, was er gesehen hatte. Hinter den Hämmerchen des Klaviers befinden sich nämlich aufwändige Mechanismen, die durch zufällige, chaotisch auftretende Ereignisse angeregt werden und nach einer großen Theorie der Vereinheitlichung wohl geordnet auf die energiegeladenen Stahldrähte schlagen, die quer durch den ganzen Klavier-Raum gespannt sind.“ Nun hatte also selbst das Chaos seine Theorie ...

... dennoch ließ es sich der unsichtbare Klavierspieler nicht nehmen, für die Welt der Mäuse weiterhin täglich die schönsten Melodien zu spielen.

*Parodie über die Ersch(l)affung der Welt aus Mäuseperspektive.
Frei übertragen und ausgebaut nach einem Lied meines Freundes
Heiko Bräuning (Duo Saitenwind).*



* Die Stringtheorie befasst sich mit der Möglichkeit, dass saitenförmige „Energiefäden“ aus der Frühzeit des Universums als Kondensationskeime für die beobachteten linearen bzw. netzartigen Materieansammlungen von Galaxien und deren Haufen im Kosmos gedient haben könnten.

1



Verborgene Spuren





Es war in einem altehrwürdigen Haus. Unter seinem riesigen Dach haben seit vielen Generationen Mensch und allerlei Getier ihr Zuhause gefunden. Dazu gehörte auch eine Mäusefamilie, die sich in der Nähe des alten Klaviers unter dem Dielenboden an einem sonst durch nichts ausgezeichneten Platz im Haus eingenistet hatte. Von dort aus war der Getreidespeicher bequem zu erreichen und damit waren die Lebensbedingungen ideal wie sonst nirgendwo.

Wege der Wissenschaft

Ich komme spät von der Arbeit nach Hause.
Zwischen den Wolken steht der Mond
und sammelt den Himmel wie zu einer Kuppel.
Schönheit, die mich anrührt wie ein gutes Wort, das mir gilt.

Der prachtvolle Anblick der auf- und untergehenden Sonne, die wechselnden Mondphasen und die stille Prozession der Sterne über das dunkle Himmelsgewölbe bieten seit jeher beides: ein grandioses Schauspiel und ein faszinierendes Rätsel zugleich.

In den ältesten Kulturen galt der Himmel als eine Art Kuppel. An ihr waren die Sterne in Mustern befestigt, in denen man vertraute Gegenstände und Gestalten aus Mythos und Legende zu erkennen glaubte. Das waren erste Anfänge.

Schließlich reifte die Erkenntnis, dass wir zu einer von rund 100 Milliarden Galaxien gehören, an deren äußerem Rand sich ein nicht besonders auffälliger Stern befindet. Inmitten einer schmalen „Ökosphäre“ umkreist ihn gerade im richtigen Abstand unser Heimatplanet Erde. Weiter innen wäre es zu heiß, weiter außen zu kalt, um zu leben.

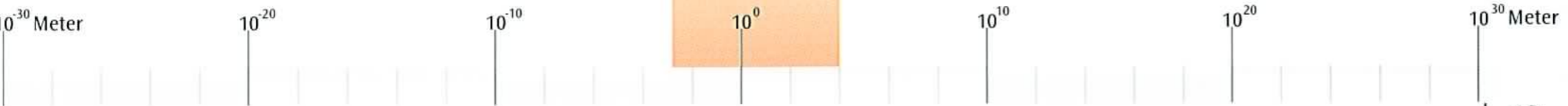
Die grenzenlose Neugier und der nahezu unerschöpfliche Forschungsdrang des Menschen haben ihn in eine unglaubliche Weite gestellt, in der er sich wissenschaftlich betätigt. Dazu gehört neben der Erkundung des Kosmos auch die Erforschung kleinster Welten in der Teilchenphysik. Im Kleinsten wie im Größten, im Innersten der Atome wie auch am Rand des Universums, hören allerdings unsere Vorstellungen auf. Hier helfen nur noch Abstraktionen weiter.

Wir umspannen dabei gedanklich Dimensionen von rund 10^{-30} Metern bis rund 10^{30} Metern, wobei sich der Lebensraum des Menschen gerade in der Mitte befindet. Führt uns das zurück auf einen privilegierten Platz? Jedenfalls befinden sich beide Eckpunkte dieser Größenskala sowie die riesige Spanne dazwischen im Brennpunkt moderner Forschung und sollen hier ausgelotet werden. Dabei steht der eine Bereich dem anderen an spannender Fragestellung in nichts nach. Und letztlich wird im Sinne einer gewagten *Extrapolation* über die Frage nach dem Woher die kosmologische Seite mit der atomaren durch den weiten Bogen einer nuklearen Astrophysik verbunden: In den Labors der Kern- und Teilchenphysiker wird mit den kleinsten in der Knautschzone von Kollisionsexperimenten mit Atomkernen entstehenden Teilchen versucht, „Urknallbedingungen“ wenigstens für Bruchteile von Sekunden zu simulieren. Mit Hilfe solcher Experimente sollen im Mikrokosmos Verhältnisse des frühen Makrokosmos abgetastet werden. Der Weg der Naturwissenschaft auf der Suche nach Erkenntnis.

Mit Hilfe gewaltiger Extrapolationen versuchen Wissenschaftler das Geheimnis des Kosmos zu enträtseln.



Nukleare Astrophysik



Das Gespräch mit der Natur

Als Naturwissenschaftler bin ich von Berufs wegen zunächst der wissenschaftlichen Methode verpflichtet, und ich glaube, dass die Naturwissenschaft ein ungeheuer hilfreiches Verfahren zum Verständnis der komplexen Welt ist, in der wir leben. Die Geschichte hat gezeigt, dass ihre Erfolge Legion sind. Die Naturwissenschaft ist eine edle, bereichernde Suche, die uns hilft, unsere Welt in einer objektiven und methodischen Weise zu erkunden. Ansonsten wären wir wilden Spekulationen ausgeliefert. Unsere Experimente, die ihre Geheimnisse erschließen helfen, sind dabei eine Art Gespräch mit der Natur. Aber die Rohdaten, die unsere Sinne sammeln, sind ohne theoretische Modellvorstellung nicht einsichtig bzw. aussagefähig. Deshalb dienen uns Theorien zu deren Strukturierung. So verschafft uns ein Modell die Möglichkeit, Verhältnisse in der Natur anzunähern. Sie sind also zunächst reine Spielzeugwelten, um aus dem Experiment oder den Beobachtungen gewonnene Daten einzuordnen. Zu deren Wirklichkeitsnähe hat der Kosmologe Stephen Hawking in seinem Buch „Eine kurze Geschichte der Zeit. Die Suche nach der Urkraft des Universums“ deutliche Worte: „Eine wissenschaftliche Theo-

„Das Reproduzierbare ist nicht wichtiger als das Unerwartete; dieses entzieht sich nur der naturwissenschaftlichen Methode.“

rie ist nicht mehr als ein mathematisches Modell, das wir entwerfen, um unsere Beobachtungen zu beschreiben. Es existiert nur in unserem Kopf.“¹

Das Reproduzierbare und das Unerwartete. Modelle schaffen also mit den diskutierten Einschränkungen eine Möglichkeit, die Verhältnisse in der Natur näherungsweise zu beschreiben. Dabei gibt es keine wahren Theorien, sondern nur solche, welche Daten systematisch und einigermaßen widerspruchsfrei zuordnen können oder eben nicht. Eine Theorie ist dann gut, wenn sie möglichst viele Daten erklären und zutreffende Voraussagen machen kann – und das möglichst konkret.

Zudem wäre es falsch, wenn wir die erfahrbare Wirklichkeit ausschließlich in den Rahmen des von dem Prinzip der Mechanik

Actio = Reactio bestimmten physikalischen Weltbilds pressen wollten. Folgerichtig gewährt auch die moderne Physik dem Unwahrscheinlichen – aber Möglichen – eine Existenzberechtigung. Dennoch kann die Physik für gewisse atomare Vorgänge grundsätzlich keine Vorhersage für das Verhalten einzelner atomarer Teilchen machen, sondern nur Wahrscheinlichkeiten für ein Gesamtverhalten eines Ensembles von Teilchen angeben. Daraus folgt, dass

nicht nur das Unsichtbare, sondern streng genommen auch das Unerwartete keinen Platz im physikalischen Weltbild hat. Aber das Reproduzierbare ist nicht wichtiger als das Unerwartete, Einmalige. Dieses entzieht sich nur der naturwissenschaftlichen Methode.

Physik mag uns sagen, dass Musik Luftdruckschwankungen sind, und die Neurophysiologie mag die daraus folgenden Nervenaktivitäten beschreiben, die entstehen, wenn die Schallwellen das Trommelfell treffen. Aber es wäre völlig irreführend, anzunehmen, das Phänomen Musik ließe sich so angemessen erfassen. Ihr Geheimnis und ihre Realität schlüpfen durch die weiten Maschen des wissenschaftlichen Netzes.

Wieviel Wissenschaft ist entdeckt und wieviel ist erfunden?



Was uns ein Urknallszenario abverlangt

Wenn wir die *Urknall*theorie als gültig für die Beschreibung eines Anfangs unserer Welt halten, so glauben wir – gestützt auf das Modell von Alan Guth vom Massachusetts Institute of Technology – Folgendes: Das ganze Potenzial für ein Firmament von rund 100 Milliarden Galaxien war anfangs in einem Körnchen – kleiner als eine Stecknadelspitze – zusammengepackt. Dies war weder hyperkomprimierte Materie noch superdichte Energie noch irgendeine fassbare Substanz. Der Keim des Weltalls war ein „falsches Vakuum“ durchzogen von einem gewichtslosen, leeren quantenmechanischen Wahrscheinlichkeitsgefüge namens „Skalarfeld“. Was das alles genau bedeutet, ist schwer zu verstehen, aber schließlich geht das den meisten Experten auch so.

Als Nächstes müssen wir glauben, dass sich, als der Urknall „ertönte“, dieses winzige Gebilde in Milliardstelbruchteilen einer Sekunde von Nadelspitzengröße um den Faktor 10^{26} zu kosmischen Dimensionen ausweitete – der Raum selbst raste in einem Sturzbach reiner Physik nach außen, um so den Raum überhaupt erst aufzuspannen, wobei sich die Bugwelle möglicherweise mit Überlichtgeschwindigkeit ausbreitete. Denn am Anfang gab es weder Zeit noch Raum.

Wir müssen ferner glauben, dass, als sich die subatomaren Partikel von der „*Ursuppe*“ abzusetzen begannen, sich sowohl Materie als auch *Antimaterie* bildete. Unverzüglich traten die Teilchen und Antiteilchen in Wechselwirkung und zerstörten sich wieder, sodass sie ebenso geheimnisvoll hätten verschwinden müssen, wie sie aufgetaucht waren. Der einzige Grund, weshalb wir heute die Materie, aus der die Welt besteht, übrig haben, soll darin liegen, dass der Urknall eine Unwucht zeigte, sprich ein klein wenig asymmetrisch angelegt sein sollte, was der Materie gegenüber der Antimaterie einen winzig kleinen Vorteil im Verhältnis von rund 10^9 verschaffte. So überlebte, als dieser stupende Eröffnungstag voller auseinanderstrebender, jeden Begriff übersteigender kosmischer Energien zu Ende ging, ein Rest von Materie, und daraus entwickelte sich unser Kosmos. Dass wir Stichproben aus der Vergangenheit nehmen können, verdanken wir allein der Endlichkeit der Lichtgeschwindigkeit.

Nun mag es mancher für klug halten, den Urknall als Theorie ernst zu nehmen, spricht doch einiges dafür, wenn wir auch Materiezustände zu betrachten haben, für die uns aus der Laborphysik keine direkte Erfahrung vorliegt. Und doch kann, was dessen schiere Unglaublichkeit angeht, nichts aus Theologie und Metaphysik dem „Big Bang“ das Wasser reichen. Käme diese Schilderung der kosmischen Genese zum Beispiel aus der Bibel statt aus dem Massachusetts Institute of Technology, würde sie sicher als ein überspannter Mythos behandelt. Es gibt Stimmen von Wissenschaftlern, nach denen das theologische Bild der „Schöpfung aus dem Nichts“ je länger, desto besser dasteht. So war zumindest in einer Arbeit von G. Easterbrook zu lesen.²

Hätte das Verhältnis von Materie und Energie zum Raumvolumen kurz nach dem Urknall nicht innerhalb eines Billiardstelprozents des Idealwerts gelegen, wäre das werdende Universum wieder in sich zusammengefallen. Wäre die Gravitation nur ein kleines bisschen stärker gewesen, würden die Sterne so heftig strahlen, dass sie in Kürze hätten ausbrennen müssen. Wäre die „starke“ Kraft, die das Innere der Atome zusammenhält, nur ein bisschen schwächer gewesen, so hätten möglicherweise Sterne nie geleuchtet.

„Es scheint, dass Wissenschaft niemals den Vorhang vor dem Mysterium der Schöpfung herunterreißen wird.“

Robert Jastrow, Astrophysiker



„Erfinder“ des inflationären Universums

Im Jahr 1979 untersuchte Alan Guth, Teilchenphysiker am Stanford Linear Accelerator Center in Kalifornien, wie die Naturkräfte vereinigt werden können – nämlich die „Große Vereinheitlichte Theorie“ (GUT = Great Unified Theory). Seine Berechnungen führten zur Vorstellung der *Inflation* eines kosmischen Aufblasvorgangs.

Auf der nächsten Ebene stellt sich die Frage, warum es statt kosmischer Anarchie überhaupt Ordnung und physikalische Gesetze gibt. Es ist eine sehr knifflige Angelegenheit, was zuerst da gewesen ist: das physikalische Gesetz oder das Universum. Wo würde man ohne einen Kosmos die physikalischen Gesetze festschreiben? Aber wie sollte ohne physikalische Gesetze ein Kosmos entstehen?

Jedenfalls ist bei einem Urknallszenario noch die „Kleinigkeit“ zu klären, was nämlich den Urknall ausgelöst haben soll. Jahrelang taten die Forscher dieses Thema mit einem Achselzucken ab, als würden sich nur Jungstudenten oder Ignoranten daran verbeißen. Heute heißt es dazu immerhin, dass der Urknall leider alle diesbezüglichen Informationen zerstört habe. Eine mehr physikalisch orientierte Antwort könnte allerdings heißen, dass früheste Beobachtungen allenfalls in die Zeit zurückreichen, in der zum ersten Mal Strahlung aus dem Feuerball austreten konnte. Und das soll nach frühestens 300 000 Jahren der Fall gewesen sein.

Heutigen Trends folgend, soll uns der Urknall ein *Universum* beschert haben, das messerscharf zwischen einem *offenen* bzw. *geschlossenen System* entlangbalanciert, ohne dass dies bis heute verbindlich nachgewiesen wäre. Dies wäre ein Universum, das wahrscheinlich ewig expandiert und sich dabei abkühlt.

Es mag wie Unsterblichkeit klingen, aber in Wirklichkeit ist es ein langsames, unaufhörliches Sterben.

Sollte diese Vorstellung richtig sein, so werden in vielen Milliarden von Jahren alle Sterne in allen Galaxien sterben. Selbst die supermassiven Schwarzen Löcher in den Zentren der Galaxien werden nicht ewig überdauern. Schließlich, ganz am Ende, wird unser frostig dunkler Kosmos die Heimat einer winzigen Handvoll subatomarer Teilchen sein – verstreut in der Unendlichkeit. Dies alles gilt als das unvorstellbar weit entfernte Vermächtnis einer Urknallvorstellung.

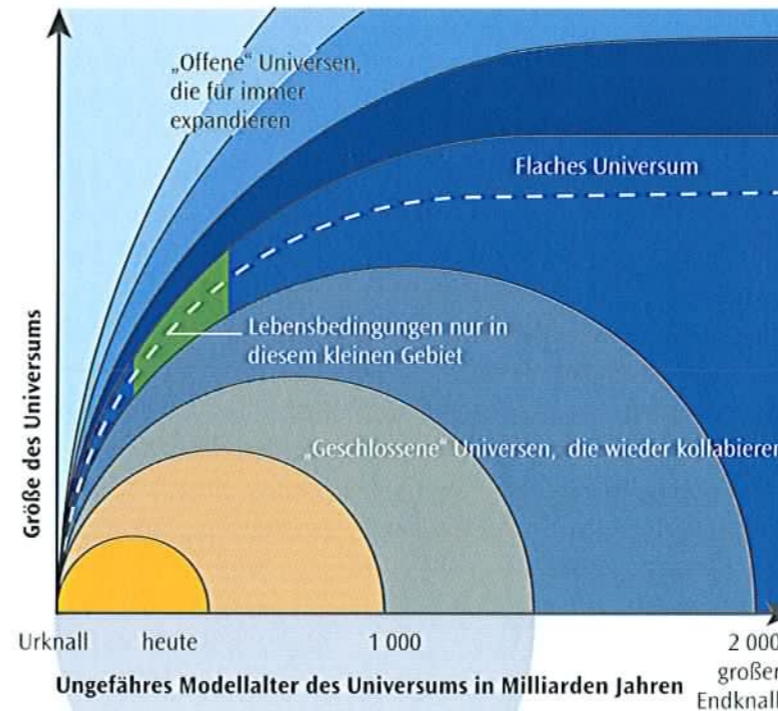
Es hätte eines „intelligenten“ Urknalls bedurft, um ein System mit günstigen Lebensbedingungen zu schaffen.



Ernüchternde Bilanz auf dem Weg der Erkenntnis

Neben dem Staunen über die in der Natur vorgefundene Komplexität wird die Tatsache der Feinabstimmung von *Parametern* in unserem Universum – die unter anderem dazu führte, dass wenigstens für eine gewisse Zeit auf unserem Planeten Leben existieren kann – als Hinweis auf einen Designer gewertet. Schon kleine Abweichungen in der Stärke der vier fundamentalen Kräfte – starke, schwache, elektromagnetische und Gravitationswechselwirkung – würden zum Beispiel das System so radikal verändern, dass kein Leben möglich wäre. Gibt es eine transzendente Macht, die diese Feinabstimmung geplant hat? Steckt eine auf das Ziel Mensch gerichtete Größe hinter dem Plan des Universums?

Da sich Naturwissenschaftler im Allgemeinen etwas schwer mit dem Gedanken anfreunden können, der Sinn des Universums läge in der Absicht eines metaphysischen Wesens, suchten sie nach anderen Erklärungsmöglichkeiten für die lebensgünstigen Anfangsbedingungen unserer Welt. Eine heute häufig angeführte Erklärung lautet deshalb: Wahrscheinlich gibt es nicht nur ein Universum, sondern eine ganze Anzahl von Universen, deren Eigenschaften sich in ihren Anfangsbedingungen unterscheiden. Eine These, die sich wahrscheinlich nie verifizieren lässt. Aber dieses „Mehrfach-



From Beyond Physics by W. Wyatt Gibbs. Copyright © (August 1998) by Scientific American, Inc. All rights reserved.

Kosmos“- oder „Multiversen-Szenario“ lässt sich als Versuch werten, Design-Merkmale des Schöpfers durch Störsignale zu verwaschen.

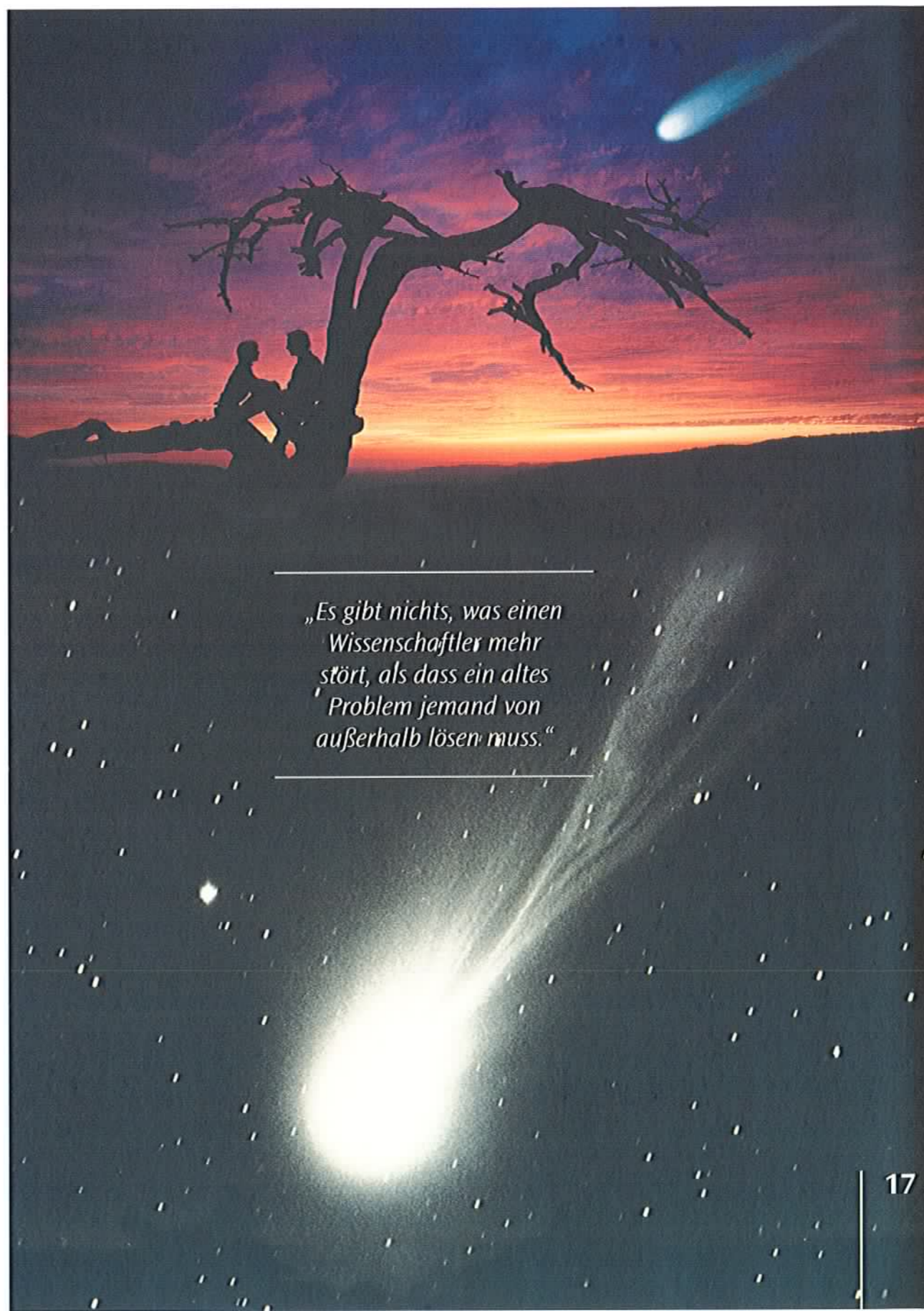
Wenn jemand in ein Bekleidungsgeschäft geht und einen Anzug kauft, der ausgezeichnet sitzt, dann gibt es zwei Möglichkeiten: Entweder haben die Schneider die Maße der Person sorgfältig bestimmt und den Anzug passend genäht, oder das Geschäft hat einen solchen Vorrat an Kleidung in allen Formen und Größen, dass man Passendes von der Stange kaufen kann.

Es wäre dann eben reiner Zufall gewesen, dass die Anfangsparameter unserer Welt bereits die Voraussetzungen für eine Lebensentstehung beinhalteten. Damit würde der Mensch die vierte große Kränkung seiner Eigenliebe erfahren:

- Die erste Kränkung bereitete ihm Nikolaus Kopernikus, als er nachwies, dass die Erde sich nicht im Mittelpunkt des Universums, sondern auf einem einsamen Umlauf um einen mittelprächtigen Stern am Rand unserer Galaxie befindet. (Dies ist die einzige Kränkung, die auf objektivierbarem Wissen beruht.)
- Die zweite Kränkung brachte Charles Darwin dem Menschen bei mit seiner Theorie, der Mensch bilde nur einen kleinen Zweig am Evolutionsbaum.
- Kränkung Drei stammte von Sigmund Freud, der aufzeigte, dass der Mensch nicht einmal Herr im Haus seiner eigenen Gefühle und Triebe ist.

Und die moderne Wissenschaft ist nun dabei, dem Menschen die vierte Kränkung zuzufügen: Sie ist dabei, ihm den Glauben zu nehmen, dass das Universum, in dem die mit Leben erfüllte Erde eingebettet ist, etwas Einmaliges sei. Immer größeres Wissen wurde mit immer stärkeren Zweifeln erkauft. – Ernüchternde Bilanz eines wissenschaftlich geprägten Weges zu Erkenntnis!

Jedenfalls hat der Physiker und Nobelpreisträger Steven Weinberg entsprechend reagiert: „Je begreiflicher uns das Universum ist, desto sinnloser erscheint es uns auch.“ Dabei hat er sicher übersehen, dass Naturwissenschaft prinzipiell keine Antwort auf die Frage nach dem Sinn gibt; das ist Aufgabe der Theologie. Ist es heute noch zumutbar, Gott als den ersten Beweger und Erhalter des Kosmos zu sehen?



„Es gibt nichts, was einen Wissenschaftler mehr stört, als dass ein altes Problem jemand von außerhalb lösen muss.“

Gibt es einen Sinn hinter dem Universum?

Die beachtlichen Fortschritte der Naturwissenschaft haben weite Bereiche der Natur entzaubert. Das sorgt für zunehmenden Klärungsbedarf im spannungsreichen Verhältnis zwischen Naturwissenschaft und Theologie. Wird Gott vollends aus dem Kosmos vertrieben – oder auf ganz neue Weise entdeckt? Sind der unendliche Kosmos und die möglicherweise zahllosen Planeten eine Blasphemie, die Gott heimatlos macht?

Ein totes Universum, das den Menschen nur als Ergebnis eines bewusstseinsblinden kosmischen Würfelspiels hervorgebracht hat, wäre kein menschliches oder menschenwürdiges Etwas; es wäre ein bloßes Es, ein Ding, ein Objekt. „Das ist“, so Jochen Kirchhoff³, „von niemandem ernsthaft zu verkraften. In einem Universum, das ihn nicht meint, verdorrt der Mensch. Sind Astrologie, Ufologie sowie das anthropische Prinzip die – wenig erfolgreichen – Bemühungen, die eigene Mensch-Kosmos-Neurose zu heilen, der menschlichen Existenz doch noch einen letzten Rest von Würde zu bewahren? Ist das gewaltige Schauspiel der heute vertretenen Kosmologie nicht nur eine gigantische Illusionsblase, eine kollektive Projektion, hinter der

sich das eigentliche, wahre Universum verbirgt?“

Steckt dahinter eine Welt, die auf uns ausgerichtet ist, die uns etwas angeht und die wir etwas angehen ...?

Jedenfalls ist der Mensch ein Wesen, das Bezüge nach Innen sucht. Das pure Außen zermalmt ihn, und ein Universum als ein übergroßes Es, ein übergroßes Nur-Außen, als sinnleere Erstreckung ins Immer-Weiter macht ihn nach Sloterdijk zum „Idioten des Kosmos“⁴.

„Laufen nicht unsere Vorstellungen Gefahr, dass sie im Rechnen und Messen stecken bleiben, wobei das Ganze immer unlebendiger und monströser wird? Schließlich kommt der lebendige Mensch mit seinem Wesen gar nicht mehr darin vor. Und das zum Quasi-Nichts geschrumpfte Wesen Mensch, verloren im bewusstseinsblinden Raum, gerät zugleich zum Quasi-Schöpfer-Gott?“³

In letzter Zuspitzung führt uns die Genialität der erforschten Welten zu der Frage: Wessen Ideen stecken dahinter? Wer oder was ist der Urheber? In diesem Grenzgebiet überschneiden sich zwei ansonsten getrennte Ebenen: die der Naturwissenschaft und die der Theologie.

„Eine Welt voller Geheimnisse des Schöpfers ist wahrscheinlicher als eine, die mein Verstand erfasst.“

Es gibt aus meiner Sicht nur zwei mögliche Antworten: Entweder ist die erforschbare Welt ...

1. das Zwischenergebnis eines zufälligen physikalisch-chemischen Prozesses
oder sie stammt
2. aus der Hand eines genialen Designers.

Oft wird eine dritte Position herangezogen, die ich allerdings für sehr problematisch halte und deshalb persönlich ablehne: Gott soll als Lenker der Evolution „geschaffen“ haben. „Er sprach und es geschah“ ist etwas anderes als „Es ist aus sich heraus geworden“. Es scheint mir nicht möglich zu sein, einen liebenden Gott als Ursprung einer darwinistisch gedeuteten Welt zu erkennen: Wie kann ein Gott, der das Prinzip „Liebe“ über alles gesetzt hat, mit einem Konzept zusammengebracht werden, das nach dem Prinzip der Überlegenheit des Stärkeren funktionieren soll, um nur ein Beispiel zu nennen? Da wird nicht geplant, es wird nicht zielorientiert eingegriffen; es wird von selbst. Auch die scharfe Abgrenzung der gezielt vollbrachten Tagewerke im Genesisbericht setzt geradezu antievolutionäre Akzente.

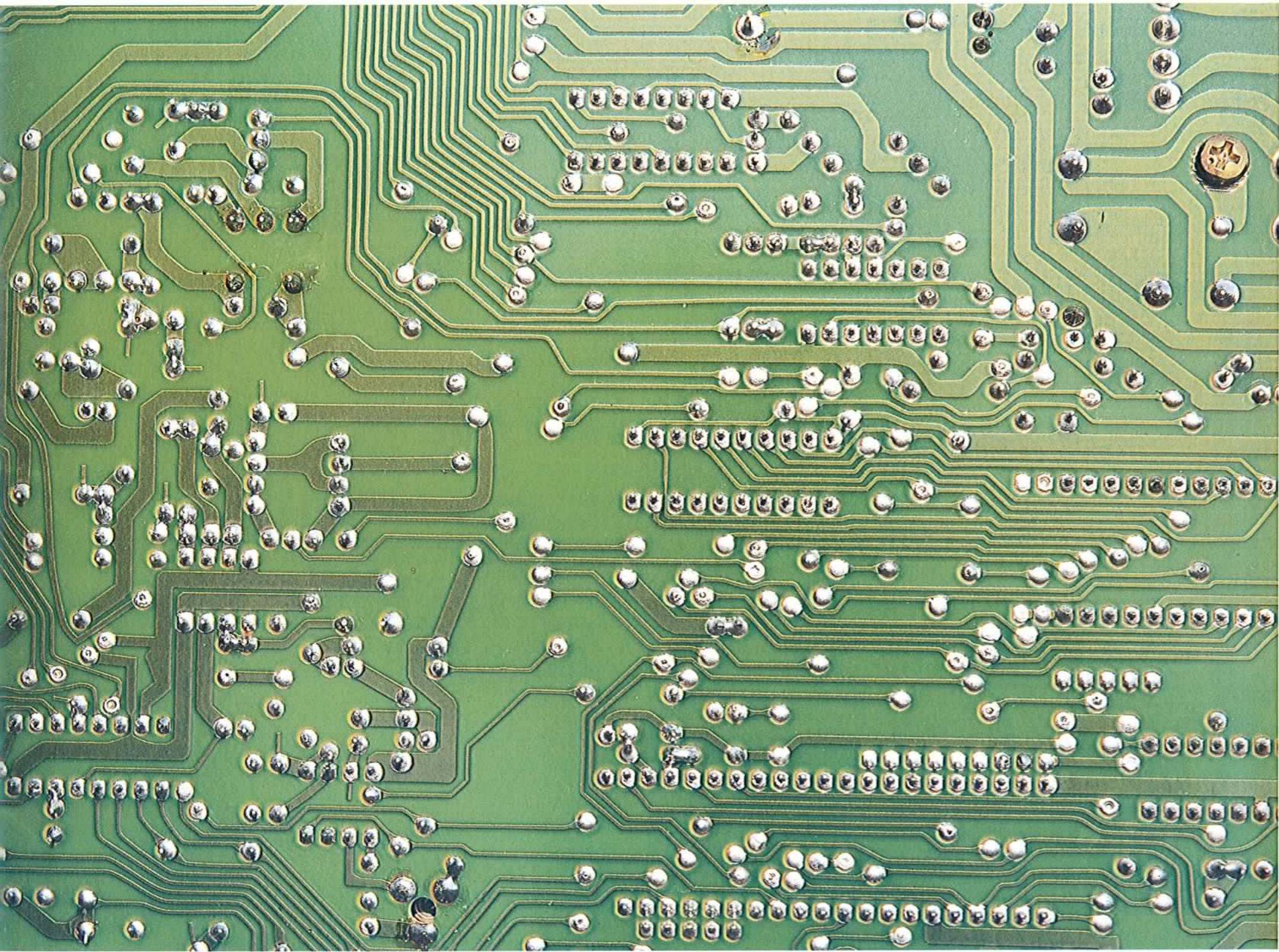
Ist unsere Wirklichkeit umfassender als das von unserem Verstand Erfassbare, zumal Naturwissenschaft nur Messbares erfasst? Das bringt uns an die Schnittstelle von messbarer und nicht messbarer, von sichtbarer und unsichtbarer Wirklichkeit. Dabei verfolgt die Naturwissenschaft empirische Fragen nach dem „Was“ und „Wie“ der materiellen Wirklichkeit und nur indirekt nach dem „Woher“, während die Theologie das Vertrauen vornean stellt und nach dem „Warum“ und „Wozu“ des Seins fragt und in allgemeiner Form etwas zum „Woher“ sagt.

Ich lade deshalb meine Leserinnen und Leser ein, mich auf dieser Reise in kaum erforschtes und doch menschlich nahe liegendes Grenzgebiet zu begleiten. Die Vermittlung der beiden Wahrnehmungs- und Denkebenen ist wohl das größte geistige Abenteuer. Das verblüffende Bild, das sich ergibt, soll in der folgenden Darstellung umrissen werden. Sie betrachtet das Universum von seinen Anfängen mit den Implikationen der Teilchenphysik und lotet den Standort des Menschen im heutigen Schema von Raum und Zeit aus. Gerne stelle ich eine persönliche Überzeugung vornan: Ich halte eine Welt voller Geheimnisse des Schöpfers für wahrscheinlicher als eine, die so klein ist, dass sie mein Verstand erfasst.



2

Die Kulisse





Unserer Mäusefamilie ging es so gut, dass sie sich geradezu paradiesisch fühlte. Man war an diesem Plätzchen wohl beschützt, es war bequem, und zuweilen beschäftigte man sich mit allerlei. Längst hatte sie sich an die Geräusche im Haus gewöhnt und konnte sie seinen Bewohnern zuordnen: das bedächtige Knarren des Dielenbodens, wenn der Bauer eintrat, das fröhliche Lärmen der Kinder, das Verhallen sich entfernender Schritte der Knechte, das dumpfe Geräusch des Haustürriegels, wenn abends abgeschlossen wurde. Das war die ganze Erfahrungswelt unserer Mäusefamilie. Sie kannte sich gut aus in ihrer Mini-Welt und keinen störte die Enge.

Das Instrumentarium

High-Tech-Instrumente helfen uns, ganz neue Seiten der Natur zu erschließen, die weit jenseits unseres alltäglichen Gesichtskreises liegen. Je kleiner die Maßstäbe im Innersten der Atome werden, umso größer müssen die dazu notwendigen Maschinen, die Beschleuniger als „Mikroskope“ der Teilchenphysiker, sein. Und wo Bedingungen für entsprechende Experimente nicht mehr erreichbar sind, helfen theoretische Vorstellungen weiter, wobei die Physik, beziehungsweise ihre theoretischen Ansätze, die Schnittstelle zwischen Mathematik und der realen Welt sind. Das gilt uneingeschränkt auch für das obere Ende der Skala im kosmischen Bereich.

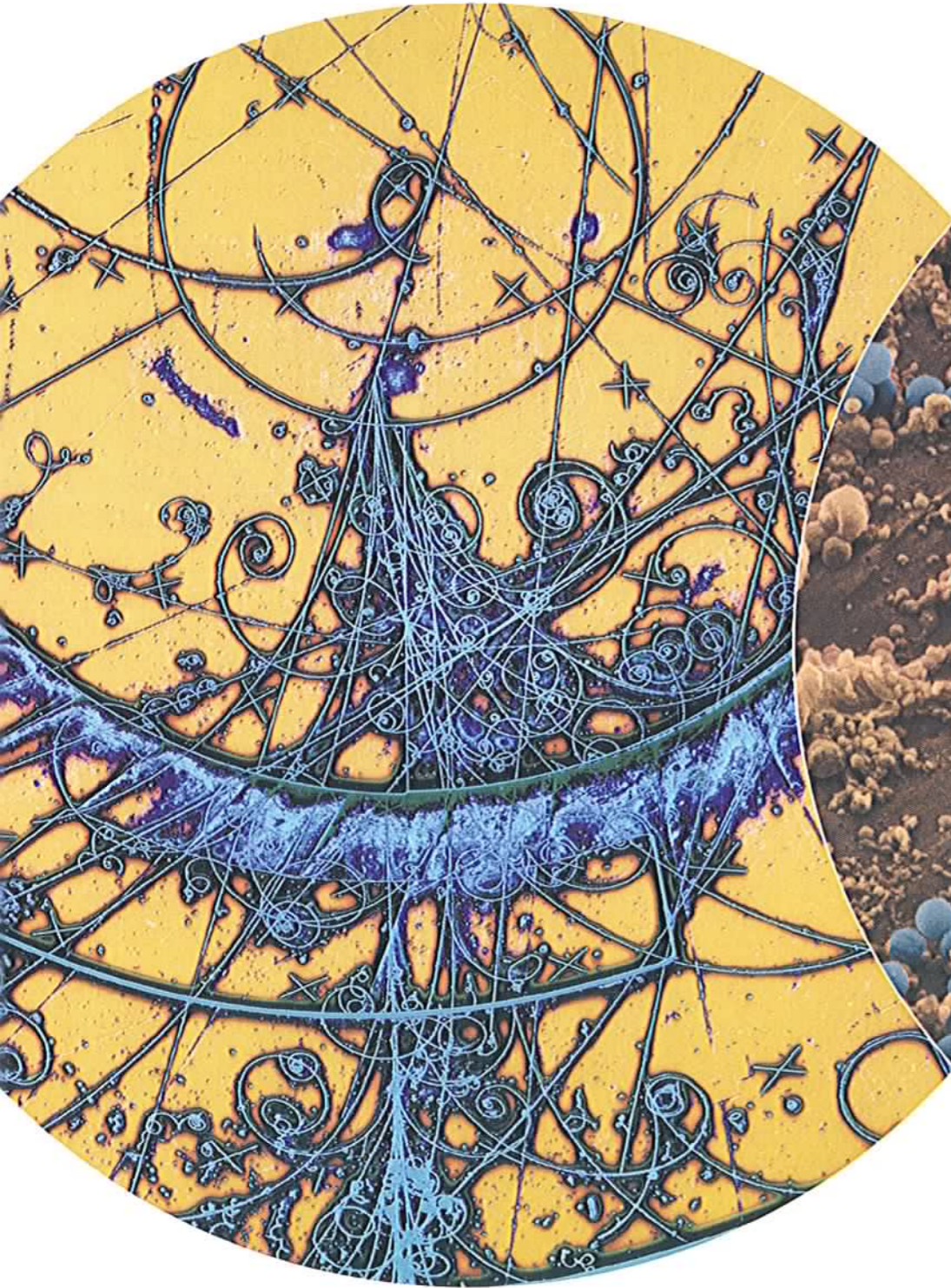
Dass es bei unserer Thematik um Fragen grundsätzlicher Art sowie um ungelöste Rätsel und tiefe Geheimnisse geht, liegt in der Natur der Sache. So stoßen wir schon inmitten der materiellen Welt auf Grenzen im Längenbereich, zum Beispiel unterhalb der *Planckschen Elementarlänge* und jenseits des *Ereignishorizontes Schwarzer Löcher*. Damit sind heute bereits sowohl im atomaren als auch im kosmischen Bereich – also jeweils in einem Teil der materiellen Welt – Grenzen zu einem „Jenseits“ akzeptiert. Aber theologische Ansätze spannen einen noch weiteren Bogen: Deren Sicht ist, dass der sichtbare Weltvordergrund getragen und bedingt ist durch eine nicht direkt messbare und nicht direkt sichtbare komplementäre Ereignistiefe, in der das vordergründige Geschehen seinen Ursprung hat.



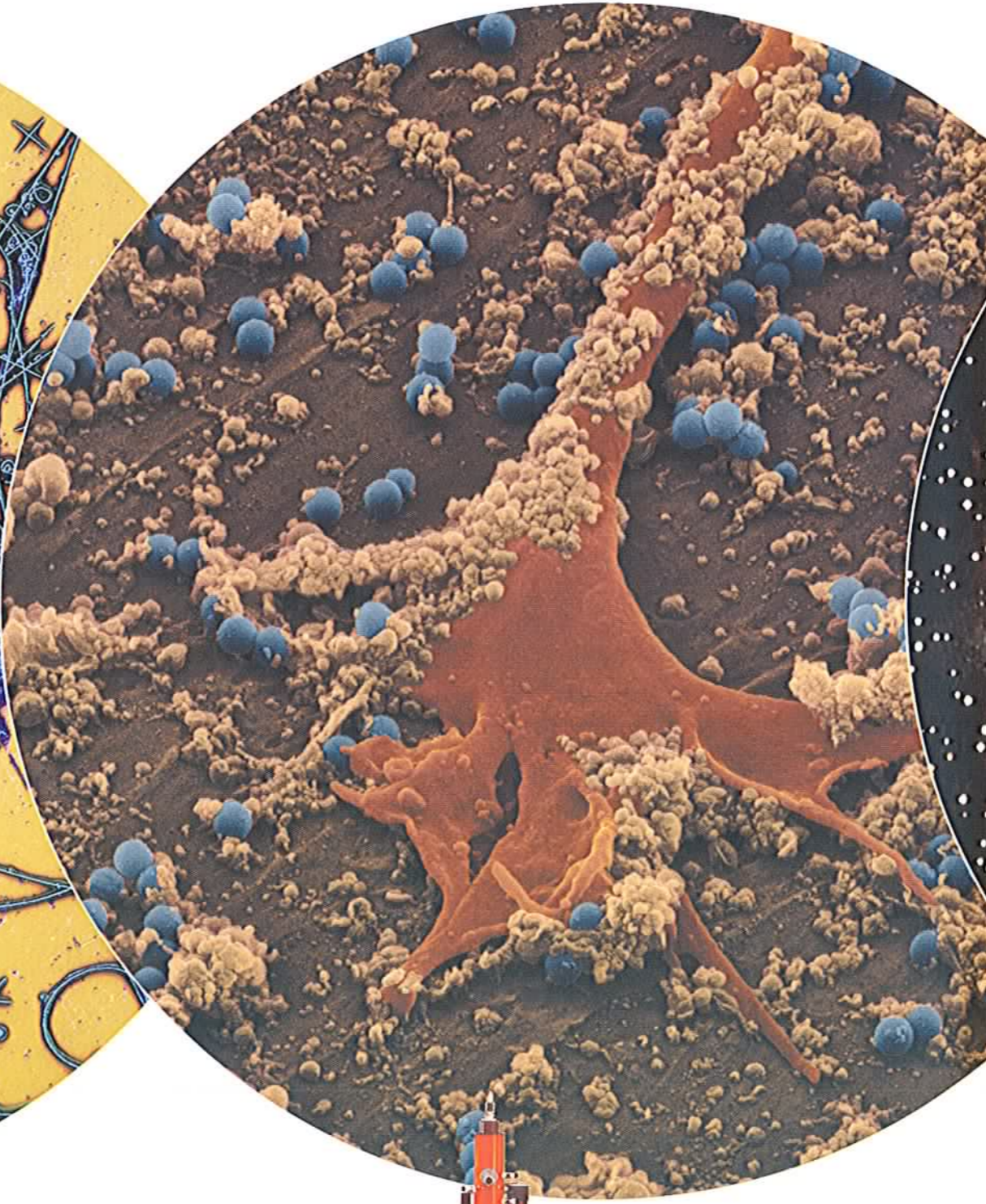
„Nichts setzt dem Fortgang von Wissenschaft mehr Hindernis entgegen, als wenn man zu wissen glaubt, was man noch nicht weiß.“

Christoph Lichtenberg, Physiker





*Blasenkammer:
Spuren elementarer
Teilchen*

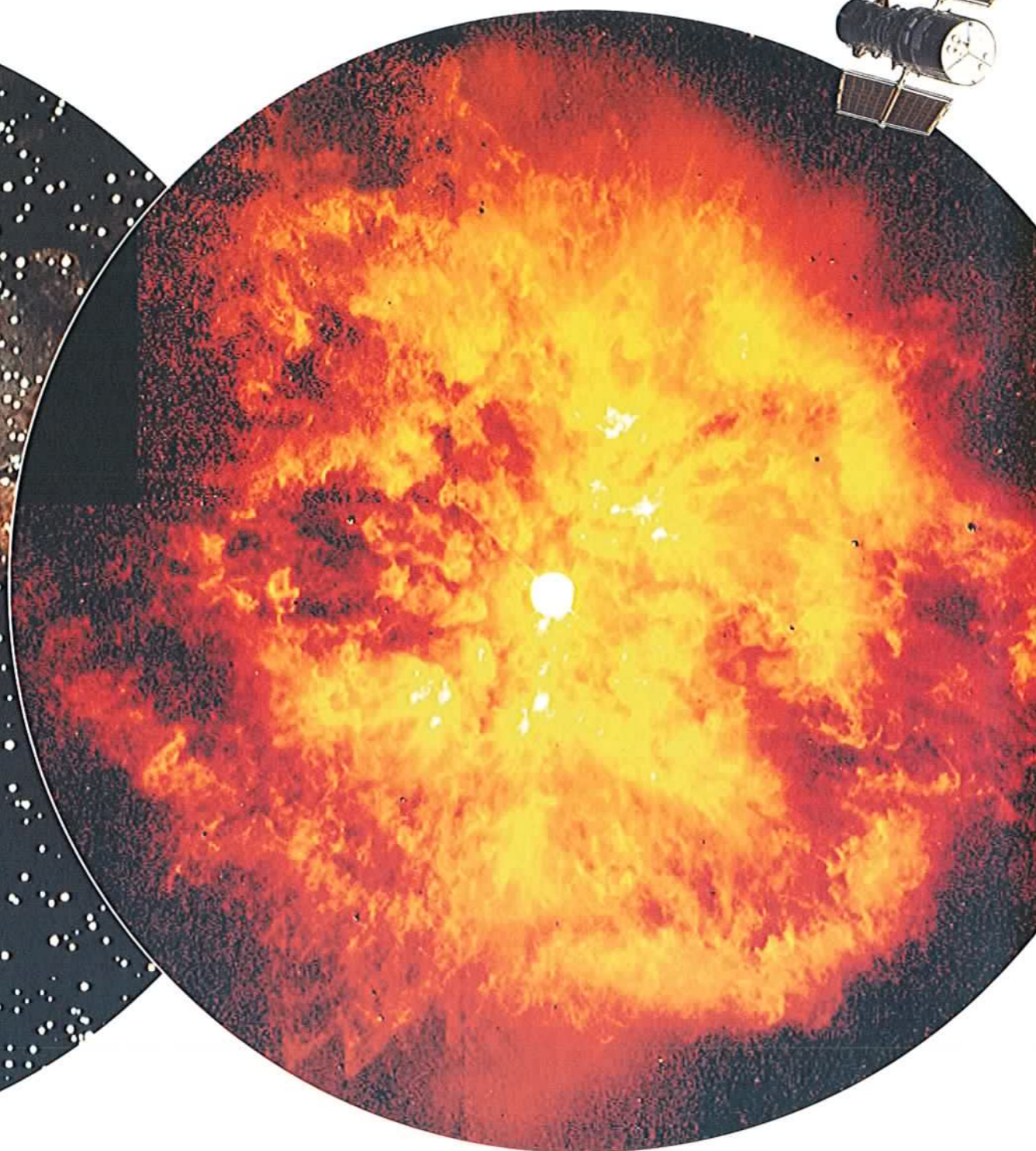


*Ansicht im Elektronenmikroskop:
Wachstumskegel eines
Nervenzellenfortsatzes*





*Lagunen-Nebel:
Große, komplexe Struktur von ionisiertem Wasserstoff im Sternbild Schütze*



Der Stern WR 124 im Feuer-Nebel M1-67, aufgenommen vom Hubble-Weltraumteleskop, zeigt ein dramatisches kosmisches Feuerwerk

M I K R O K O S M O S

Lebensber...

Plancksche Elementar-
länge: 10^{-33} Meter

10^{-30} Meter

10^{-25}

10^{-20}

10^{-15}

10^{-10}

10^{-5}



Atom: kleinste Einheit mit den chemischen Eigenschaften des entsprechenden Elements



Protozo: eines der kleinsten Lebewesen



Elefant: mit vier Metern Schulterhöhe größtes heute lebendes Landtier



Haarsinneszellen einer Zebrafischlarve

Maßstab des Weltalls

Das Universum erstreckt sich vom Innersten des Atoms bis in die Abgründe des intergalaktischen Raumes. Die größten zusammenhängenden Einheiten sind die Superhaufen von Galaxien. Als kleinste Einheiten gelten die daher auch Elementarteilchen genannten subatomaren Teilchen, wie zum Beispiel die *Quarks*. Das absolut unterste Ende der Längenskala bildet die *Plancksche Elementarlänge*.

Um die ungeheure Spanne der Größenordnungen anzureißen, ist ein in Zehnerschritten zunehmender Längenmaßstab mit der Einheit 1 Meter dargestellt. Jedes seiner Intervalle steht für eine Dimension, die zehnmal größer ist als die vorhergehende. Der gesamte Maßstab erstreckt sich über rund 60 Größenordnungen; das heißt eine Eins mit 60 Nullen!

M A K R O K O S M O S

10^5 10^{10} 10^{15} 10^{20} 10^{25} 10^{30} Meter



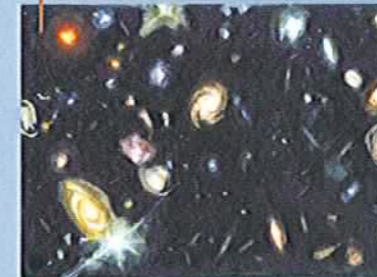
Bodensee: mit knapp 65 Kilometern Länge Deutschlands größter Binnensee



Erdmond: ein im Verhältnis zu seinem Planeten ungewöhnlich großer Begleiter



Galaxie: steht etwa in Relation zur Erdumlaufbahn wie der Körper des Menschen zu einem Atom



Galaxienhaufen: Schlüsselblick des Hubble-Weltraumteleskops auf entfernteste Galaxien



Atome, *Moleküle* und die kleinsten Wesen, die Viren, sind kleiner als eine Wellenlänge des sichtbaren Lichts und daher nicht mit konventionellen Lichtmikroskopen aufzulösen. Menschen sind mehr als zehnmillionenmal oder um sieben bis zehn Größenordnungen größer. Die Relation der Größe eines Virus zur Größe des menschlichen Körpers entspricht etwa der des menschlichen Körpers zu dem Gasriesen Jupiter. Wiederum in etwa gleichem Verhältnis dazu stehen die planetarischen Nebel. Und ungefähr in der gleichen Relation zu diesen liegen die Galaxienhaufen. Schließlich hat uns das Hubble-Weltraumteleskop einen Schlüsselblick durch Vordergrundsterne hindurch in eine Tiefe von rund 15 Milliarden Lichtjahren³ ($=1,5 \times 10^{26}$ m) gewährt, was aus Messungen der Dopplerverschiebung abgeleitet wurde.

Wie man Zahlen handlich macht⁶

Durch die Unterteilung des Maßstabs in Größenordnungen auf einer so genannten logarithmischen Skala ist es möglich, Größen vom Innersten des Atoms bis zum kosmischen Bereich darzustellen.

Entsprechend dazu ist eine einfache, kompakte Potenz-Schreibweise, die dieser grafischen Darstellung entspricht, angewandt. Da $1000 = 10 \times 10 \times 10$ ergibt, kann man dafür auch 10^3 schreiben.

Sehr kleine Zahlen werden analog geschrieben. So steht 10^{-6} für ein Millionstel, das Ergebnis der Division von 1 durch 10^6 .

10^{-30} Meter

10^{-25}

10^{-20}

10^{-15}

10^{-10}

10^{-5}

Spanne der Dimensionen

Wir können etwas Beliebiger betrachten: einen Tisch, eine Kerze oder einfach Luft um uns herum. All diese Dinge bestehen aus winzigen Teilchen, den Atomen. Und selbst Atome sind noch aus viel kleineren Teilchen, den Elementarteilchen, zusammengesetzt. Sie sind so klein, dass sie auch unter dem stärksten Lichtmikroskop für das menschliche Auge unsichtbar bleiben. Doch sind sie die Bausteine, aus denen das ganze Universum aufgebaut ist.

Wenn sich Elementarteilchen vereinigen, bilden sie *Nukleonen*, wie *Protonen* und *Neutronen*, die wiederum die Bausteine von Atomkernen sind. Sie bauen zusammen mit Elektronen die Atome. Wenn sich Atome miteinander verbinden, entstehen Moleküle. Tiere, Pflanzen und andere Lebensformen teilen sich den Planeten Erde, der wiederum nur einer von neun Planeten des Sonnensystems ist. Die Sonne ist einer von hundert Milliarden Sternen unserer Milchstraße, die nur eine von hundert Milliarden von Galaxien im Universum ist.

Kleinste Dimension. Die Naturwissenschaftler gehen heute davon aus, dass sowohl bestimmte physikalische Größen, wie z. B. die Energie als auch Raum und Zeit in „Portionen“ auftreten. So gibt es sowohl ein kleinstes Energiepaket, das zu Ehren seines Entdeckers durch das Plancksche *Wirkungsquantum* definiert ist, als auch das kleinste Raum-Zeit-Element. Der Rest der Welt sind ganze Vielfache davon. Die Quantisierung oder Proportionierung ist danach ein universelles Prinzip. Deshalb gibt es eine kleinste jemals erforschbare Dimension. Sie beträgt rund 10^{-35} Meter, eine Eins geteilt durch eine Eins mit 35 Nullen, die so genannte Plancksche Elementarlänge:

$$10^{-35} \text{ Meter} = 1 / 100\,000\,000\,000\,000\,000\,000\,000\,000\,000\,000 \text{ Meter.}$$

Diese Grenze ist nach heutiger Erkenntnis eine Vorgabe der Natur. Unterhalb dieser Grenze endet der Gültigkeitsbereich physikalischer Gesetze. Was schließt sich daran an?

Größte Dimension. Im kosmischen Bereich ist eine obere Grenze der Dimension nicht ohne weiteres zu fassen. Möglicherweise kann man nur von einem kosmologischen Horizont sprechen, zu dem wir vordringen können, hinter dem es aber weitergeht. Die Größe und das Alter des Kosmos hängen empfindlich von der Modellvorstellung ab, die damit verbunden wird. Man neigt dazu zu sagen, dass sie im Modell eines expandierenden Kosmos dort liegt, wo sich Galaxien mit der nach Albert Einstein maximal möglichen Geschwindigkeit, nämlich nahezu Lichtgeschwindigkeit, von uns entfernen, sodass uns ihr Licht gerade noch erreicht. Richtig ist, dass dort zwar unser Beobachtungshorizont endet, aber nicht notwendigerweise das „Ende der Welt“ anzusetzen ist. Setzt man also die mit der Urknalltheorie verbundene Vorstellung eines expandierenden Universums mit seiner „inflationären“ oder beschleunigten Phase voraus, so ist die Grenze möglicherweise nie auszumachen. Aufgrund der Interpretation von *Rotverschiebungsmessungen* der Sternspektren entsprechend dem *Dopplereffekt* wurden bislang entfernteste Objekte in rund 15 Milliarden *Lichtjahren* Abstand entdeckt. Ausgeschrieben liest sich diese Zahl wie folgt:

1 *Lichtjahr* entspricht einem Abstand von rund 10^{16} Metern, was eine Strecke ist, die das Licht in einem Jahr zurücklegt.

Daraus folgt für die erwähnte weiteste Entfernung von 15 Milliarden Lichtjahren.

$$15 \times 10^9 \text{ Lj} \times 10^{16} \text{ Meter} = 15 \times 10^{25} \text{ Meter} = 150\,000\,000\,000\,000\,000\,000\,000\,000 \text{ Meter.}$$

10^5

10^{10}

10^{15}

10^{20}

10^{25}

Grenze des heute beobachtbaren Raumes

10^{30} Meter

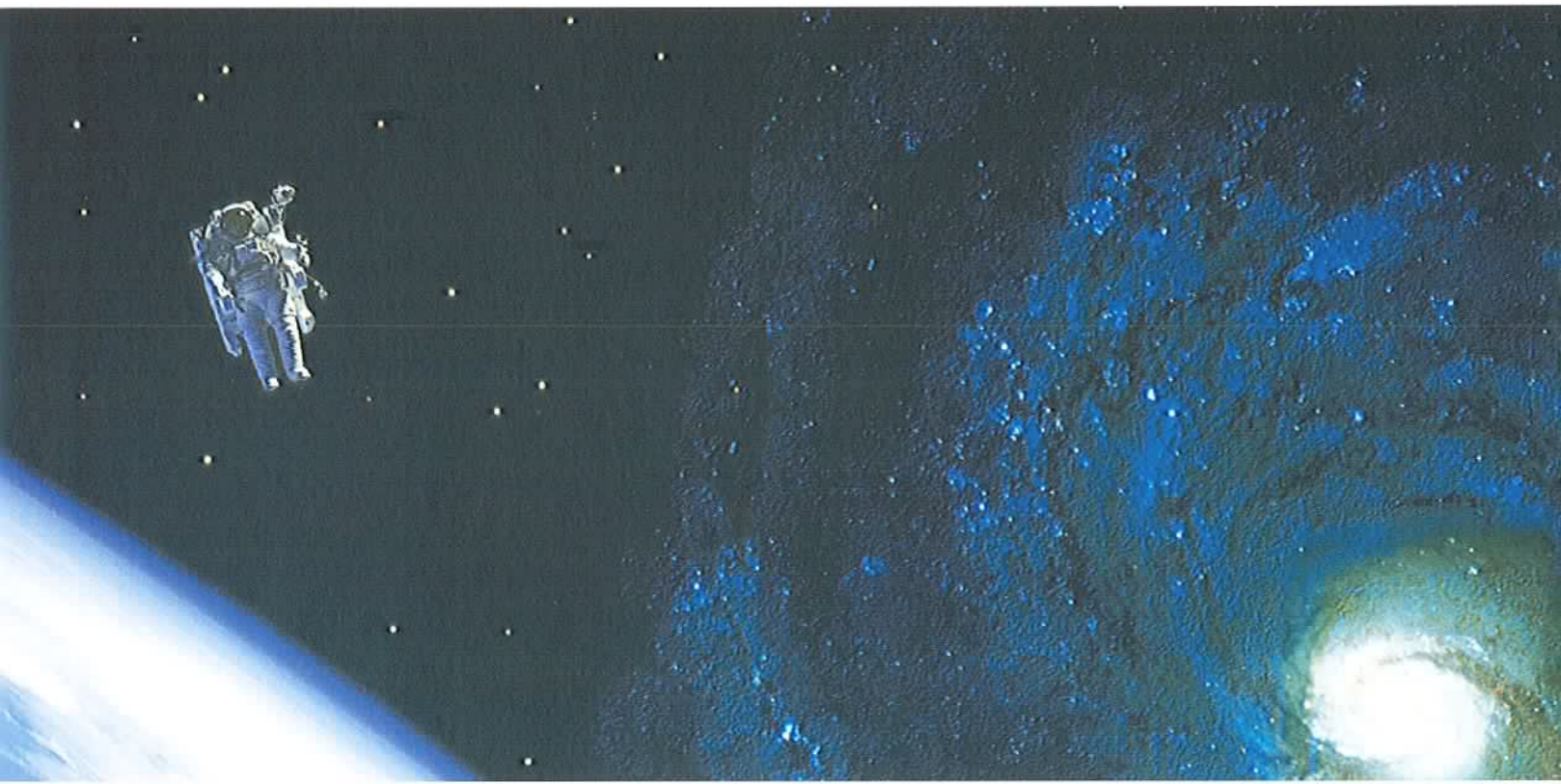


Reise durch die Dimensionen

Wir machen nun eine Reise, die keine gewöhnliche Reise ist. Es ist eine Reise von den Grenzen des Nichts bis in die Unendlichkeit. Vom Rand des Universums bis zu den winzigsten Teilchen im Innern des Atoms, von einer Dimension von rund 100 Millionen Milliarden Milliarden Kilometern hinunter zu Dimensionen, die rund ein Milliardstel Milliardstel Milliardstel eines Millimeters sind. Auf den Stationen dieser gewaltigen Reise begegnen uns erstaunliche Dinge ...

Unsere Reise beginnt dort, wo kein Kameraauge hinreichen kann: Computersimulationen geben uns einen Einblick in ein *Quark-Gluon-Plasma*, was zusammen mit *Neutrinos*, Elektronen und Photonen für den ursprünglichen Zustand der Materie gehalten wird. Quarks bilden die Grundbausteine der Nukleonen, welche wiederum Bestandteile der Atomkerne sind.

Über den Atomkern, der je nach Ordnungszahl im *Periodensystem* der Elemente unterschiedlich komplex aufgebaut ist, kommen wir schließlich nach fünf Größenordnungen zum Atom, das die Griechen noch für unteilbar hielten. Jedenfalls ist es die kleinste Einheit, die entsprechend der Zahl der Protonen im Atomkern die Eigenschaften des entsprechenden chemischen Elements trägt. Nach Betrachtungen im Bereich eines Atoms geht es dann weiter mit dem menschlichen Lebensbereich: Wir folgen einem „organischen Pfad“ über Moleküle zum lebenden Einzeller bis hin zur menschlichen Eizelle und werfen einen Blick auf den faszinierenden Moment der Menschwerdung: Spermien erstürmen eine Eizelle. Danach erfolgt die Einbettung der befruchteten Eizelle in der Gebärmutterwand, sozusagen als erstes menschliches Zuhause. Auf dem anderen Pfad geht es vom Atom über eine Körperzelle zum uns ohne Hilfsmittel direkt zugänglichen Bereich, dem Kleingedruckten, zu meinem kleinen Dorf inmitten von Weinbergen und



Obstgärten am Ortsrand von Meersburg, von wo aus wir nun übergeordnete Strukturen betrachten. Da befindet sich vor meiner Haustür der größte Binnensee Deutschlands, der Bodensee, von wo aus schon vor dem 1. Weltkrieg gebaute Luftschiffe weltumspannende Zeppelifahrten starteten. Dann kommt als weiterführende Einheit das einmalige Erde-Mond-System ins Blickfeld. Die *Heliosphäre* dient uns letztlich als Sprungbrett in die Weiten des kosmischen Raumes. Wir setzen mit teilweise am Bodensee entwickelten Satelliten als Weltraumspäher den Sprung in die Tiefen dieser Dimensionen an. Wir kommen dort an die Grenze unseres Beobachtungshorizonts, wo riesige Weltraumteleskope zusammen mit *Gravitationslinsen* im Kosmos von entferntesten Galaxien durch Langzeitbelichtung gerade so viele

„Für den Sehenden ist der Kosmos eine Einheit.“

Heraklit, griechischer Philosoph

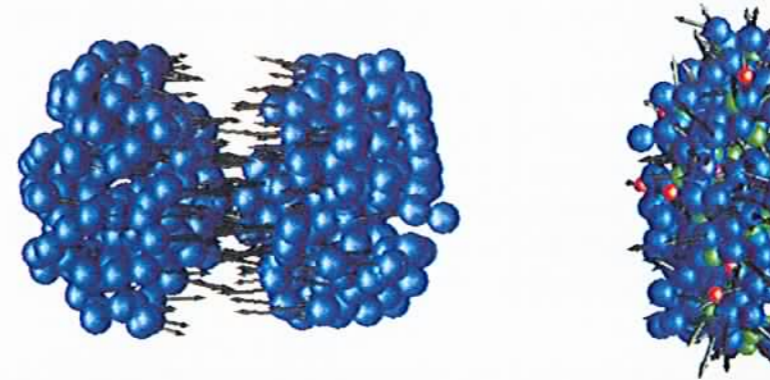
Photonen aufsammeln, dass sich damit ein Bild erstellen lässt.

Wir wollen uns bewusst machen, dass hinter jedem Entwicklungsschritt in größere bzw. kleinere Dimensionen immer ein Stück Genialität steckt. Hunderte von riesigen Teleskopen, ausgestattet mit raffiniertester Elektronik, saugen Informationen selbst aus wenigen Photonen oder Lichtquanten – also kleinsten Einheiten des Lichts, die nach unvorstellbar langer Reise bei uns ankommen. Fußballfeldgroße Radioteleskope sammeln Nachrichten aus Gegenden des Universums, in denen es für das menschliche Auge ansonsten zappenduster ist. Das milliardenteure Hubble-Weltraumtele-

skop zeigt klare Strukturen, wo vorher nur verschwommenes Gewusel zu ahnen war.

Gedanken, die sich an die Beobachtung dieses gewaltigen Szenarios anschließen, sind weit reichende Extrapolationen oder Perspektiven aus theologischer Sicht und liegen damit jenseits des Zuständigkeitsbereichs der Physik im Grenzbereich zur Philosophie oder Theologie.

So geht es in dem vorliegenden Buch um Superlative der Schöpfung, wie kürzeste Strecken, kürzeste Zeiten, kleinste Energien und extremste Temperaturen im subatomaren Bereich und um größte Entfernungen, höchste Alter, energiereichste Prozesse im heute beobachtbaren Kosmos und um das, was dahinter kommt. – Hinterm Horizont geht's weiter!



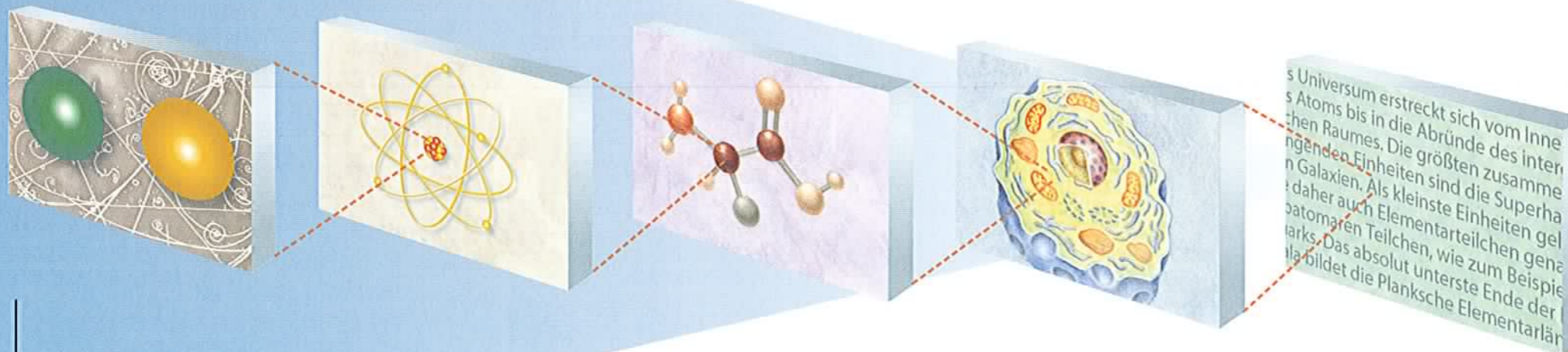
Quark
Elementar-
Teilchen

Atom
kleinstes Teilchen mit Eigenschaften
des chemischen Elements

Molekül
kleinstes Teilchen
einer Verbindung

Körperzelle
kleinste Einheit
eines Lebewesens

Kleingedrucktes
in einem Text



Der Überbau

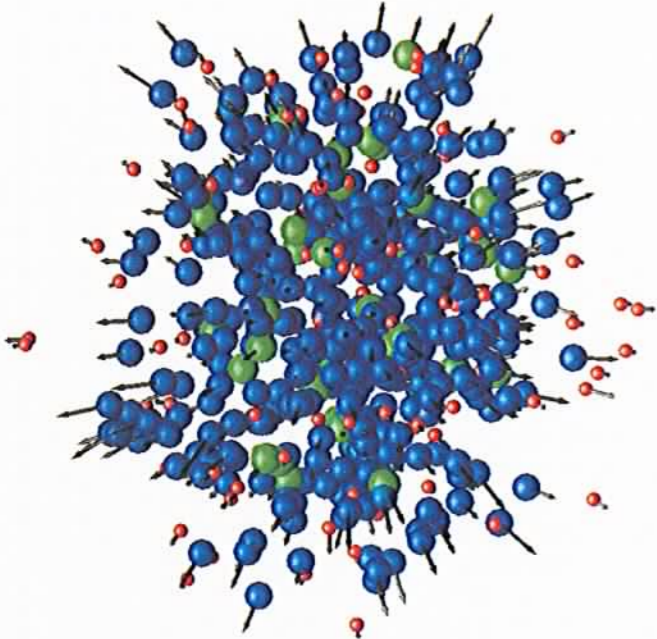
Da unterhalb der Planckschen Elementarlänge jenseits unseres Beobachtungshorizonts im Mikrokosmos und unserem Beobachtungshorizont im Makrokosmos die Welt nicht wirklich aufhört, kann es sich nur um Schnittstellen zu einer uns verborgenen, unsichtbaren Wirklichkeit inmitten der materiellen Welt handeln.

Mit den zuvor angeführten Beispielen hoffe ich, meine Leser trotz abstrakter Ansätze genügend neugierig gemacht zu haben, um sich motiviert mit mir auf eine Reise durch grenzenlose Dimensionen zu begeben, um „Spuren der Schöpfung“ in unserer Raum-Zeit auszumachen.

Wir dürfen dabei unser Vorstellungsvermögen nicht als obersten Richter einsetzen, denn dieses hat sich ja gerade angesichts der Summe unserer bisherigen Erfahrungen als beschränkt erwiesen. Insofern darf es nicht erstaunen, wenn wir an Objekten ankommen, die weit über das hinausreichen, was wir am eigenen Leib erfahren können. Was wir hier erschließen, kann nicht Teil unserer bisherigen Erfahrungen sein und liegt damit weit jenseits unserer Vorstellungen.

Der „Grenzbereich der Dimensionen“ wäre eher langweilig, wenn er in unsere Vorstellungen passte. Seine Faszination liegt gerade darin, dass er für unsere Vorstellung Neuland ist, dass wir ihn aber mit den Gesetzen der Physik und der Logik abtasten können und letztlich Spuren legen bis hin zur eigentlichen Seinstiefe, zu Fragen nach unserem „Woher“ und „Wohin“.

Simulation des Zusammenpralls von Atomkernen in drei Phasen:
 – Annäherungsphase, links
 – Verdichtung bei Zusammenprall, Mitte
 – Expansionsphase, rechts
 Der Zeitraum zwischen den Phasen beträgt 3×10^{-23} Sekunden



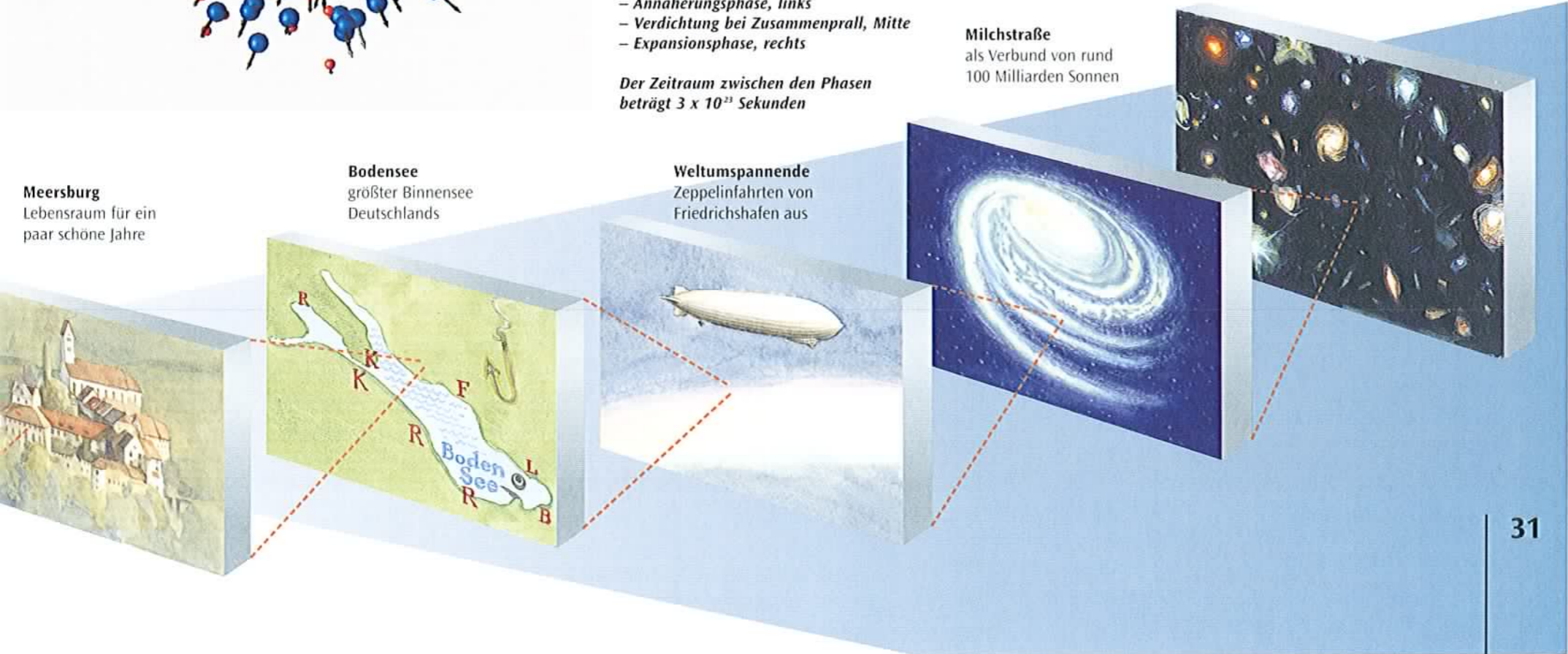
Galaxienhaufen
 entfernteste Objekte im Kosmos

Milchstraße
 als Verbund von rund 100 Milliarden Sonnen

Weltumspannende
 Zeppelifahrten von Friedrichshafen aus

Bodensee
 größter Binnensee Deutschlands

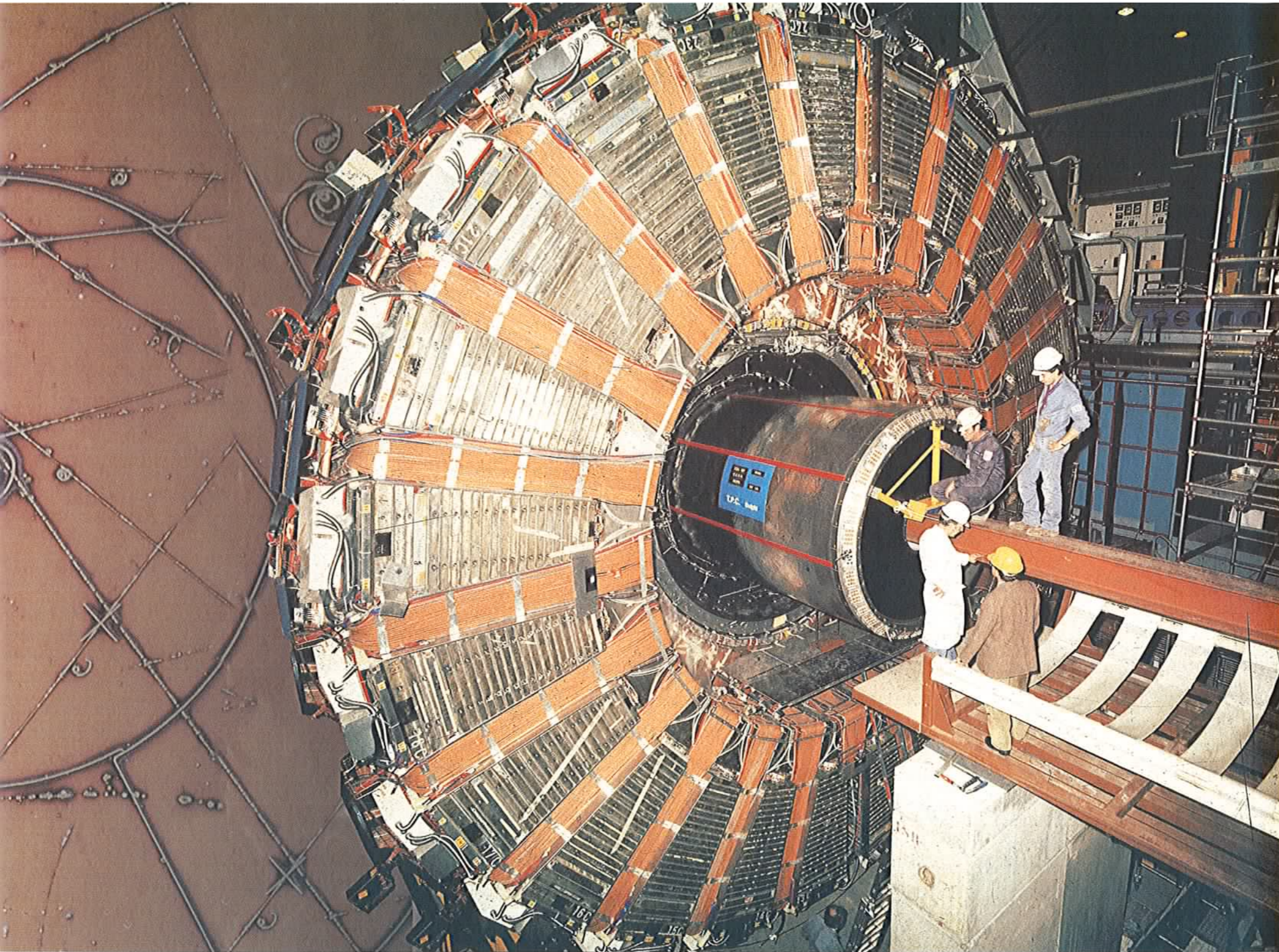
Meersburg
 Lebensraum für ein paar schöne Jahre

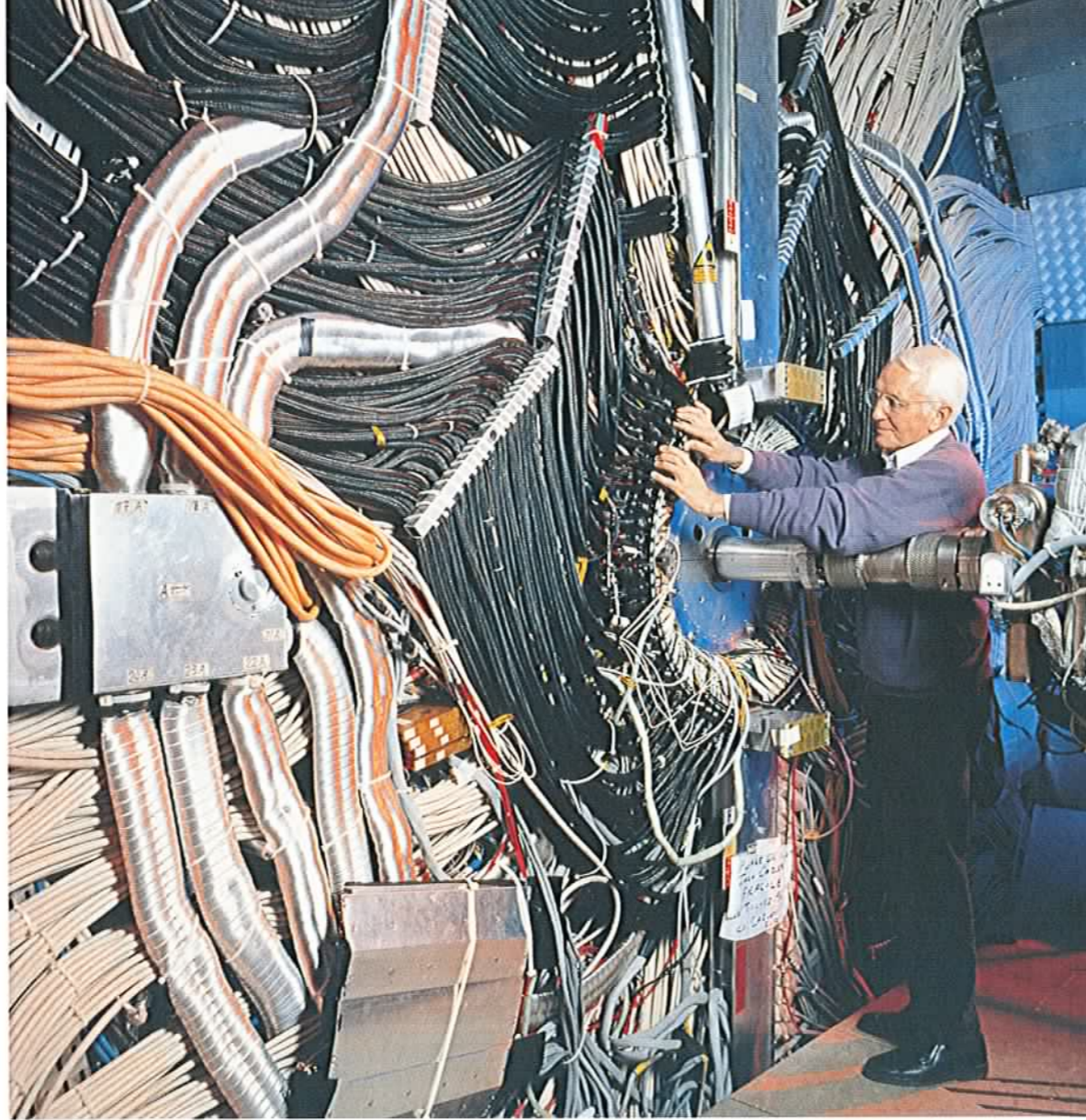


3



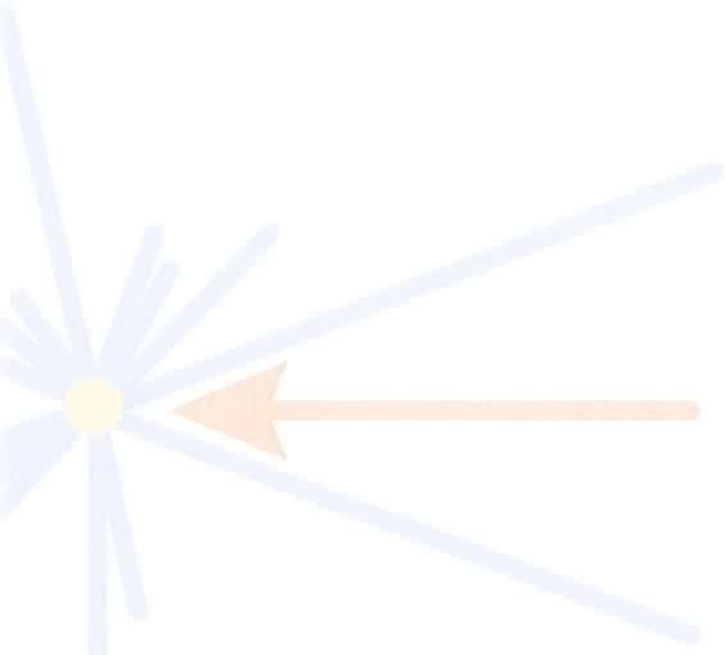
Auf dem Weg nach innen
Großfahndung nach kleinsten Teilchen





Als eigentlicher Höhepunkt im Mäuseleben galten die Melodien eines unsichtbaren Klavierspielers über ihnen jenseits ihrer dunklen Gänge. Je mehr den Mäusen die Sorge um ihr Auskommen abgenommen wurde, desto mehr vertieften sie sich in den Rausch jener schönen Musik und gerieten in Verzückung. Ihnen wurde in ihrer kleinen Mäusehütte so wohl, dass sie sich gelegentlich zu einem kleinen Tänzchen hinreißen ließen. Diese schönen Melodien wurden ihre Welt, ihr Gesprächsstoff, etwas, worauf sie angelegt waren. Die Mäusefamilie fragte sich, wie denn der geheimnisvolle Klavierspieler direkt über ihnen so schöne Klänge erzeugen könne. Ihre Fantasien explodierten geradezu angesichts eines großen Meisters und seiner Unmittelbarkeit über ihrem dunklen Nest jenseits des Dielenbodens.

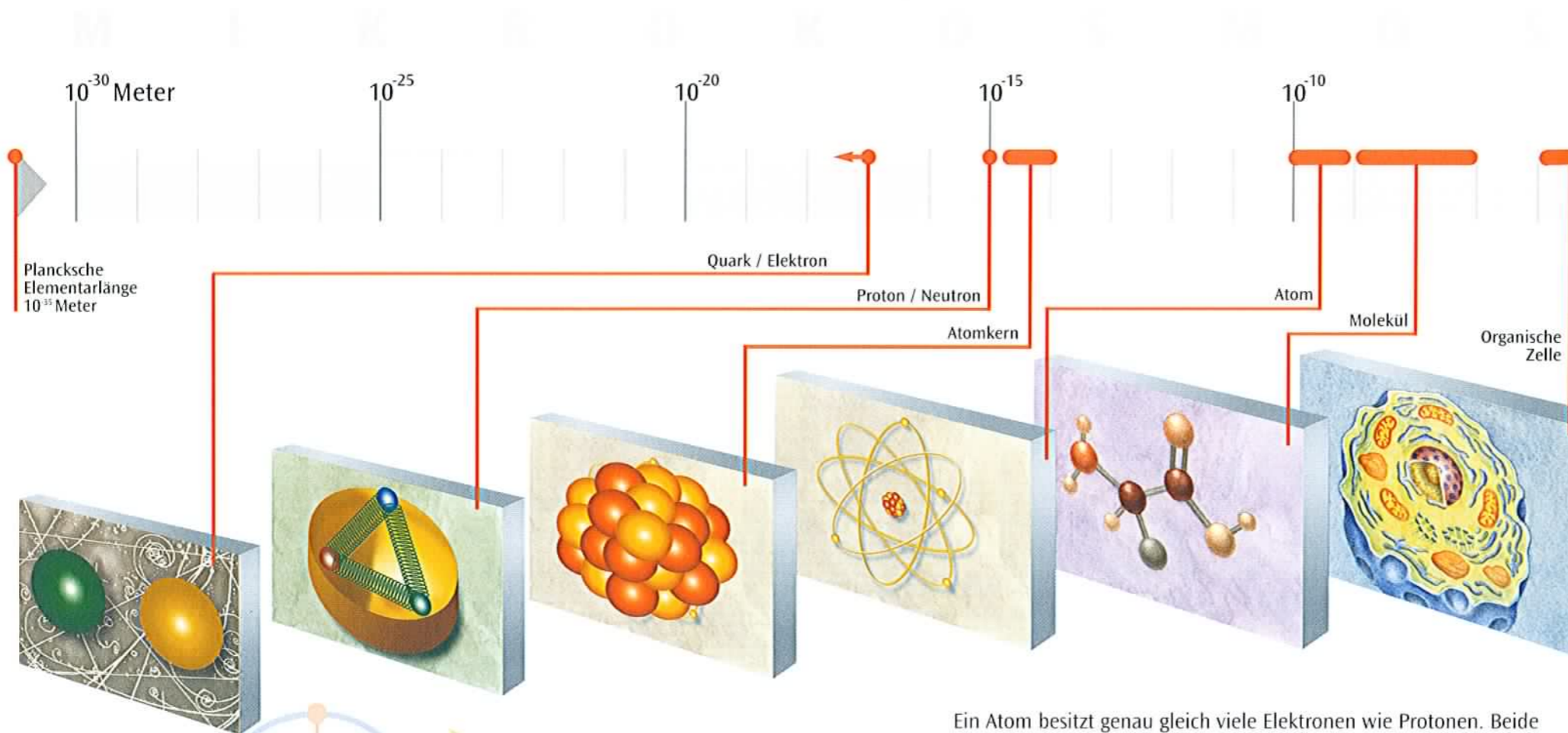
Blick in den Tunnel des
weltweit größten Elektron-
Positron Speicherrings von CERN



Tunnel der Erkenntnis

Teilchenbeschleuniger ermöglichen die Erkundung des inneren Aufbaus der Materie. Die großen, für Forschungszwecke verwendeten Beschleuniger basieren auf demselben Prinzip wie eine Bildröhre. Allerdings werden die geladenen Teilchen hier auf Energien gebracht, die in der Größenordnung von Milliarden *Elektronenvolt* (GeV) liegen. Sie erreichen bis zu 99,999999% der Lichtgeschwindigkeit. Stoßen diese Teilchen auf andere Teilchen, so entstehen subatomare, zumeist hochgradig instabile Bruchstücke oder neue Teilchen, die in der freien Natur nicht nachweisbar wären. Man vermutet, dass sie fundamentale Bausteine der Materie darstellen.

Je kleiner die zu untersuchenden Strukturen der Materie sind, desto größer müssen diese auch als Mikroskope der Teilchenphysiker zu bezeichnenden Beschleuniger gebaut werden. Am europäischen Kernforschungszentrum *CERN* in der Nähe von Genf befindet sich mit 27 km Umfang die größte bislang gebaute derartige Maschine. Über 3000 Beschäftigte sorgen für ihren Betrieb, und ihr Energiebedarf entspricht dem einer Stadt mit 200000 Einwohnern.



Die Welt der Atome

Alle Stoffe setzen sich aus weniger als hundert chemischen Elementen zusammen. Ein Atom ist die kleinste Einheit eines Elements. Der Punkt am Ende dieses Satzes enthält viele Milliarden von ihnen!

Obwohl es so winzig ist, besteht ein Atom fast nur aus leerem Raum. Der Rest sind Protonen und Neutronen und weit außen Elektronen. Protonen und Neutronen sind in einem winzigen, sehr dichten Kern des Atoms anzutreffen. Kleine, Elektronen genannte Energiepakete, sausen mit annähernd Lichtgeschwindigkeit auf unterschiedlichen Bahnen um diesen Kern. Der Abstand zwischen den Elektronen und dem Kern ist mehr als 10 000 Mal größer als der Durchmesser des Atomkerns. Wäre der Atomkern so groß wie eine Nadelspitze, so wäre die Elektronenhülle etwa so groß wie der Kölner Dom.

Ein Atom besitzt genau gleich viele Elektronen wie Protonen. Beide sind elektrisch geladen: Elektronen negativ, Protonen positiv. Somit ist das Atom elektrisch neutral. Durch die elektrische Anziehungskraft zwischen Protonen und Elektronen wird das Atom zusammengehalten. Die chemischen Elemente sind je nach ihrer Ordnungszahl im Periodensystem der Elemente charakterisiert durch die Zahl von Protonen im Atom. Mehrere Atome bilden zusammen Moleküle. Während die Elektronen, entsprechend unserem heutigen Kenntnisstand, unteilbare, strukturlose Elementarteilchen sind, bestehen die Neutronen und Protonen aus weiteren, noch kleineren Teilchen, den Quarks. Dabei besteht zwischen der Welt der Quarks und der noch kleineren Planckschen Elementarlänge noch ein respektablem Abstand von rund 18 Größenordnungen, ein Bereich, in den man sich mit Hilfe riesiger Beschleunigeranlagen und Computersimulationen vortastet. Die Erkundung zum Beispiel der „Farben“ von Elementarteilchen als Quantenzahl im Sinne von deren Eigenschaften und ihrer Wechselwirkungen gilt als unterster Grenzbereich aktueller Forschung.

Lebensraum des Menschen

10^0

10^5 Meter

Quarks und ihre „Farben“

Atomkerne sind – so wenig wie Atome – keine unteilbaren Einheiten der materiellen Welt, wenn auch „atomos“ im Griechischen „unteilbar“ heißt. Vielmehr sind Atome eine Art Energieknäuel, die einen Kern aus kleineren Teilchen – den Protonen und Neutronen – besitzen, um die Elektronen herumschwirren. Protonen und Neutronen besitzen wiederum Strukturen und bestehen aus noch kleineren Teilchen, den Quarks, die wiederum von den *Gluonen* zusammengehalten werden.

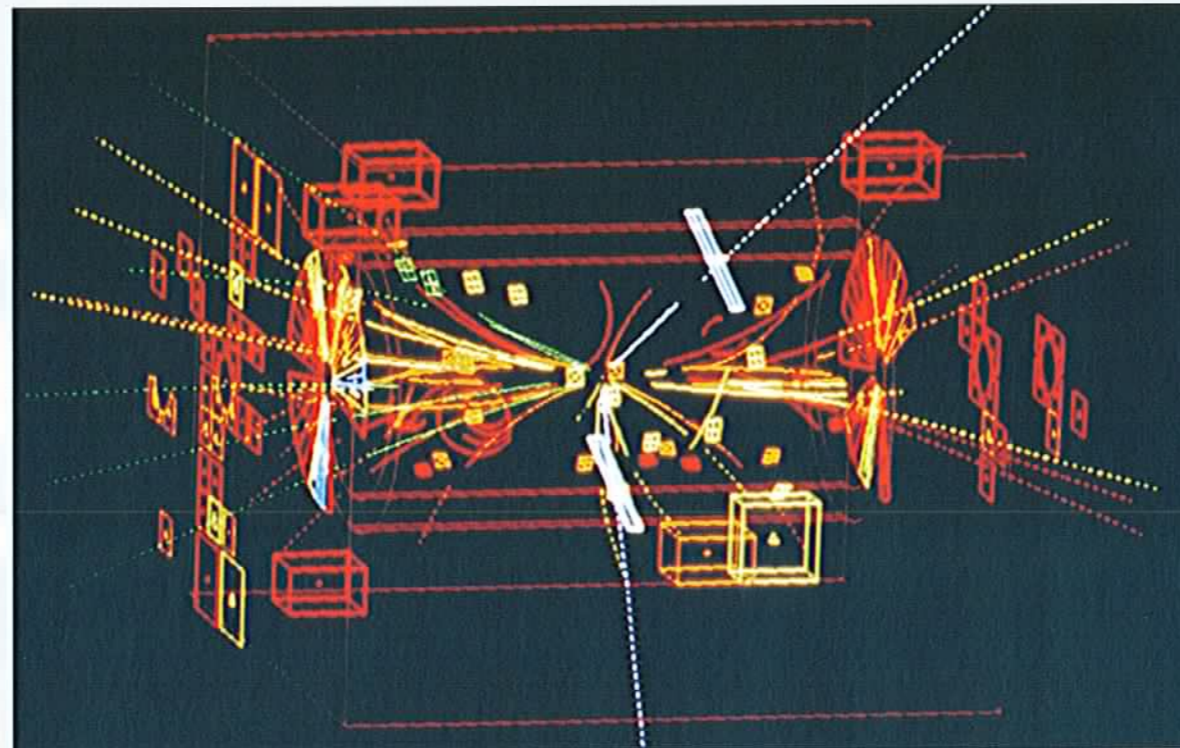
Der Teilchenzoo und die Quarks. Historisch gesehen wurden die Elektronen als erste Elementarteilchen aufgespürt. Mit der Zeit brachten immer ausgefeiltere Instrumente weitere Teilchen ans Licht, die zunächst auch als elementar angesehen wurden. Die wachsende Zahl neuer Teilchen gefährdete die „Einfachheit der Physik“. Rettung brachte ein kühner Einfall: ein zunächst hypothetisches Teilchen namens Quark. Fast alle neu entdeckten Teilchen ließen sich nach einfachen Mustern ordnen, wenn man sie sich als Kombination von sechs verschiedenen Quarks und ihren Antimaterie-Gegenstücken, den Antiquarks, aufgebaut dachte. Die Eigenschaftsmuster nennt man auch die Farben der Quarks. Inzwischen wurde die Existenz der Quarks experimentell nachgewiesen. Mit ihnen hat man nach heutigem Stand der Kenntnis die kleinsten Bausteine des Universums ausgemacht. Allerdings verfolgt man im Fermi-Labor in Chicago unter anderem schon seit Jahren Experimente, um diese „Schallmauer“ zu durchbrechen.

Mit dem so genannten Quark-Gluon-Plasma als einem hochverdichteten, kurzlebigen Materiezustand versucht man am Forschungszentrum CERN in Genf, Bedingungen im frühen Universum – Mikrosekunden nach dem postulierten Urknall – zu simulieren.

Das ist die früheste Zeit, wo sich extreme Teilchenphysik und Kosmologie berühren konnten. Die brennende Frage lautet: Lag ein als Quark-Gluon-Plasma bezeichneter Urzustand der Materie nur im besagten „Urknall“ vor, oder gibt er auch während eines kurzen Zusammenpralls zweier Atomkerne im Teilchenbeschleuniger ein kurzes Intermezzo? In diesem Sinne wäre unsere Generation die erste, die versuchen könnte, sich einen experimentellen Zugang zu dem Zustand der Ur-Materie eines hypothetischen Urknallszenarios zu verschaffen.

Die Frage nach der Gültigkeit von Aussagen in diesem Bereich extremer Energien ist nicht leicht zu beantworten, denn das Quark-Gluon-Plasma ist widerspenstig und lässt sich nur indirekt nachweisen. Schießt man in Teilchenbeschleunigern zwei Atomkerne frontal aufeinander, flammt in der Knautschzone für winzige Bruchteile einer Sekunde ein Mini-Feuerball auf. In ihm sollen theoretisch Zehntausende von Quarks und *Gluonen* enthalten sein. Er ist umso heißer, je mehr Energie die Atomkerne zu Anfang hatten. Durch Expansion und Abkühlung sollen analoge Kondensationsvorgänge ablaufen wie im Großen bei der Entstehung des Weltalls. Ein Weg zurück zum Urknall?

In einem Teilchendetektor werden die Spuren eines Quarks und eines Antiquarks sichtbar.



Als alles begann ...

... nach Urknallvorstellungen

Am Anfang war das Nichts.
Dieses „Nichts“ war so total und gestaltlos,
dass es sich jeder menschlichen
Vorstellungskraft entzieht.

Vor rund 15 Milliarden Jahren
gab es weder Materie noch Strahlung.
Und was noch wichtiger ist:
Es gab keinen Raum;
die Zeit verging nicht.
Beginnt unsere Geschichte damit:
„Es war einmal – als es keinen Raum,
keine Materie und keine Zeit gab.“ ?

Keine Zeit

Zeit ist kein stetiges Vergehen,
das von ewig in der Vergangenheit
bis ewig in die Zukunft dauert.
Der Ablauf der Zeit ist aufs Engste
mit dem Raum und mit der Materie verbunden.
Ihnen ist ein Anfang und ein Ende gesetzt.

Wir können nicht sagen,
was vor einem Urknall geschehen ist.
Wir wissen auch nicht so richtig,
woher ein Urknall gekommen sein soll.
Wird letztlich alles wieder zu einem Endknall zusammenfallen
und so einen erneuten Urknall auslösen?

... nach Schöpfungsvorstellungen

*Am Anfang schuf Gott Himmel
und Erde und die ganze Welt.
Auf der Erde war es noch wüst
und gestaltlos.
Wasserfluten bedeckten alles.*

1. Mose 1, 1

*Der zeitlose Gott existierte
vor der Erschaffung des
sichtbaren Kosmos
„von Ewigkeit her“.
Die Zeit begann erst mit
der Erschaffung des Materiekosmos.*

Anfang ohne Raum

Bevor es den Raum gab,
konnte nichts existieren;
es konnte nirgendwo existieren.
Unser Universum entstand danach
nicht nur aus dem Nichts,
sondern auch aus dem Nirgendwo.
Ein Etwas aus dem Nichts von nirgendwo?

Molekulare Regelkreise sorgen
für die Ausrichtung der Evolution,
ohne von einem Ziel gelenkt zu werden.

Anfang vor der Zeit

*Am Anfang,
bevor die Welt geschaffen wurde,
war er, der das Wort ist.
Er war bei Gott
und in allem Gott gleich.
Von Anfang an
war er bei Gott.*

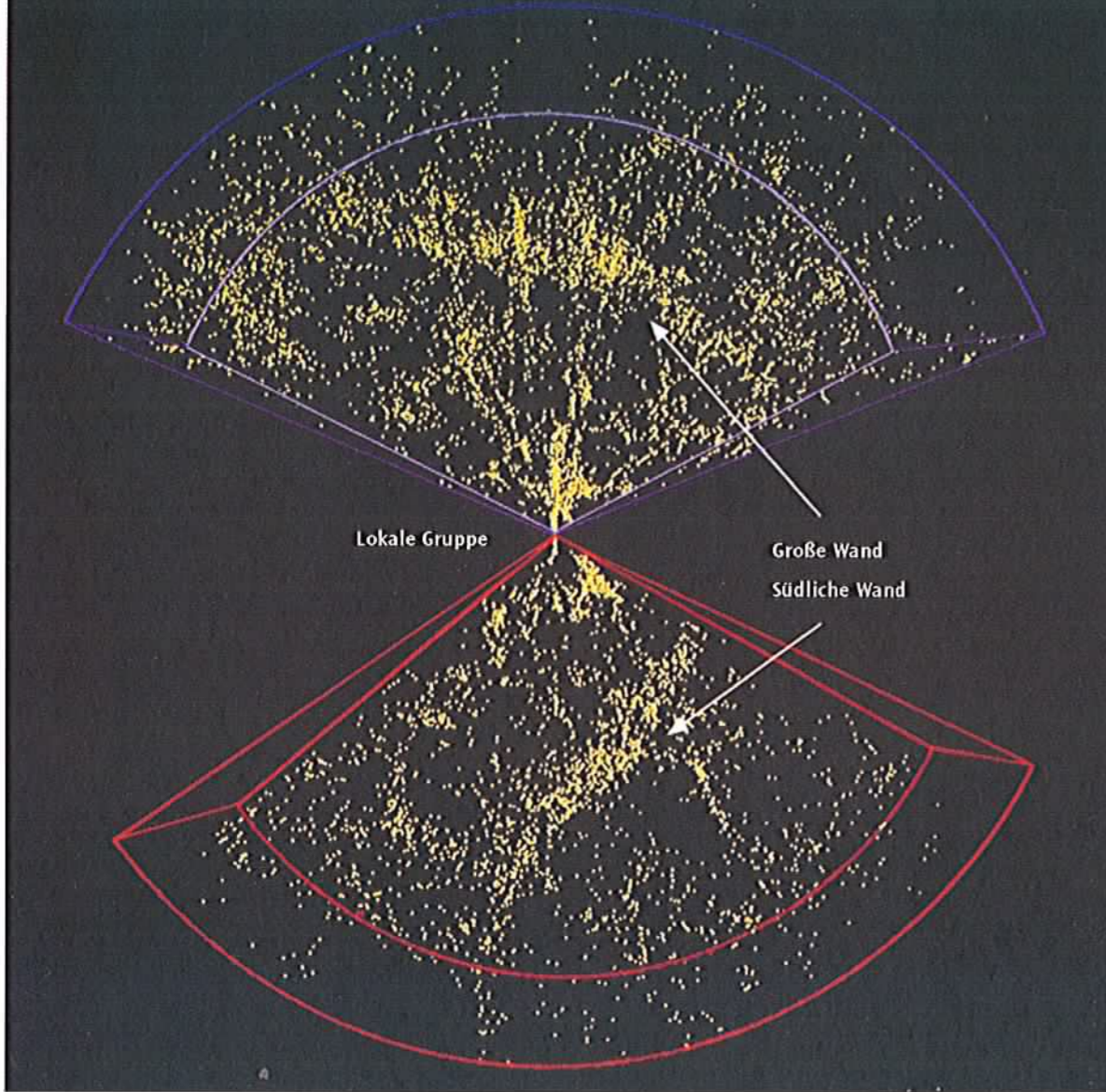
Joh. 1, 1 - 2

Warum?

Die Naturwissenschaft kann die Frage,
warum das Universum entstand,
nicht beantworten.
Warum blieb das ursprüngliche
„Nichts“ und „Nirgendwo“
nicht so, wie es war?
Philosophen und Theologen
haben ihre eigenen Antworten,
die allerdings nie bewiesen
werden können.
Alles, was wir wissen, ist nicht
warum,
sondern dass es geschah.

*Der Zufall
entwirft
keine Pläne.*

Die Frage nach den Anfängen
kann ohne ein Zurückgreifen
auf weltanschauliche oder
philosophische Grundvoraussetzungen
nicht beantwortet werden.



Durch Galaxienzählungen in Verbindung mit Rotverschiebungsmessungen kennen wir die Verteilung der Galaxien im lokalen Universum recht genau: Anordnung tausender Galaxien wie Strickmuster.

Die String-Theorie

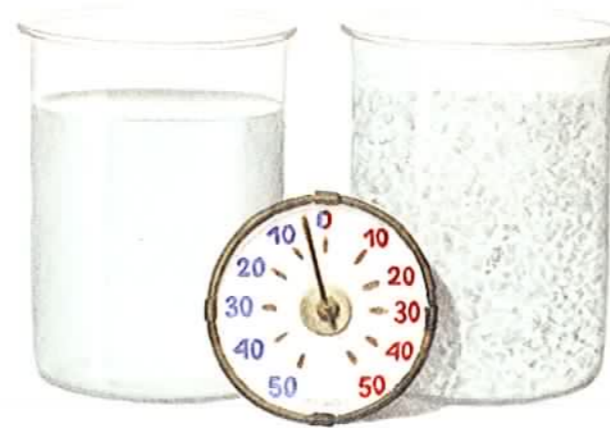
Die String-Theorie ist das Ergebnis der Zusammenarbeit von Elementarteilchenphysikern und Kosmologen Ende der 80er-Jahre. Sie soll die Entstehung von Großraumstrukturen im Universum nach einem Urknallszenario erklären. Hier besteht bis heute eine große Wissenslücke.

Cosmic Strings, also „kosmische Saiten“, bezeichnen Störungen im Vakuum des Raumes, das in der Frühzeit des Universums einen Phasenübergang durchlief.

Strings sind zunächst ein reines Gedankenkonstrukt; sie sollen nicht aus Materie bestehen, sondern sind mit Energie aufgeladener Raum. Sie sollten als „Kondensationskeime“ für spätere Materieansammlungen dienen, wobei sich netzartige Strukturen von Galaxien und Galaxienhaufen gebildet haben könnten. Damit ließe sich erklären, warum zahlreiche Galaxien linear vernetzt angeordnet sind und wie die jüngst entdeckte *Blasenstruktur* des Weltalls zu interpretieren ist. Bei den „Blasen“ im Kosmos könnte es sich um ursprüngliche Räume innerhalb von Stringschleifen handeln.

Der physikalische Nachweis von Strings steht allerdings noch aus. Jedenfalls erhoffen sich die Physiker damit das Schließen einer großen Verständnislücke in einem Urknallszenario: Wie konnten aus einer ursprünglichen „Energiebrühe“ und der Gleichverteilung eines auseinander strebenden Materiefeldes die heute beobachteten Großraumstrukturen entstehen? Ein Übergang, der bislang rätselhaft ist.

Zur Illustration: Reines Wasser kann man in ruhigem Zustand unter den Gefrierpunkt abkühlen, ohne dass es einen Phasenübergang zum Eis durchläuft. Es bleibt dabei flüssig. Doch wenn unterkühltes Wasser gefriert, so laufen Risse quer durch das Eis – ein mögliches Abbild für Strings im Raum, an denen sich Materiestrukturen ausgebildet haben könnten.



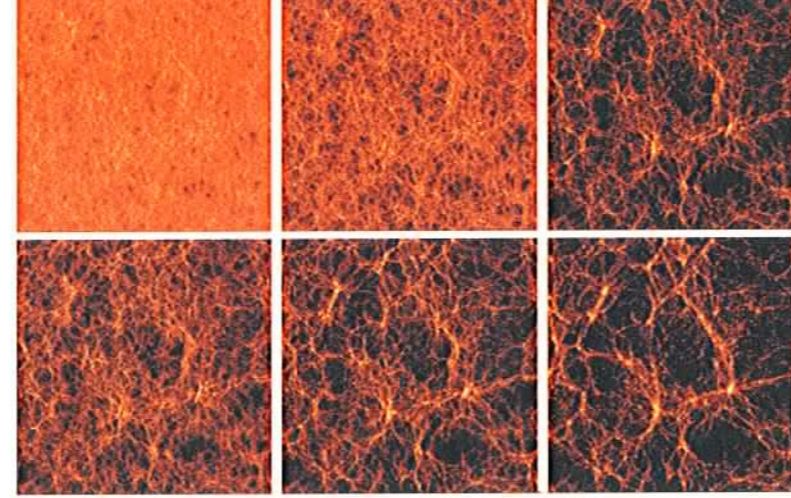
Isaac Newton brauchte Gott noch als eine Art „U(h)r-Macher“ zur Einstellung der Anfangsbedingungen des Kosmos. Der französische Mathematiker Pierre Simon Laplace antwortete auf Napoleons Frage nach Gottes Platz bei seiner Theorie: „Sir, ich brauche diese Hypothese nicht.“

Die Dunkle Materie

Die ersten Strukturen im All wurden geformt von einem hypothetischen Schattenreich – der *Dunklen Materie*. Von welcher Zusammensetzung diese immensen, im All verborgenen Massen sind, stellt noch immer ein Rätsel von buchstäblich kosmischem Ausmaß dar. Bislang gibt es dazu nur gewisse Vermutungen. Bekannt ist den Forschern nur, dass die „Geistmaterie“ nach gängigen Theorien existieren muss und mit über 90% den Löwenanteil des Universums ausmacht. All die Spiralen und Haufen von Galaxien, die Planeten und Sterne, die so schön am Nachthimmel leuchten, sind demnach nur Dekoration: Wie Sahneleckse auf einer riesigen, dunklen Schokoladentorte, so sitzen die leuchtenden Objekte auf der Dunklen Materie. Die Galaxien sind nur Leuchtfeuer vor einem Schattenreich der Dunklen Materie des Alls, wobei die Dunkle Materie als Klebstoff ihre Langzeitstabilität garantieren soll. Ansonsten wäre ein Teil der Materie schon lange aus dem sich zu schnell drehenden Karussell der gewaltigen Feueräder gefallen. Im Rahmen eines kosmologischen Kurzzeitmodells könnte man allerdings auf die Dunkle Materie komplett verzichten.

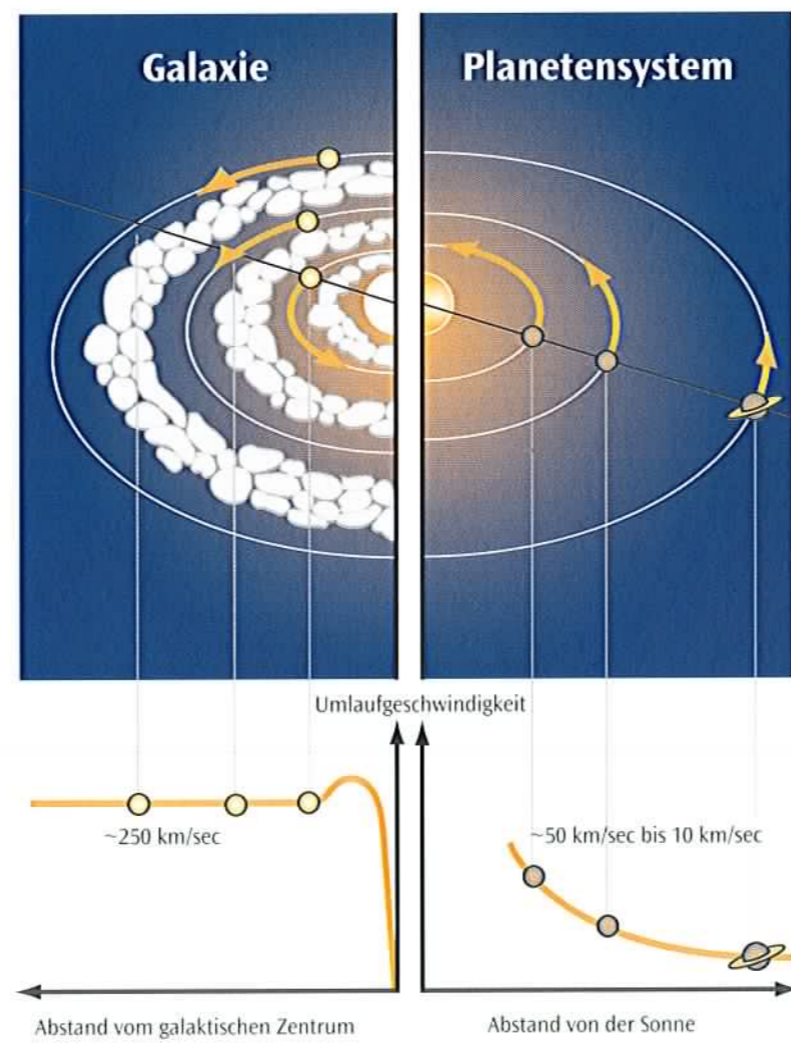
Das Problem hat aber noch eine ganz andere Dimension, und hier berühren wir eine alte Frage der Kosmologie, nämlich die nach der mittleren Materiedichte im Weltall. Geht man von einem Urknall aus, so weiß man bis heute nicht, ob sich das Universum auf Dauer ausdehnt, ob die Expansion einmal zum Stillstand kommt oder ob sie gar in eine Kontraktion umschlagen wird. Alle drei Fälle sind auf S. 16 grafisch dargestellt. Die vorhandene Materie wirkt durch ihre Schwerkraft auf das Auseinandertreiben der Materie als Bremse, die umso stärker greift, je mehr Masse das Weltall umschließt. Der angesetzte hohe Anteil Dunkler Materie wäre ein wichtiger Bilanzposten, und deshalb sind die Massenbestimmungen von Galaxienhaufen von so grundsätzlicher Bedeutung.

Ausladendes Gebäude mit wackligem Fundament. Bei allem Respekt vor den Arbeiten der Kosmologen muss bezüglich der Urknallvorstellungen festgehalten werden: Noch nie ist eine so weit reichende These auf so wackligen Beinen gestanden. Man kennt bis heute nur 5 – 10 % der Materie im Kosmos und möchte mittels nuklearer Astrophysik gleichzeitig Auskunft geben über den Verlauf der „ersten drei Minuten“ (so der Titel des viel zitierten Bestsellers von Ste-



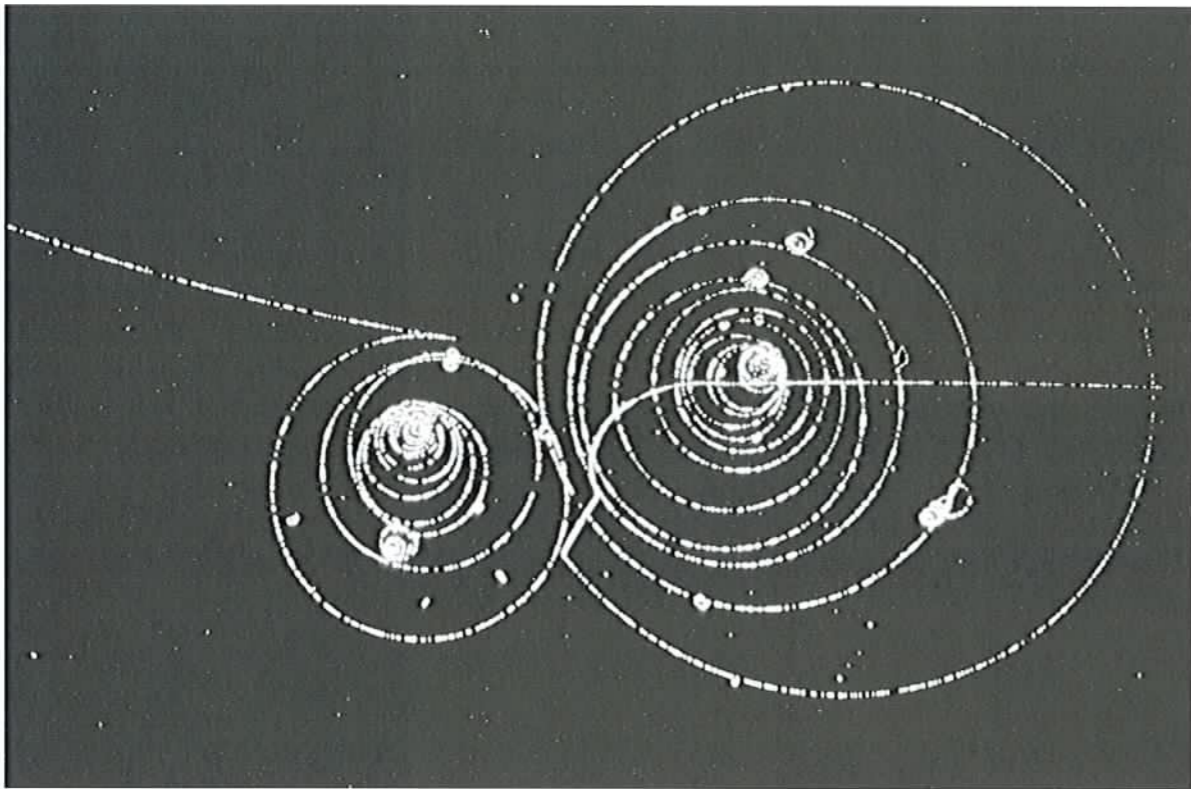
Die zeitliche Entwicklung des Modell-Universums hängt stark von der angenommenen Art der Dunklen Materie ab. Unten, von links nach rechts: Bei „kalter“ Dunkler Materie entsteht ein Kosmos, wie wir ihn heute vorfinden. Oben: Mit „heißer“ Dunkler Materie bilden sich die Strukturen viel zu langsam.

ven Weinberg) des Urknalls! Da kann getrost davon ausgegangen werden, dass es bezüglich der Geschichte des Universums in Zukunft noch Überraschungen geben wird.



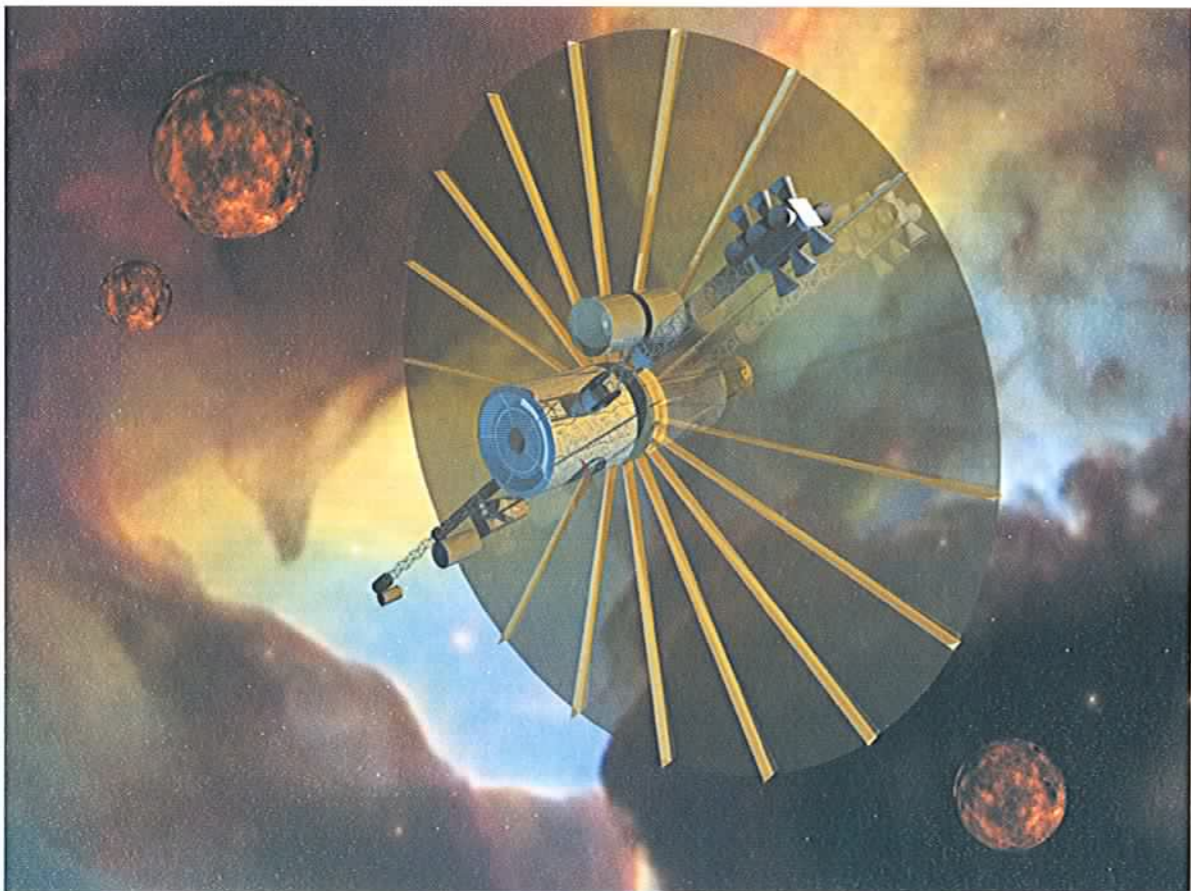
„Die gewöhnliche Materie, aus der auch wir selbst bestehen, ist leider nur eine unbedeutende Beimischung.“

Die Umlaufgeschwindigkeiten im Planetensystem verhalten sich wie erwartet: Äußere Planeten sind langsamer als innere. Die konstante Umlaufgeschwindigkeit in einer Galaxie lässt sich nur mit der Annahme erklären, dass zusätzlich „Dunkle Materie“ vorhanden ist. Sie wird als „Klebstoff“ für den Zusammenhalt der Galaxie gebraucht.



Oben: Nachweis von Materie- und Antimaterieteilchen durch gegenläufig orientierte spiralförmige Bahnen im Magnetfeld einer Blaskammer.

Unten: Mit einem Materie-Antimaterie-Antrieb wären interstellare Weltraumflüge möglich.



Materie und Antimaterie – die Unwucht der Welt

Die *Quantentheorie*, mit deren Hilfe Physiker die Teilchen und ihre Wechselwirkungen im Innern von Atomen beschreiben, stellt ein hoch abstraktes mathematisches Gedankengebäude dar. Aber sie bietet eine funktionierende Theorie, deren Aussagen bei der Beschreibung vieler Phänomene, wie zum Beispiel der Funktion von Transistoren, Halbleitern oder von *Supraleitern*, zur Anwendung kommen.

Die Quantentheorie gelangt unter anderem zu dem verblüffenden Ergebnis, dass jedem Teilchen ein Antiteilchen – eines von entsprechender Masse, aber umgekehrter Ladung – zugeordnet werden kann. Obwohl unsere Welt nahezu vollständig aus Materie besteht, tauchen in den Detektoren der Teilchenphysiker – etwa in *Blaskammern* – häufig Antimaterieteilchen auf. Tritt zum Beispiel ein *Photon* in eine Blaskammer ein, kann es sich durch Wechselwirkung mit einem Atomkern spontan in ein Elektron und dessen Antimaterie-Entsprechung, ein *Positron*, verwandeln. Beide schießen auseinander, denn ihre unterschiedliche Ladung zwingt sie in einem starken Magnetfeld auf entgegengesetzt verlaufende Spiralen. Wegen des zu erwartenden Symmetrieverhaltens entstehen immer Paare von Teilchen.

Wenn jedem Teilchen ein Antiteilchen entspricht, dann hätten diese nach einem Urknall auf engstem Raum in gleicher Anzahl aus Photonen gleichzeitig entstehen müssen. Kurz nach einem Urknall herrschte damit ein Gleichgewicht zwischen Photonen und Teilchen-Antiteilchen-Paaren. Als sich später das Universum zunehmend abkühlte, konnten keine neuen Teilchen-Antiteilchen-Paare mehr entstehen, sodass sich der Großteil der Materie wieder in Licht umwandelte. Da jede gegenseitige Begegnung dieser Paare eine Zerstrahlung zur Folge haben muss, ist es schlechthin verwunderlich, dass überhaupt Materie übrig blieb. Eigentlich wäre aufgrund des Zerstrahlens ein „Lichtkosmos“ – ein Raum, in dem es nur Licht gibt – viel wahrscheinlicher gewesen, als ein „Materiekosmos“. Unser materieller Kosmos hätte aufgrund von Urknallvorstellungen nur durch eine „Symmetriebrechung“ entstehen dürfen, also einer anfänglichen Unwucht oder Unsymmetrie zugunsten von Materieteilchen. Woher soll diese gekommen sein? Jedenfalls hät-

ten wir aus dieser Sicht diesem „Webfehler“ der Natur unsere Existenz, die der Erde und sämtlicher Objekte im Kosmos zu verdanken. Diese Vorstellung lässt zudem erwarten, dass es neben unserem Materiekosmos noch einen Antimateriekosmos gibt. Entdeckt wurde er noch nicht. Wäre er unserem System benachbart, so könnte bzw. sollte er sich durch Strahlungsblitze am Randbereich bemerkbar machen. Astronomen haben bislang erfolglos nach dieser verheißungsvollen Strahlung gesucht.

Eine aus Antimaterie bestehende Andromeda-Galaxie würde genauso aussehen wie eine aus Materie. Dasselbe würde für Menschen gelten. Aber man sollte seinem Antimaterie-Gegenüber lieber nicht die Hand schütteln!

Was die Materie im Innersten zusammenhält

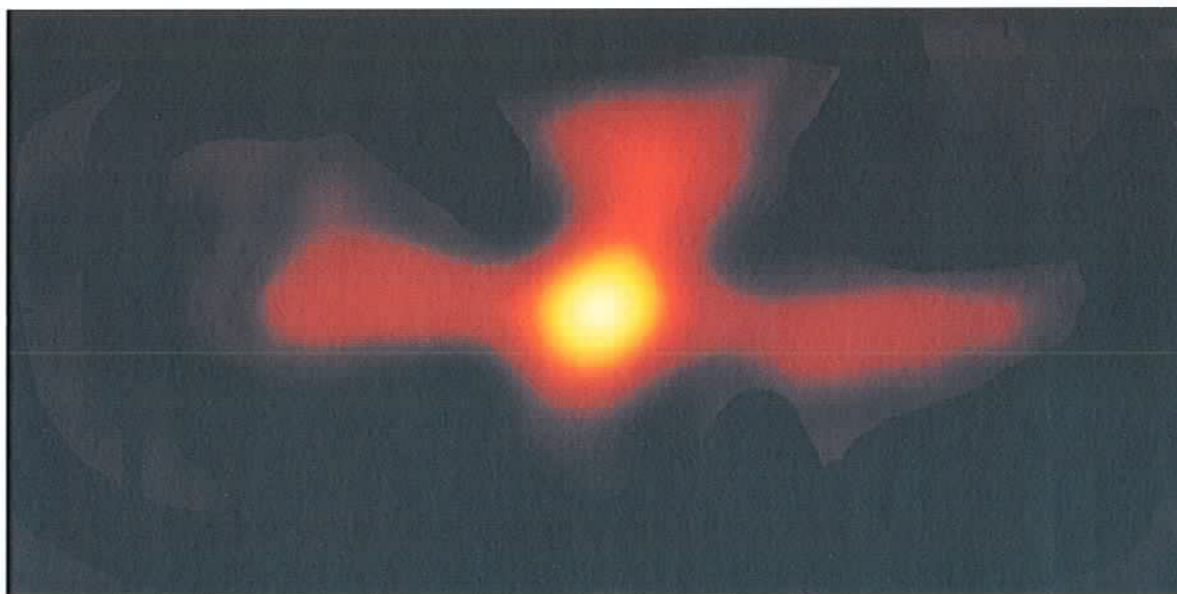
Materie unterliegt vier Wechselwirkungen, die unterschiedliche Stärke und Reichweite haben. Dabei wirken die Kräfte auch im leeren Raum, als würden sich die Teilchen gegenseitig irgendwie bemerken. Heute geht man davon aus, dass eigene „Botenteilchen“ die Wechselwirkung von einem Teilchen zum anderen übermitteln. Sie wirken wie ein Ball, den eine Person einer anderen zuwirft. So transportieren die Gluonen als Botenteilchen die Kraft zwischen Quarks. Zwei Elektronen stoßen sich einander durch die elektromagnetische Kraft ab, die von virtuellen Photonen vermittelt wird. Man kann sich diese Photonen als Botschafter vorstellen, die zwischen Materieteilchen die Nachricht von der Kraft vermitteln, auf die sie dann reagieren. In den Weiten des Raumes bildet die Gravitation die dominante Kraft. Über immense Entfernungen beherrscht sie zum Beispiel die Formation von Sternen in Galaxien. Hier geht man von *Gravitonen* als Botenteilchen aus; ihr Nachweis steht aber noch aus.

Die unvorhersagbare Wirklichkeit

Die Naturwissenschaft will und kann Gott nicht nachweisen. Gemäß ihrer Methodik muss sie kausale Zusammenhänge voraussetzen und suchen – als ob es Gott nicht gäbe. Wird kein kausaler Zusammenhang gefunden, ist damit sicher nicht die Existenz Gottes bewiesen. Ein solcher Fall ist mit der Entdeckung der quantenmechanischen Unschärfe eingetreten und wurde nun als Zufallsprozess ohne Erklärung in das physikalische Gebäude aufgenommen.

Lange Zeit ist man von der Vorstellung ausgegangen, dass die Natur nichts anderes sei als eine Art Uhrwerk, ein Mechanismus, dessen Abläufen und Funktionieren in jeder Einzelheit mathematisch vorausberechenbar sei. Dieses mechanistische Weltbild war nicht von vornherein atheistisch gestimmt; man konnte in seiner Perfektion die Weisheit des Schöpfers sehen. Aber in dem Maß, als dabei der Mechanismus methodisch und sachlich auf sich selbst gestellt wird, wird er zur unerreichbaren Vorgabe, wodurch das Bild von Gott und seinem Handeln auf zwei Alternativen festgemacht wird: Der „U(h)rmacher Gott“, der einen intelligenten Anfang setzte und sich dann von der Szene verabschiedete oder die der Welt ewig innewohnende Kraft. Aber aufgrund weiter gehender Forschung musste man dieses rein mechanistische oder deterministische Weltbild verwerfen.

Entdeckung einer leuchtenden Wolke im inneren Bereich unserer Galaxie, die für eine Antimaterie-Wolke gehalten wird. Ergebnis des Osse-Experiments auf dem Compton Gamma-Ray Observatory CGRO.





Kolibri

So führten Werner Heisenbergs Befunde zu der Aussage, dass atomare Vorgänge nicht beliebig genau vorherzusagen sind. Er hat für diese Genauigkeit in seiner Unschärferelation eine obere Schranke angegeben. Sie sagt mit anderen Worten aus: Bestimmt man mit einer beliebig hohen Genauigkeit den Ort eines atomaren Teilchens, so ist die Aussage über seinen Impuls beliebig ungenau. Dasselbe gilt auch umgekehrt. Dazu ein Beispiel: Eine Scheibe hat ein feines Loch. Auf dieses fliegt ein atomares Teilchen zu und zwar mit genau bekanntem Impuls. Dahinter steht ein Auffangschirm. Wo wird das Atom auftreffen? Der Laie denkt: Natürlich an der dem Loch gegenüberliegenden Stelle. In Wirklichkeit lässt sich jedoch der Ort wegen der Heisenbergschen Unschärfe nicht genau vorhersagen.

Die Unschärfe von Messungen im Reich der Atome lässt sich grob mit dem Fotografieren schnell bewegter Objekte vergleichen. Man kann die Geschwindigkeit eines Kolibriflügels durch lange Belichtungszeit dokumentieren, bei der die Flügel verwischt erscheinen. Dann ist es allerdings unmöglich, die Lage des Flügels genau zu zeigen. Dazu ist eine kurze Belichtung erforderlich, die die Flügelbewegung einfriert, aber dann keine Information mehr über die Geschwindigkeit der Bewegung liefert.



Das seltsame Verhalten instabiler Atome

Es gibt Atome, die nicht stabil sind. Sie zerfallen mit 50%iger Wahrscheinlichkeit in einer von uns inzwischen bestimmbar Zeit, der Zerfallszeit, oder der so genannten Halbwertszeit. Es ist aber beileibe nicht so, dass ein einzelnes Atom, das ich beobachte und dessen Halbwertszeit ich kenne, genau in dieser für das spezielle Atom typischen Zeit zerfällt. Es kann in wenigen Minuten zerfallen, es kann aber auch Millionen Jahre dauern, ohne dass ich irgendwie eingreifen könnte. Erst dann, wenn ich eine große Anzahl von bestimmten Atomen beobachte, kann ich die Halbwertszeit bestimmen und damit eine Wahrscheinlichkeit angeben, mit der ein Atom zerfällt.

Dabei ist bemerkenswert, dass im Reich der Atome zu unserer Überraschung eine Art „Entscheidungsunbestimmtheit“ bzw. „Ent-

scheidungsfreiheit“ vorliegt. Wir haben ein Geschehen entdeckt, das nicht deterministisch zwanghaft abläuft und somit exakt für einzelne Atome vorherbestimmt werden kann.

Diese in der Physik entdeckte Eigenschaft der Natur hat Parallelen in der Theologie. Sie weist uns auf die persönliche Freiheit des Individuums hin, in die Gott jeden stellt. Wer aber zu ihm kommt, den wird er nicht verwerfen. Der Mensch ist nicht in ein schicksalhaftes, deterministisches Gefüge hineingeworfen, sondern in eine Entscheidungsfreiheit gestellt. Dies gilt als universelles Prinzip.

Dualismus – Doppelleben des Lichts

In den frühen Jahren des 20. Jahrhunderts entdeckten Physiker, dass Erscheinungen wie Teilchen auch Eigenschaften von Wellen und umgekehrt haben können. So kann Licht, mit dem man die Vorstellung von Wellen verbindet, in einem Experiment gleichzeitig auch den Charakter von Teilchen zeigen.

Damit kommen wir zu einem weiteren, entscheidenden Merkmal unserer Wirklichkeit. Es ist die durchaus bemerkenswerte Tatsache, dass manchen Eigenschaftsträgern Eigenschaften zugeordnet werden müssen, die im krassen Gegensatz zueinander stehen, und dass erst in dieser zweifachen Zuordnung das Verhalten des betreffenden Eigenschaftsträgers vollständig beschrieben wird. Die beiden Aussagen ergänzen sich, indem sie sich widersprechen, bzw. sie widersprechen sich, indem sie sich ergänzen.

So ist es zwar für unser Denken unvereinbar, dass Licht zugleich Welle und Teilchen ist. Doch Experimente fordern genau dies. Der Dualismus des Lichts ist für unser Denken eine widerspenstige Größe.

Es ist bemerkenswert, dass wir mit dem Formalismus unserer Mathematik trotz unseres Unvermögens, sich den Sachverhalt vorzustellen, das Verhalten des Lichts doch vollständig beschreiben können. Mehr kann man von einer Theorie nicht erwarten. Die offene Frage bleibt, ob wir deshalb auch seine Natur richtig erfasst haben.

Manipulation im atomaren Bereich

Licht im optischen Wellenlängenbereich kann die Strukturen des Atoms nicht mehr auflösen. Trotzdem ist es möglich geworden, bildliche Darstellungen von Atomen zu erzeugen. Wissenschaftler haben seit mehr als 20 Jahren unterschiedlichste Methoden entwickelt, um die atomare Struktur von Oberflächen sichtbar zu machen. Mit neuen Mitteln der Technik gelingt es mittlerweile, individuelle Atome von Oberflächen abzubilden und sie teilweise sogar direkt zu manipulieren. Genau genommen sieht man die Einhüllende der äußeren Elektronenschalen, beziehungsweise deren elektrische Felder.

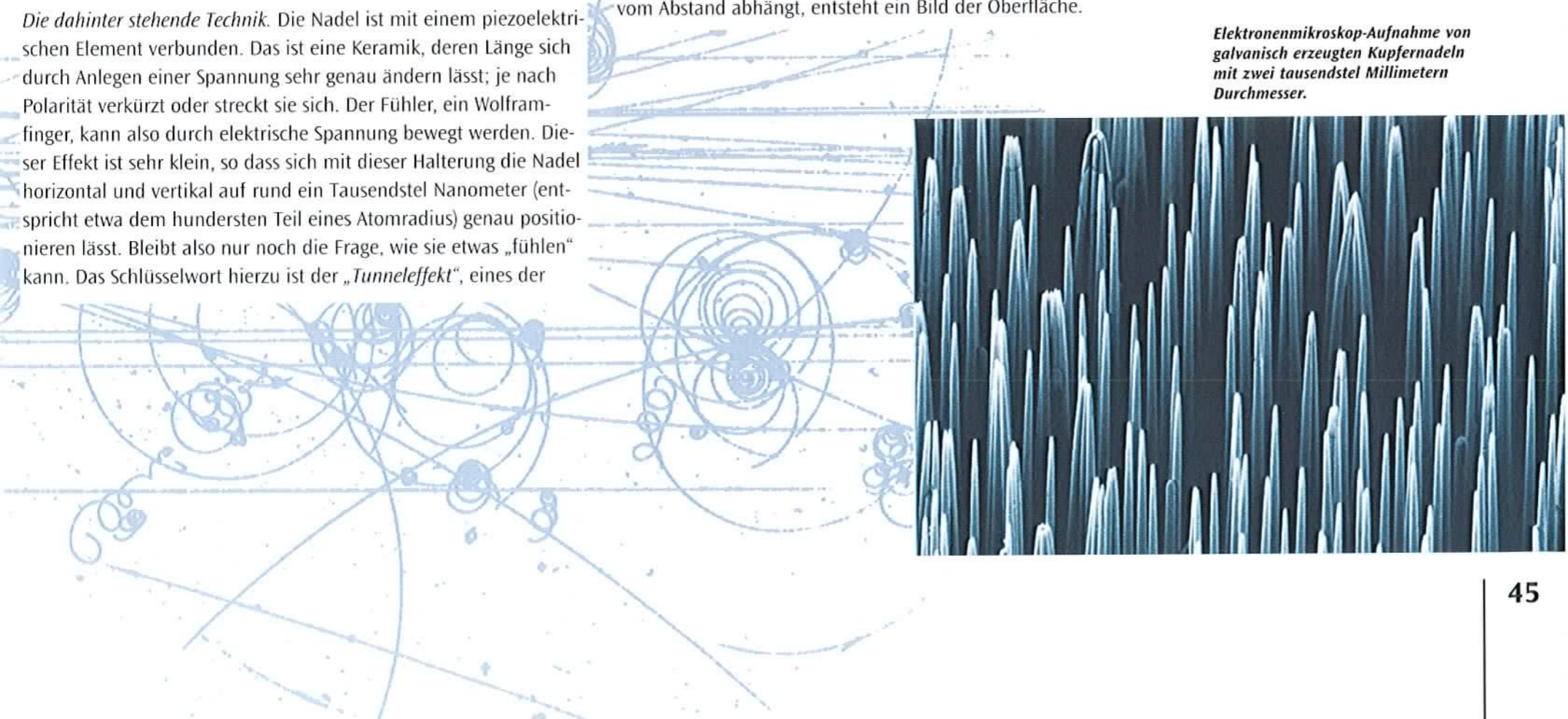
Das Spezialmikroskop für den atomaren Bereich, das so genannte Rastertunnelmikroskop, erzeugt seine Bilder auf eine radikal neue Weise und schon gar nicht wie ein Licht- oder Elektronenmikroskop. Es benutzt im Prinzip eine haarfeine Nadelspitze – fast wie die Nadel eines konventionellen Plattenspielers –, welche beim elektronischen Abtasten der Tunnelströme ein dreidimensionales Bild erzeugt.

Die dahinter stehende Technik. Die Nadel ist mit einem piezoelektrischen Element verbunden. Das ist eine Keramik, deren Länge sich durch Anlegen einer Spannung sehr genau ändern lässt; je nach Polarität verkürzt oder streckt sie sich. Der Fühler, ein Wolframfinger, kann also durch elektrische Spannung bewegt werden. Dieser Effekt ist sehr klein, so dass sich mit dieser Halterung die Nadel horizontal und vertikal auf rund ein Tausendstel Nanometer (entspricht etwa dem hundertsten Teil eines Atomradius) genau positionieren lässt. Bleibt also nur noch die Frage, wie sie etwas „fühlen“ kann. Das Schlüsselwort hierzu ist der „Tunneleffekt“, eines der

Phänomene, das man erst mit Hilfe der Quantenmechanik versteht: Die Wolframnadel besteht aus einzelnen Atomen, zu denen jeweils eine bestimmte Anzahl von Elektronen gehört. In der klassischen Physik hätte ein Elektron genau bestimmte erlaubte Orte in der Sondenspitze. Zwar kann sich ein Teil dieser Elektronen quasi frei in der gesamten Nadel bewegen, außerhalb von ihr können sie aber nicht sein; es ist ihnen „verboten“. Nach der *Quantentheorie* hält sich ein Elektron jedoch mit einer gewissen Wahrscheinlichkeit auch außerhalb der Oberfläche auf. Ist nun die Spitze dicht über der Kupferoberfläche – in der sich ebenfalls eine große Anzahl von Elektronen tummelt, ohne diese jedoch zu berühren – so sollte man meinen, dass stets „Nadelelektronen“ in der Nadel und „Kupferelektronen“ im Kupfer bleiben. Aber tatsächlich kann ein Elektron zwischen Nadel und Kupfer hüpfen; es „untertunnelt“ den „verbotenen“ Zwischenraum. Wie häufig das geschieht, hängt natürlich von dem Abstand der Spitze von der Kupferoberfläche ab: Je dichter sie beisammen sind, desto leichter fällt der Wechsel. Wenn zusätzlich eine Spannung anliegt, dann schlüpfen mehr Elektronen in die eine Richtung als in die andere, je nachdem, ob sie „mit“ oder „gegen“ die Spannung tunneln. Es fließt damit ein Strom, den wir Tunnelstrom nennen. Da dieser sehr empfindlich vom Abstand abhängt, entsteht ein Bild der Oberfläche.

„Wer von der Quantenmechanik nicht schockiert ist, hat sie nicht verstanden.“
Niels Bohr, Nobelpreisträger

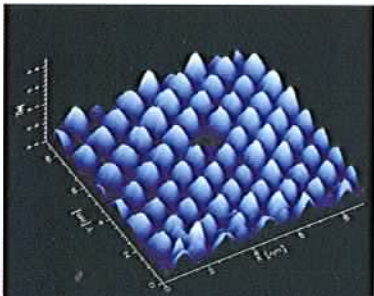
Elektronenmikroskop-Aufnahme von galvanisch erzeugten Kupfernadeln mit zwei tausendstel Millimetern Durchmesser.



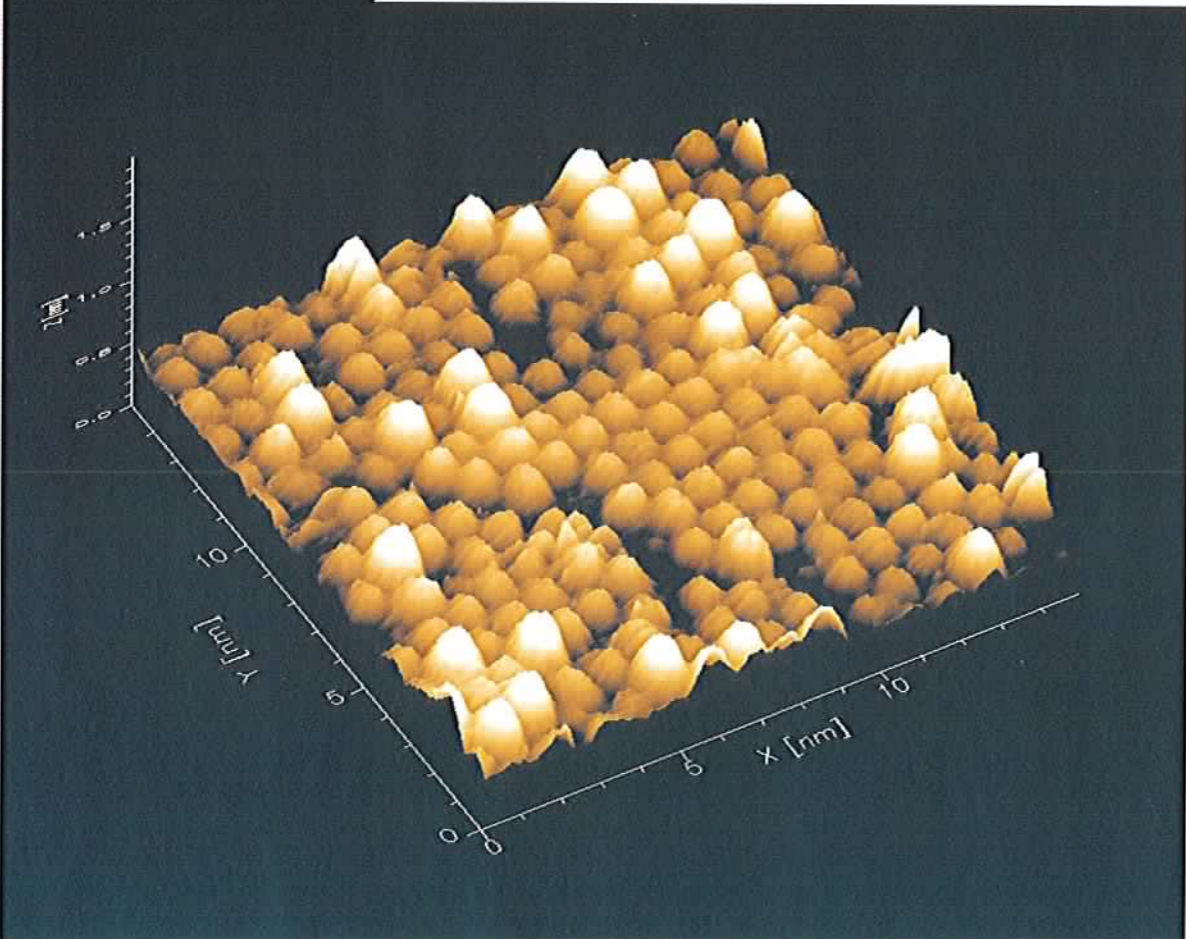
Das Prinzip „Blindenschrift“. Um die Funktionsweise dieser Raster-Tunnel-Elektronenmikroskop genannten Spezialeinrichtung zu verstehen, muss man alles vergessen, was man sonst von Mikroskopen her kennt. Sein Prinzip beruht darauf, dass – wie bei der Blindenschrift – abgetastet wird, d. h. nach Mustern von Mulden und Erhebungen gelesen wird. So hat man sich eine Oberfläche nicht als

**Blindenschriftalphabet
nach Louis Braille**

Rastertunnel-Mikroskopbild einer auf einer Goldoberfläche aufgedampften Schicht von Kohlenstoff C_{60} und C_{70} . Man erkennt die kugelförmige Struktur einzelner C_{60} -Cluster (60 einzelne Atome) und die ovale Form individueller C_{70} -Cluster.



•	•	•	•	•	•	•	•	•	•
•	•	•	•	•	•	•	•	•	•
A	B	C	D	E	F	G	H	I	J
•	•	•	•	•	•	•	•	•	•
•	•	•	•	•	•	•	•	•	•
K	L	M	N	O	P	Q	R	S	T
•	•	•	•	•			•	•	•
•	•	•	•	•			•	•	•
U	V	X	Y	Z			ß,ss	ST	
•	•	•	•	•			•	•	•
•	•	•	•	•			•	•	•
AU	EU	EI	CH	SCH			Ü	Ö	W



strukturlose Ebene vorzustellen, auch wenn sie plan geschliffen und fein poliert ist, denn sie ist aus einzelnen Atomen aufgebaut. Durch ein geeignetes Verfahren lassen sich zum Beispiel Kupferstücke, so genannte Einkristalle, herstellen, in denen die Kupferatome vollkommen periodisch angeordnet sind: Von jedem Atom im Kristallinnern sieht die Umgebung gleich aus. Nun lassen sich – mit dem Rastertunnelmikroskop als Kran – Atome in Mustern, z. B. Buchstaben, anbringen, deren Größe etwa sechs Nanometer ist, wobei ein Nanometer der millionste Teil eines Millimeters ist.

Hätte man es sich zur Aufgabe gemacht, den Inhalt des Telefonbuchs einer Großstadt – etwa eine Million Adressen und Telefonnummern – mit dieser Methode abzuschreiben, so würde eine Kupferfläche von der Größe des Querschnitts eines Haares genügen.

Wäre der Experimentator so klein wie ein durchschnittliches Schnupfenvirus von rund 25 Nanometern Durchmesser, so wären Kohlenmonoxidmoleküle für ihn so groß wie Murmeln für einen normal großen Menschen: Er könnte die CO-Moleküle per Handertasten und verschieben. So aber braucht man ein Rastertunnelmikroskop; es ist sozusagen ein „atomarer Finger“ mit extremer Feinmotorik. Dabei ist der Finger nichts als eine hochfeine, skalpellartige Wolframnadel mit einer sehr scharfen Spitze, die idealerweise in nur einem Wolframatom endet.

Man erwartet, der Mensch werde einmal mit Atomen hantieren, als spiele er mit Legosteinen.

Kalt gestellte Atome. Wärme bedeutet Bewegungsenergie: Je wärmer unser Kupfer ist, umso mehr zappeln und diffundieren die Atome auf der Oberfläche, und ein mit Mühe an den vorgesehenen Ort gebrachtes Atom oder Molekül bleibt dort mitnichten ruhig sitzen, sondern es hüpfert sofort weiter auf einen anderen Platz. Es hat zu viel Energie und muss schlicht kalt gestellt werden, wozu man bis auf minus 260°C abkühlen muss. Bei minus 273°C als der tiefsten prinzipiell erreichbaren Temperatur, sind alle molekularen Bewegungen erstarrt und gleich null. Noch tiefere Temperaturen können nicht existieren und sind damit nicht herstellbar.

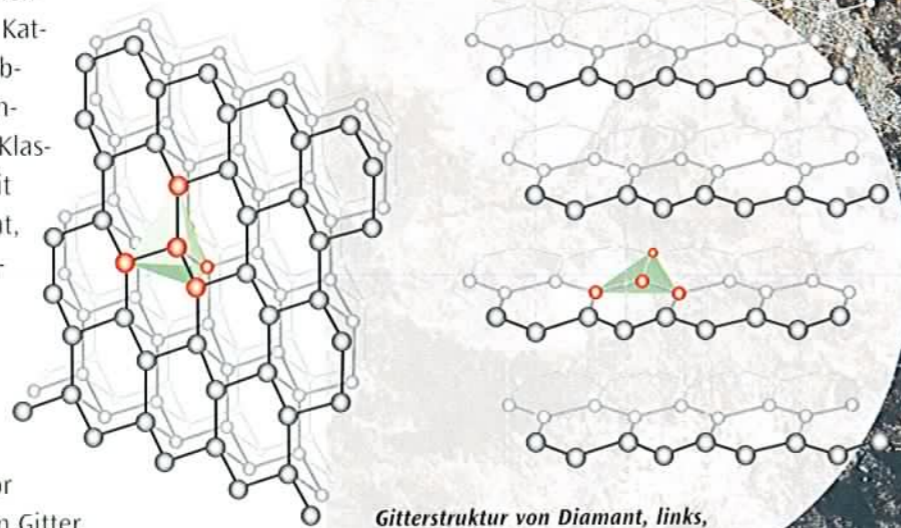
Zauberwelt der Mineralien

Unsere Kenntnisse von Mineralien in der Erdkruste verdanken wir Steinbrüchen, Kiesgruben, Straßen- und Tunneldurchbrüchen; sonst wären die von einer Humus- und Erdschicht bedeckten Mineralienkomponenten nicht zu erkennen. Einen tieferen Einblick gewähren Bergwerke. Die tiefsten Schächte finden sich in den Goldminen im Witwatersrand-Gebiet bei Johannesburg in Südafrika. Sie führen in Tiefen von rund 3 500 Metern hinab. Dazu kommen Bohrungen von rund 9 000 Metern Tiefe als bisher tiefste Kontinentalbohrungen z. B. im bayrischen Windischeschenbach. Dass wir in noch tiefere Bereiche schauen können, verdanken wir Vorgängen der Erdgeschichte, die uns durch Faltungen und Verwerfungen auch tiefer gelegene Bereiche zugänglich gemacht haben.

Verglichen mit dem immensen Artenreichtum der Tier- und Pflanzenwelt ist die Zahl der bislang bekannten und einwandfrei definierten rund 2 500 Mineralienarten auffallend gering. Allein die Vielfalt der Insekten mit über 800 000 Arten, der Fische mit über 25 000 Arten und der Samenpflanzen mit etwa 170 000 Arten übertreffen alle Mineralienarten um ein Vielfaches. Dennoch begegnen wir in der Zauberwelt der Mineralien einem regelrechten Schatzkästchen unserer Erde. Die Kristallkunde behandelt den kristallinen Zustand der Materie. Im Unterschied zu Gasen und Flüssigkeiten sind die Kristalle durch eine streng gesetzmäßige Anordnung ihrer atomaren Bauteile gekennzeichnet.

Kristalle gibt es in einer verwirrenden Formen- und Farbvielfalt, von Pyritwürfeln, auch Katzensgold genannt, bis zum silberroten Molybdänglanz. Je nach Anordnung der aufbauenden Atome können Kristalle in bestimmte Klassen eingeteilt werden. Der schmierige Grafit wie auch das härteste Mineral, der Diamant, verdanken ihre Eigenschaften dem Bauplan ihrer Kristallstruktur.

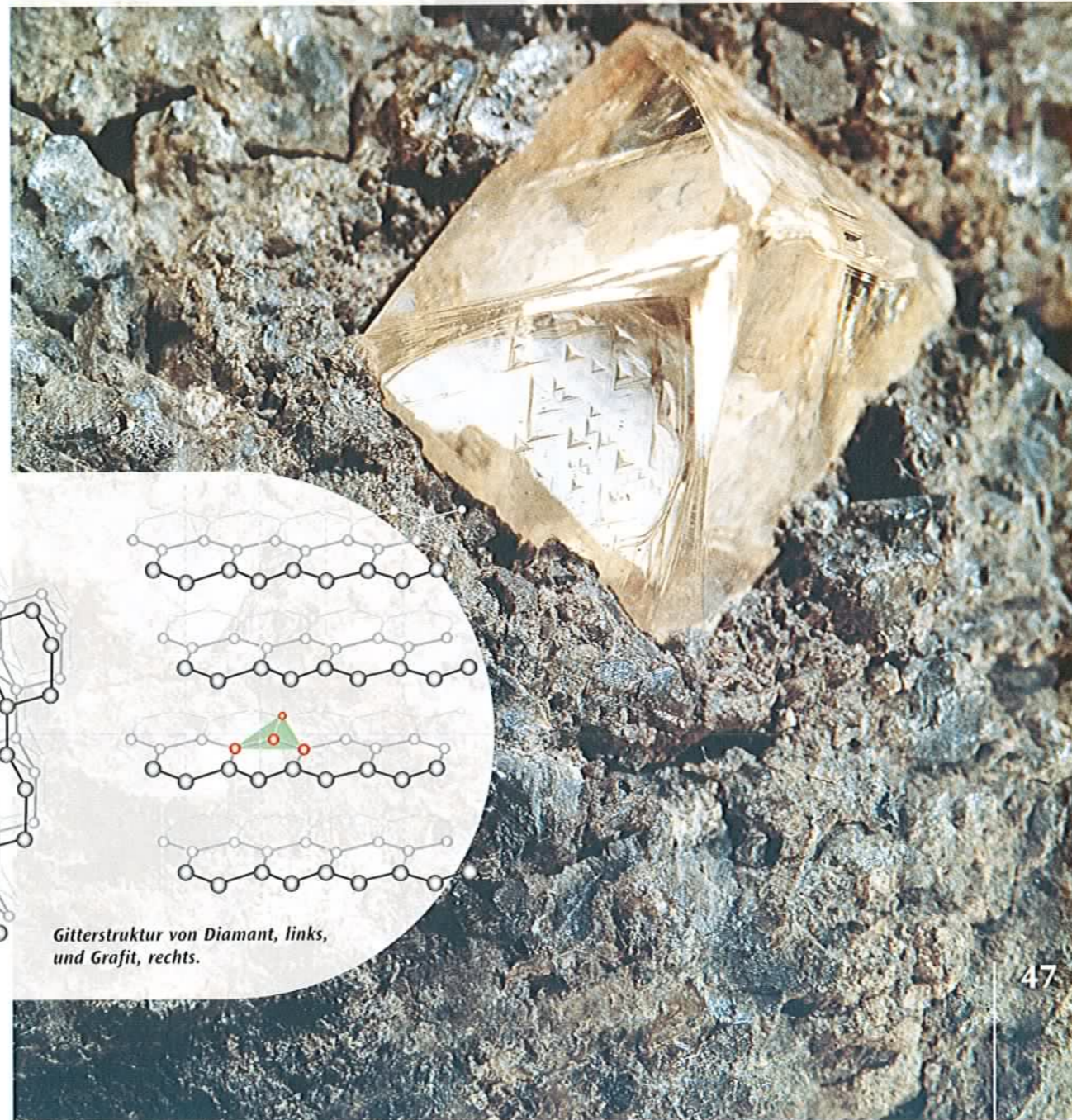
Was unterscheidet ein Grafit- von einem Diamantgitter? Ein Mineral erlangt seine physikalischen Eigenschaften nicht nur durch den chemischen Aufbau, sondern vor allem durch die Art der Atomanordnung im Gitter.



Gitterstruktur von Diamant, links, und Grafit, rechts.

So besteht das härteste natürlich vorkommende Mineral, der Diamant, aus dem gleichen Kohlenstoff wie der viel weichere Grafit. In dessen Schichten mit sechseckig angeordneten Atomen sind die Bindungen sehr stark, die Verbindungen zwischen den gegeneinander gleitfähigen Schichten sind jedoch nur wenig stabil.

Im Diamant sind alle Kohlenstoffatome durch starke Bindungskräfte zu einer einzigen, sehr kompakten Struktur verbunden. Alle Atome sind sich gleich nahe. Durch die hohe Symmetrie seiner tetraedrischen Atompackung ist damit der Diamant außerordentlich dicht und erreicht mit Härte 10 die höchste Stufe auf der Härteskala nach Mohs.

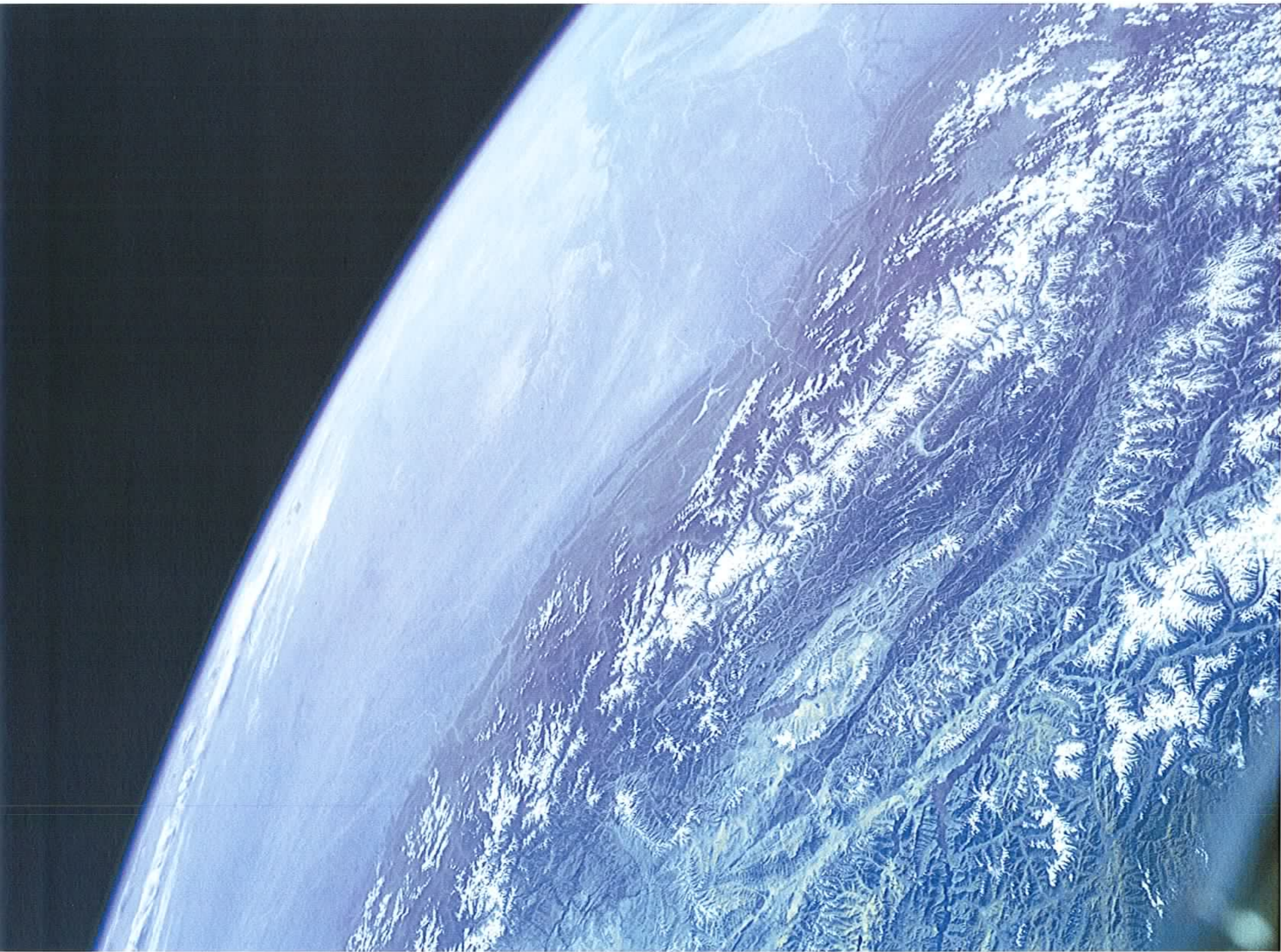


4



Der Blaue Planet

Im Zentrum der Ökosphäre





Ob der schönen Klänge, die immer wieder an ihre Ohren drangen, gelüstete es eines Tages ein kleines, aufmüpfiges Mäuschen sich doch einmal über den Mäuse-Ereignishorizont hinaus, näher an den Klavierspieler heranzuwagen. Am liebsten hätte es gewusst, wie es selbst auch zusätzlich zu seinem Piepsen so schöne Töne machen könne. Aber das erschien ihm dann doch etwas verwegen. Jedes Mal jedoch, wenn die ersten Töne erklangen, sagte es: „Hört nur, das ist der unsichtbare Klavierspieler über uns.“ Es hatte ihn so richtig ins Herz geschlossen und schmolz förmlich dahin. Deshalb träumte es von einer richtigen Mäusevilla direkt im Klavierkasten jenseits des Dielenbodens, jedenfalls irgendwo, wo man dem Meister dieser herrlichen Musikwelt näher war, ohne gleich entdeckt zu werden.

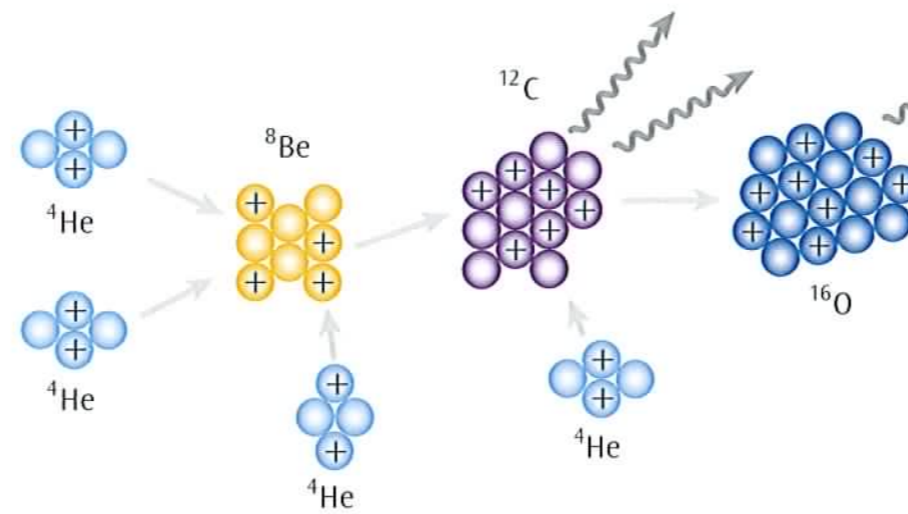
Das Leben

Der Schritt vom einzelnen Atom zur Komplexität, die schon ein einfachstes Lebewesen hat, ist unvorstellbar groß und über weite Strecken unbekannt. Es ist deshalb unseriös, zu verbreiten, dass bei Vorhandensein der nötigen Zutaten plus Wasser plus Sonne oder Blitze als Energiequelle Lebensentstehung unvermeidlich ist. Dass es auf der Erde Leben gibt, wird durch die Naturgesetze sicher nicht erzwungen! Eine Wunschvorstellung wird nicht dadurch realer, dass sie immer wiederholt wird.

Der bekannte Astrophysiker Fred Hoyle hat dazu bemerkt, dass die Entstehung des Lebens mindestens so unwahrscheinlich sei wie der zufällige Zusammenbau eines Jumbojets aus dessen Einzelteilen auf einem Schrottplatz. Diese Unwahrscheinlichkeit ist in der Tat so groß, dass sie einem Ausschluss gleichkommt. Und sie ist noch viel größer für die Entstehung komplexerer Lebewesen und des Menschen. Verschiedene Naturwissenschaftler haben vor dieser Problematik kapituliert und betrachten die Entstehung des Lebens als unerklärbares Geheimnis.

Auf der Erde leben über zwei Milliarden Tierarten – von mikroskopisch kleinen Wesen bis hin zu Riesen wie dem Blauwal, der etwa 160 Tonnen schwer werden kann. Ungefähr die Hälfte aller Tierarten sind Insekten. Bereits eine Hand voll Erde ist wie eine kleine Fabrik, in der eine Unmenge winziger Organismen daran arbeitet, die Überreste toter Tiere und Pflanzen wieder in Mineralstoffe zu verwandeln, die von den Wurzeln lebender Pflanzen aufgenommen werden. Die kleinsten dieser „Arbeiter“ heißen Bakterien. Eine Hand voll Erde enthält über zehn Milliarden davon!

Das Leben auf der Erde stützt sich – rein stofflich gesehen – auf eine Chemie von in Wasser gelöstem Kohlenstoff und seinen Verbindungen. So simpel dies auch klingt: Für die Laborchemie oder -biologie bleibt die Entstehung von Leben trotz intensiver Forschung ein großes Geheimnis.



Erstaunliche Zufälle

Im Rahmen der gängigen Urknallvorstellungen ist es höchst erstaunlich, wie durch die Synthese schwerer Elemente der für das Leben benötigte Kohlenstoff und Sauerstoff entstanden sind. Wie solche Elemente aus Helium im Zentrum alter Sterne aufgebaut werden sollten, oder zeigt es die Fragwürdigkeit dieser Interpretation? Dies ist ein Beispiel für eine nahezu unglaublich sensible Feinabstimmung des Universums.

Drei Heliumkerne pro Kohlenstoffkern werden als Grundvoraussetzung benötigt. Dass gerade drei davon im selben Augenblick zusammenstoßen, ist sehr unwahrscheinlich. Viel häufiger sind Zusammenstöße von zweien, die Beryllium produzieren. Der Zusammenstoß eines Berylliumkerns mit einem weiteren Heliumkern liefert aber nicht notwendigerweise einen Kohlenstoffkern, denn in den meisten Stößen wird das Beryllium zerstört oder eben nur abgelenkt. Da Beryllium zudem eine Lebensdauer von nur 10^{-16} Sekunden hat, sind nicht viele Versuche möglich. Trotzdem fusioniert Helium mit Beryllium zu Kohlenstoff, weil der Kohlenstoffkern in seinem Anregungsspektrum bei genau der richtigen Energie eine sogenannte Resonanz hat, welche die Bildungswahrscheinlichkeit von Kohlenstoff drastisch erhöht.

Ohne diese unglaubliche Eigenschaft in der Kernstruktur des Kohlenstoffs, die hauptsächlich von den Naturkonstanten abhängt, hätten sich in der Folge keine schweren Elemente bilden können und die auf Kohlenstoff beruhende organische Chemie sowie das Leben in der uns bekannten Form wären aus Entwicklungsszenarien heraus nicht klärbar.





Lebensentstehung

Üblicherweise wird an solchen Stellen in der einschlägigen Literatur dem Leser nahe gelegt, dass nun analog zu Millerschen Versuchsansätzen nur Wasser vorhanden sein muss und die nötigen Ingredienzien zusammenkommen müssen, um unter genügender Energiezufuhr etwa in Form von Blitzen unvermeidlich Leben entstehen zu lassen. So ist in der Sekundärliteratur zunehmend zu lesen: Wo Wasser ist und die chemischen Zutaten stimmen, da muss Leben entstehen – Ausnahmen dazu gibt es nicht. Leben sozusagen als allgemeines Planeten-Oberflächenphänomen.* Wissenschaft wird in diesem Sinne nach wie vor als Disziplin verstanden, welche das Leben als vollautomatisierten Trick bloßstellt. Irgendwie hat sich mittelalterliches Gedankengut herübergerettet; dort lehrte man unter Berufung auf Aristoteles die spontane Entstehung von Fischen und Insekten aus Schlamm.

J. Monod dagegen beschrieb die Entstehung des Lebens in seinem Buch „Zufall und Notwendigkeit“ als eine unwiederholbare Zufallsentwicklung von astronomischer Unwahrscheinlichkeit.

Kaum einer zweifelt daran, dass es da draußen noch andere gibt, Außerirdische, Aliens, ETs oder kleine grüne Männchen/Weibchen. Als Begründung für die Existenz außerirdischen Lebens wird im Allgemeinen die große Anzahl der Sterne angeführt. So werden heute rund 100 Milliarden Sterne in unserer Galaxie geschätzt und es wird von einem Reservoir von ebenso vielen Galaxien, also rund 100 Milliarden, im sichtbaren Kosmos ausgegangen. So lautet denn auch die allgemeine Argumentation, dass es bei so vielen Sternen noch anderes Leben geben muss.

Die Einsamkeit auf dem Blauen Planeten erscheint vielen Erdlingen unerträglich. Vor allem UFO-Gläubige werden das bestätigen. Aber auch renommierte Wissenschaftler, bislang unberührt von jedem Kontakt mit außerirdischen Lebensformen, haben die Hoffnung nicht aufgegeben: Weltweit sucht eine ganze Armada von Astrophysikern, Exobiologen und Planetologen eifrig nach Spuren von mehr oder weniger intelligentem Leben im All. Jeder noch so vage Hinweis auf Leben im All wird in den Medien mit entsprechenden Jubelchören begleitet. Bei allen bisherigen Meldungen

* Wissenschaft wird in diesem Sinne nach wie vor als Disziplin verstanden, welche das Leben als vollautomatischen Trick bloßstellt.

über mögliches Leben im All erwiesen sich die angeführten Indizien bei näherem Hinsehen jedoch als fehlinterpretiert, fragwürdig oder vieldeutig.

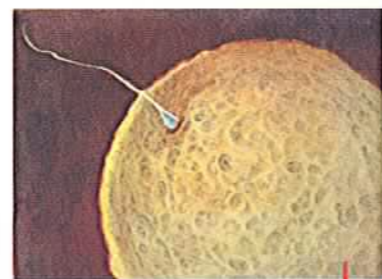
Da trotz umfangreicher Bemühungen in den Labors der Biologen und Biochemiker, die Entstehung des Lebens zu simulieren, sich in den künstlichen „Ursuppen“ nie etwas wirklich zu regen begann, darf dieser Ansatz getrost als unbelegte Hypothese angesehen werden. Deshalb beginnt mein Ansatz zu diesem Thema dort, wo schon grundlegende Voraussetzungen, nämlich das Leben selbst, gegeben sind:

Ein Mensch entsteht. Von etwa 500 Millionen bei einem Orgasmus gestarteten menschlichen Spermien kommen typischerweise nach Stunden bis Tagen rund einige hundert Spermien bei einer Eizelle an, um nach einem Wettlauf über 15 bis 18 Zentimeter von der Scheide zum Eileiter vorzudringen. Diese Elitemannschaft umgibt die Eizelle in einem harten Kampf, denn es gilt, die „Schale“, so zäh und elastisch sie ist, zu durchdringen. Dabei ist die vom Spermium getragene Mütze zuerst aufzulösen, sodass Enzyme frei werden, die beim Kampf durch die Eihülle helfen. Im Allgemeinen sind zehn Spermien dabei, die Schale zu durchbohren, bis plötzlich eines den Durchbruch schafft. In diesem Augenblick geschieht etwas Merkwürdiges: Innerhalb weniger Minuten ändert sich die chemische Zusammensetzung der Eihülle derart, dass die übrigen Spermien ausgeschlossen werden. Sie umschwärmen die Eizelle noch tagelang und tragen dabei möglicherweise dazu bei, ein besonderes chemisches Milieu aufzubauen, das für die Eizelle auf ihrem Weg durch den Eileiter wichtig ist.



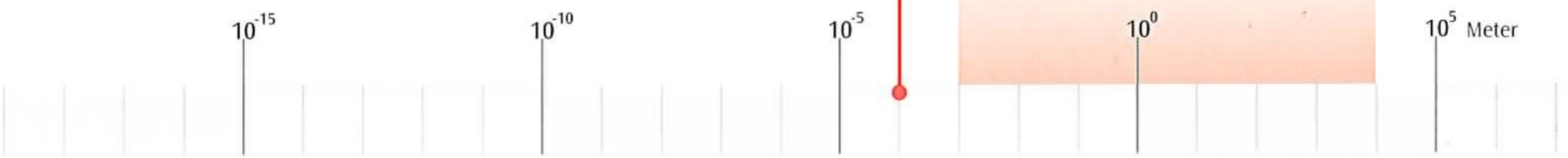
„Wir sind per Zufall eingetroffen und der Zufall wird uns eines Tages zurückfordern und das Universum kümmert sich weder um das eine noch das andere.“

Gregg Easterbrook,
Journalist



Menschliche Eizelle mit einem Spermium

Lebensraum des Menschen



Der Lebensraum

Buchstäblich inmitten einer Spanne gewaltiger Dimensionen von 10^{30} Metern im Kleinsten und nach heutiger Kenntnis maximal 10^{+30} Metern im Größten bewegt sich der menschliche Lebensraum, d. h. die vom Menschen ohne Hilfsmittel direkt wahrnehmbare Welt. Er überdeckt den Bereich von der Größe einer Stadt über – sagen wir – das Kleingedruckte einer Rechnung bis hin zu einer Körperzelle mit einer Dimension von winzigen Bruchteilen eines Meters.

Im großen Theater unseres Sonnensystems hat die Erde als Wohnraum des Menschen einen bevorzugten Logenplatz inmitten eines schmalen Bereiches um die Sonne, den wir als Ökosphäre oder „Lebenszone“ kennen. Nur in ihren Grenzen finden wir Bedingungen, die wir fürs Leben brauchen.

Der Mensch hat im Laufe der Zeit von der Erde aus seinen Beobachtungsbereich in atemberaubende Dimensionen in Richtung größter und kleinster Skalen vorgeschoben. Nach der Genesis begann das Leben in einem Garten und endet nach der Offenbarung in einer Stadt, als würden wir auf eine urbane Zukunft zugehen. Selbst der Himmel wird eine Art Stadt sein.

Ich selbst wohne mit meiner Familie in einer der schönsten Gegenden Deutschlands: Ein kleines Dorf, inmitten von Weinbergen und Obstgärten, dessen geschichtliche Wurzeln ins 7. Jahrhundert zurückreichen, schmiegt sich an das bekannte mittelalterliche Meersburg mit Deutschlands ältester bewohnter Burg an – Lebensraum für ein paar schöne Jahre.



Das mittelalterliche Meersburg – mein Lebensraum für ein paar schöne Jahre

10^{-20}

Unser planetarer Hinterhof

Das Erde-Mond-System. Will man nun umfassend den Lebensraum des Menschen benennen, so denkt man – abgesehen von wenigen Weltraumfahrern – ausschließlich an die Erde. Neuere Forschung hat uns allerdings vor Augen geführt, wie wichtig unser toter Nachbar Mond für das Leben auf der Erde ist, indem er zum Beispiel die Drehachse der Erde stabilisiert. Deshalb muss man astrophysikalisch beide Körper als ein zusammengehöriges Erde-Mond-System begreifen, das für den Erhalt von Leben auf der Erde entscheidend ist. Um Verwechslungen auszuschließen: Diese Bemerkung hat nichts mit diversen Empfehlungen aus Mondphasen-Kalendern zu tun.

In der Tradition der weltumspannenden Zeppelinfahrten von Friedrichshafen aus können uns nun die zahlreichen, am Bodensee entwickelten Satelliten als Vehikel dienen, um von hier aus weiter in den Raum vorzudringen. Ein aktuelles Beispiel ist die Kometen-sonde Rosetta, die im Jahre 2003 starten soll, um in den Tiefen des Interplanetaren Raumes 2012 auf den Kometen Wirtanen zu stoßen. Ein kleines Landegerät soll erstmals auf einem Kometenkern landen.

Venus und Mars als Geschwister der Erde. Ausgehend von ihren globalen Daten wie Größe, Dichte und der moderaten Nähe zur Sonne, hatte die menschliche Fantasie bis um die Jahrhundertwende daran glauben lassen, dass sich hinter der dichten Wolkendecke der Venus herrliche Palmenstrände verbergen. Innerhalb weniger Jahre hat sich der „Planet der Schönheit“ aufgrund gemessener

Daten in eine Welt verwandelt, deren Bedingungen bemerkenswert ähnlich zu konventionellen Vorstellungen von Hölle sind. Heute wissen wir, dass die Venus ein Treibhaus mit saurem Regen ist, auf dem Stürme mit Geschwindigkeiten von rund 400 Kilometern pro Stunde den Äquator entlangrasen, und dass auf der Venus Tagestemperaturen herrschen, bei denen Metalle wie Blei und Zinn schmelzen – alles andere als ein Ort zum Wohlfühlen. Wie kam es dazu? Man hing nicht Modellvorstellungen nach, sondern hat mit Raumsonden vor Ort nachgeschaut.

Auch der Mars als sonnenabgewandter Nachbar der Erde wurde in der Fantasie der Menschen von jeher mit Leben zusammengebracht. Globale Kanäle zur Bewässerung mochten einige schon ausgemacht haben. In der Zwischenzeit sorgten aufwändige Weltraummissionen für mehr Realismus. Der amerikanische Landeroboter Viking hat uns einen sterilen Mars vor Augen geführt, auf dessen Oberfläche Temperaturen kaum über dem Nullpunkt erreicht werden; und nachts sinken sie auf - 80°C, im Marswinter gar auf - 150°C ab. Der im Jahre 1998 gelandete Mars Pathfinder hat die Existenz dieser extremen Bedingungen bestätigt.

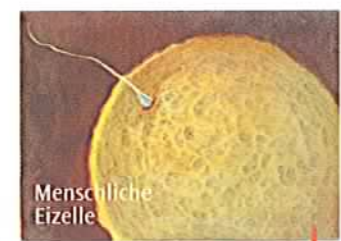
Venus und Mars mögen erdähnliche Planeten sein. Um darauf zu leben, taugen sie nicht.



„Die Erde ist eine Arche Noah in den unendlichen Weiten des Kosmos.“



Erde-Mond-Abstand



Menschliche Eizelle



Größe des Bodensees

Ökosphäre



Die Zeit und ihre Teile

Der große Kirchenlehrer Augustinus (354 – 430) hat sich in seinen „Bekenntnissen“ mit dem Phänomen der Zeit beschäftigt: „Was ist also die Zeit? Wenn mich niemand danach fragt, weiß ich es. Will ich es aber einem Fragenden erklären, so weiß ich es nicht.“ Zeit – das ewige Rätsel.

Alle Menschen haben daran teil, jeder kennt sie, aber die wenigsten denken darüber nach. Die Astronomen haben sich allerdings schon immer als Hüter der Zeit verstanden. Lassen sich doch aus dem Lauf der Gestirne Zeitspannen ableiten und so in den Ablauf der Zeit eine Systematik bringen. Aus der Rotation der Erde folgen der periodische Wechsel zwischen Tag und Nacht und die sich ändernden Phasen des Mondes. Aufgrund der Wanderung der Erde um die Sonne lassen sich größere Zeitabschnitte wie Woche, Monat und Jahr festlegen.

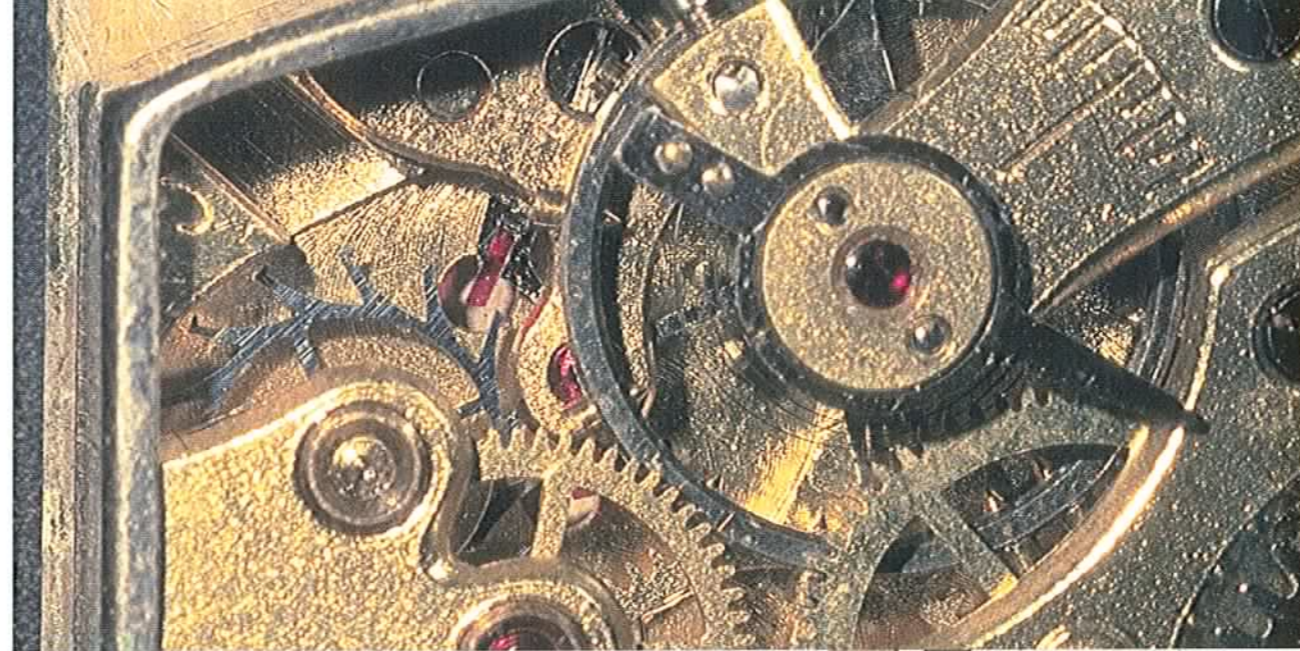
Kalender und Uhren beziehen seit eh und je ihr Maß und ihre Struktur aus den Rhythmen astronomischer Phänomene. Die scheinbar endlose Folge der Tage und Jahre, zu der die Erde mit ihrer mehr oder weniger exakten Bewegung den Takt angibt, provozierte die Sehnsucht nach Ewigkeit, aus der die Pyramiden Ägyptens entstanden, das komplizierte Kalenderwesen der Mayas, unser Julianischer und Gregorianischer Kalender.



Allerdings laufen Himmelskörper keineswegs so gleichmäßig, wie lange angenommen, sodass man die Bestimmung der Zeit von Phänomenen des Makrokosmos zu solchen des Mikrokosmos verlagert hat. Dabei wird nicht mehr die Erdrotation zur Definition der Sekunde herangezogen, sondern Schwingungen von Atomen.

1 Sekunde = 9 192 631 770-faches der Schwingperiode einer von der Elektronenhülle des Cäsium 133-Atoms geregelten Strahlung.

Astronomen rechnen in größten Zeiträumen, die weit jenseits des menschlichen Vorstellungsvermögens liegen. Nach Sternentwicklungsmodellen vollendet ein Stern – abhängig von seiner Größe –



Viele Elementarteilchen leben aber viel kürzer; sie zerfallen bereits nach einer Zehnmilliardstel (10^{-10}) Sekunde. Dennoch zählen sie bei den Physikern noch zu den langlebigen Teilchen, denn ein ganzes Ensemble weiterer, recht exotischer Teilchen zerfällt bereits nach 10^{-20} Sekunden, also einem Zehnmilliardstel einer Zehnmilliardstel Sekunde. Auch wenn sich solche Zeitmaßstäbe völlig unserem Vorstellungsvermögen entziehen, sind sie nicht die kürzesten. Die so genannte Plancksche Elementarzeit beträgt 5×10^{-44} Sekunden.

seinen Lebensweg erst nach Milliarden von Jahren. Das Alter des Universums wird nach Urknallvorstellungen auf rund 15 Milliarden (15×10^9) Jahre geschätzt und als größter abschätzbarer Zeitraum wird über die Explosion von sternengroßen Schwarzen Löchern erst nach zehn Dezilliarden ($= 10^{21}$) Jahren und die von Milliarden-Sonnemassen-Monstern von Schwarzen Löchern in galaktischen Zentren in 10^{23} Jahren spekuliert. Diese Objekte können damit für alle praktischen Betrachtungen als unsterblich gelten.

In der Welt der Atome treten dagegen winzigste Zeitabschnitte auf. So zerfällt ein freies Neutron im Mittel nach rund einer Viertelstunde. Das ist noch ein für den Menschen gut vorstellbares Zeitmaß.

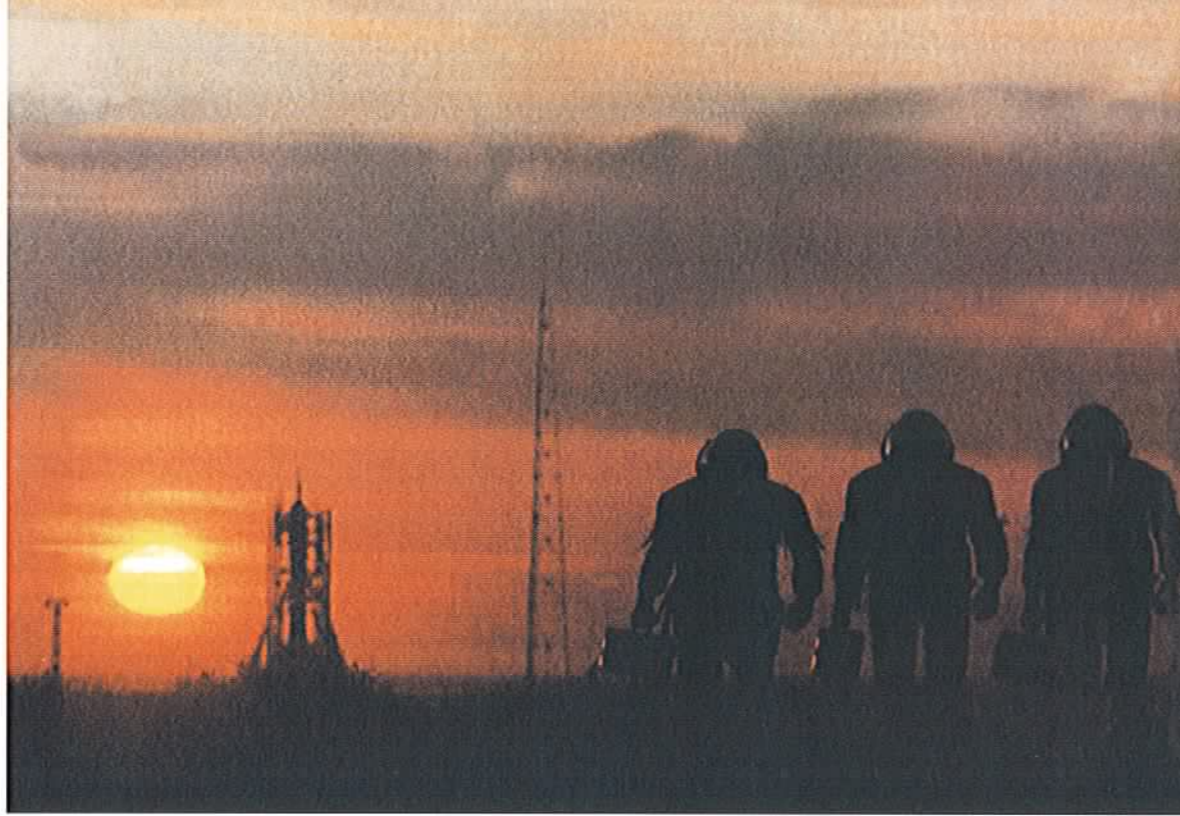


5

An der Kante zur Nacht

Im Grenzbereich größter
Dimensionen





Die Ermahnungen der Alten, nicht aus der abgesicherten Mäusewelt auszubrechen, waren jedoch eindringlich genug, um es von diesem Abenteuer zunächst Abstand nehmen zu lassen. Jedoch ließ die Zeit ihm dies immer attraktiver erscheinen. Unser kleines Mäuschen war schließlich weder ein Kind von Traurigkeit noch von Langeweile. Es konnte dem Reiz einer Entdeckungsreise in die Außenwelt immer weniger widerstehen.

Die Gespräche unter den Mitgliedern der Mäusefamilie über den unsichtbaren Klavierspieler wurden intensiver und teilweise hitziger. Immer häufiger drehten sie sich um ihn und man fragte sich, wie er denn so wunderschöne Klänge machen könne. Dabei brummelte eine Maus etwas undeutlich davon, dass da draußen gewisse Stahldrähte oder Saiten schwingen würden, die die schöne Musik machen würden. Diese Erklärung wollte keine große Resonanz finden; einige schmunzelten gar kopfschüttelnd, wie sich solch naive Vorstellungen festsetzen könnten. Wie kann man nur einen so großartigen Klavierspieler auf so etwas Banales wie schwingende Drähte reduzieren!? – Jedenfalls war damit klar, dass es bereits frühere zaghafte Vorstöße in die Welt über dem Mäusenest gegeben haben musste. Das bestärkte unser kleines Mäuschen in seinem Ansinnen, einmal auszubrechen. Der Reiz des Unbekannten wurde unerträglich.

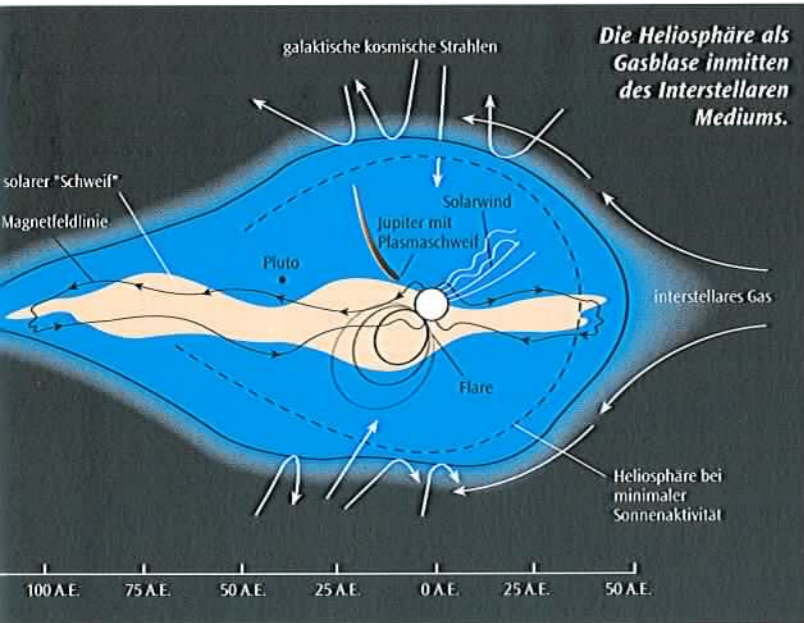
Nach den Einblicken in den subatomaren Bereich könnte man meinen, im kosmischen Bereich etwas total anderes anzugehen, liegen doch die Dimensionen so weit voneinander entfernt. Dennoch lassen sich aus dem Verständnis der Mikrowelt heraus weitgehende Schlüsse auf das Geschehen im Kosmos ziehen, wobei uns die nukleare Astrophysik in einem weiten Bogen vom Mikrokosmos in die physikalischen Verhältnisse im Makrokosmos führt.

Alle Objekte der unbelebten Materie sind in ihrer Zusammensetzung auf weniger als 100 chemische Elemente zu reduzieren. Diese sind charakterisiert durch die Zahl der Elektronen bzw. Protonen im Atomkern. Alle Farben und Formen eines Minerals, die unterschiedlichen Strukturen einer Schneeflocke wie auch die ganze Fülle von Strukturen im Kosmos sind neben der Gravitationskraft schließlich auf die Wechselwirkungskräfte von Elektron und Proton im Mikrokosmos reduzierbar. Und letztlich ist das Universum so leer wie das Atom. Das Meiste im Universum ist leerer Raum.

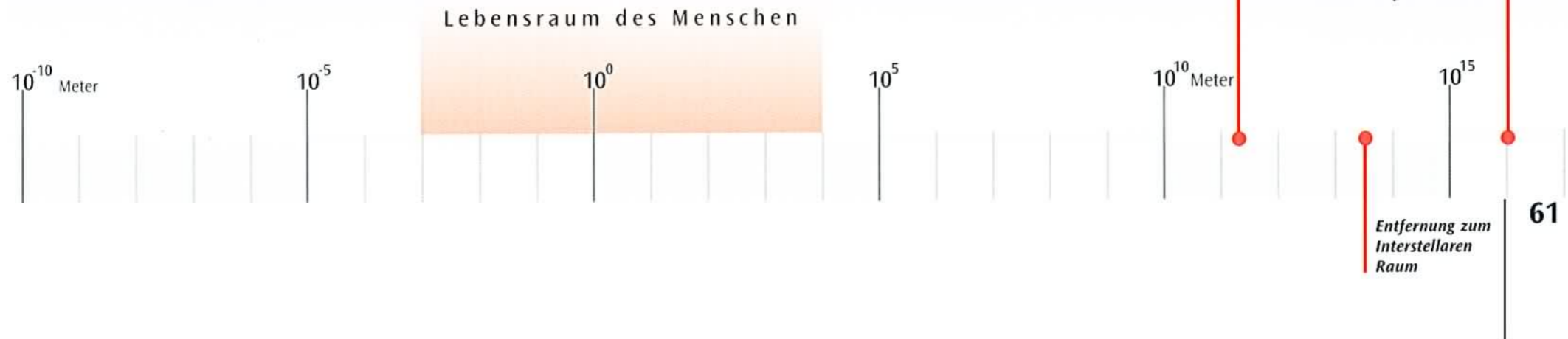
Die Reichweite der Sonne

Unsere Sonne ist unter den Myriaden von Sternen unserer Galaxie ein nur „mittelprächtiger“ Stern. Gemessen an der Größe anderer Sterne nimmt er sich als Zwerg aus. Dies soll allerdings nicht zu der Annahme verleiten, es handle sich um eine niedliche Märchenwelt; die Temperatur im Innern der Sonne muss um 15 Millionen Grad Celsius heiß sein. Diese heiß glühende Welt steht in einer stürmischen Beziehung zur Erde, verbiegt deren Erdmagnetosphäre zu einem kometenähnlichen Schweif und lässt Kometenschweife wie Fahnen im Wind flattern.

Der Raum, in dem sich unser Planetensystem bewegt, ist nichts anderes als eine Gasblase im inneren Bereich des leuchtenden Orionarms inmitten des Interstellaren Mediums unserer Galaxie. Die Sonne hält mit dem von ihr freigesetzten Teilchenstrom gegen den Druck des interstellaren Gases. Sie bewerkstelligt dies durch ein stetiges Abströmen geladener Teilchen, dem so genannten Sonnenwind, in den Raum. Dieser Teilchenstrom expandiert mit Überschallgeschwindigkeit im Weltraum, sodass sich um die Sonne eine magnetisierte Gasblase bildet, die so genannte Heliosphäre. Irgendwo weit draußen kollidiert der Sonnenwind mit den elektrisch geladenen Teilchen und dem Magnetfeld des Interstellaren Raumes. Der Grenzbereich zwischen Sonnenwind und dem Interstellaren Gas ist die *Heliopause*. Bevor das Interstellare Gas von einer Raumsonde erreicht wird, ist eine Region zu erwarten, in der der Sonnenwind von seiner Überschall- auf Unterschallgeschwindigkeit abrupt abgebremst wird. Das Gebiet dieser Stoßfront wird ein weiterer Meilenstein für die amerikanische Raumsonde Voyager sein, denn es wird der erste Besuch eines menschengemachten Objekts dort sein. Dabei geht es sowohl um die erste Evidenz dieser theoretisch erwarteten Erscheinung als auch um die Untersuchung ihrer Struktur.



Entfernung der Sonne von der Erde = 1 Astronomische Eineit



1 Lichtjahr

Entfernung zum Interstellaren Raum

Das entfernteste von Menschenhänden gefertigte Objekt

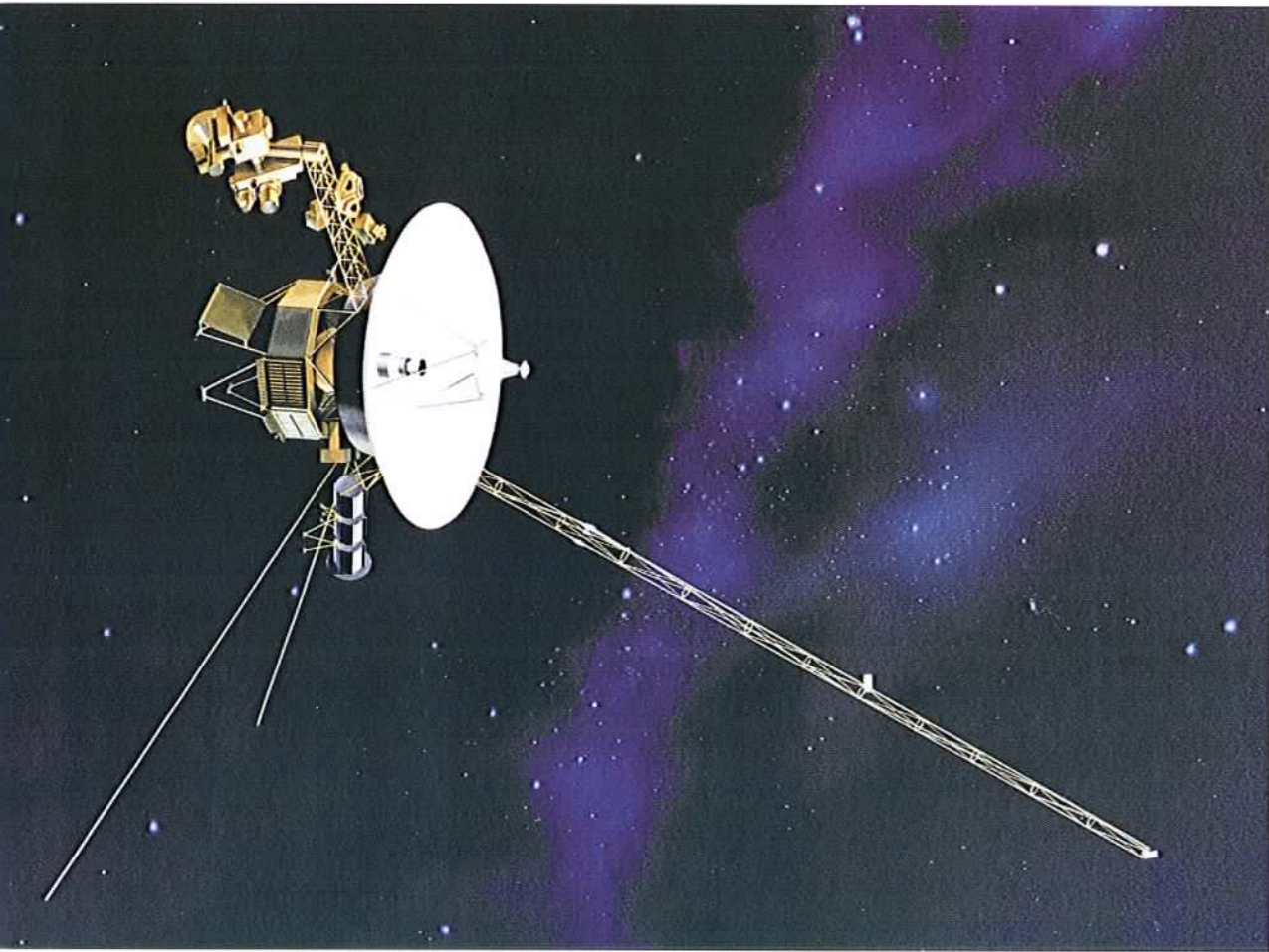
Am 5. September bzw. 20. August 1977 wurden die beiden interplanetaren Raumsonden Voyager 1 und 2 gestartet. Sie waren ursprünglich dazu eingesetzt, die Planeten Jupiter und Saturn zu besuchen. Allerdings veranlassten zum einen der große Erfolg bei der Untersuchung dieser beiden Planeten und zum anderen der gute Zustand der Raumsonden die NASA, die Expedition weiterzu-

führen. So wurden – bis auf Pluto (er lag zu weit von der Flugroute entfernt) – alle äußeren Planeten unseres Sonnensystems untersucht. Auch deren beste Aufnahmen verdanken wir den beiden Voyager-Sonden. Nun geht Voyager 1 auf einen weiteren Höhepunkt seiner Mission zu. Obwohl die Raumsonde bereits doppelt so weit von der Sonne entfernt ist wie Neptun, ist erst die Hälfte der Reise bewältigt. Weitere Erstmaligkeiten sind noch zu erwarten, wenn es nun weiter geht mit Ziel Richtung Heliopause, der Grenze zum Interstellaren Raum. Wegen der Energieversorgung aus dem Zerfall des mitgenommenen radioaktiven Elements Plutonium ist die Raumsonde unabhängig von der Sonnenenergie. Sowohl die Energievorräte als auch die Gasvorräte für die Antriebe zur Ausrichtung der Sonde reichen bis ins Jahr 2020.

Abgeleitet von Ergebnissen der Untersuchung kosmischer Strahlung durch Voyager, wird die Heliopause in einer Entfernung von 62 bis 90 Astronomischen Einheiten AE von der Sonne erwartet (die Erde ist 1 AE von der Sonne entfernt). Der wahrscheinlichste Wert ist 85 AE. Voyager ist momentan 74 AE entfernt (Stand Ende 1999) und entfernt sich weiter mit 3,5 AE pro Jahr. Damit wird 2003 das Jahr der Erfüllung sein.

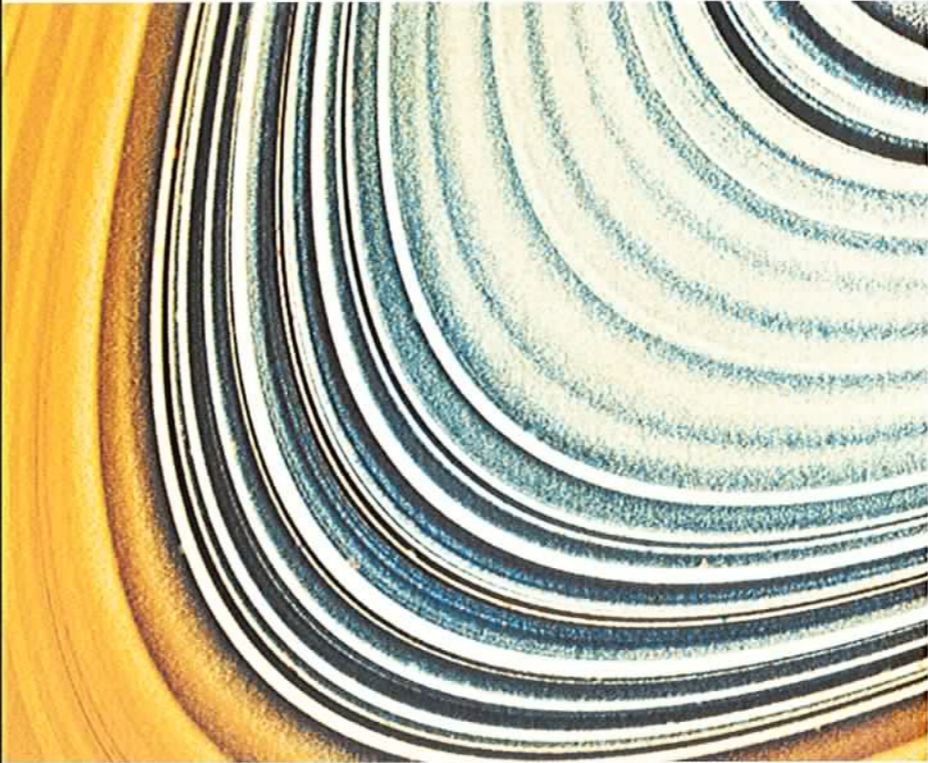
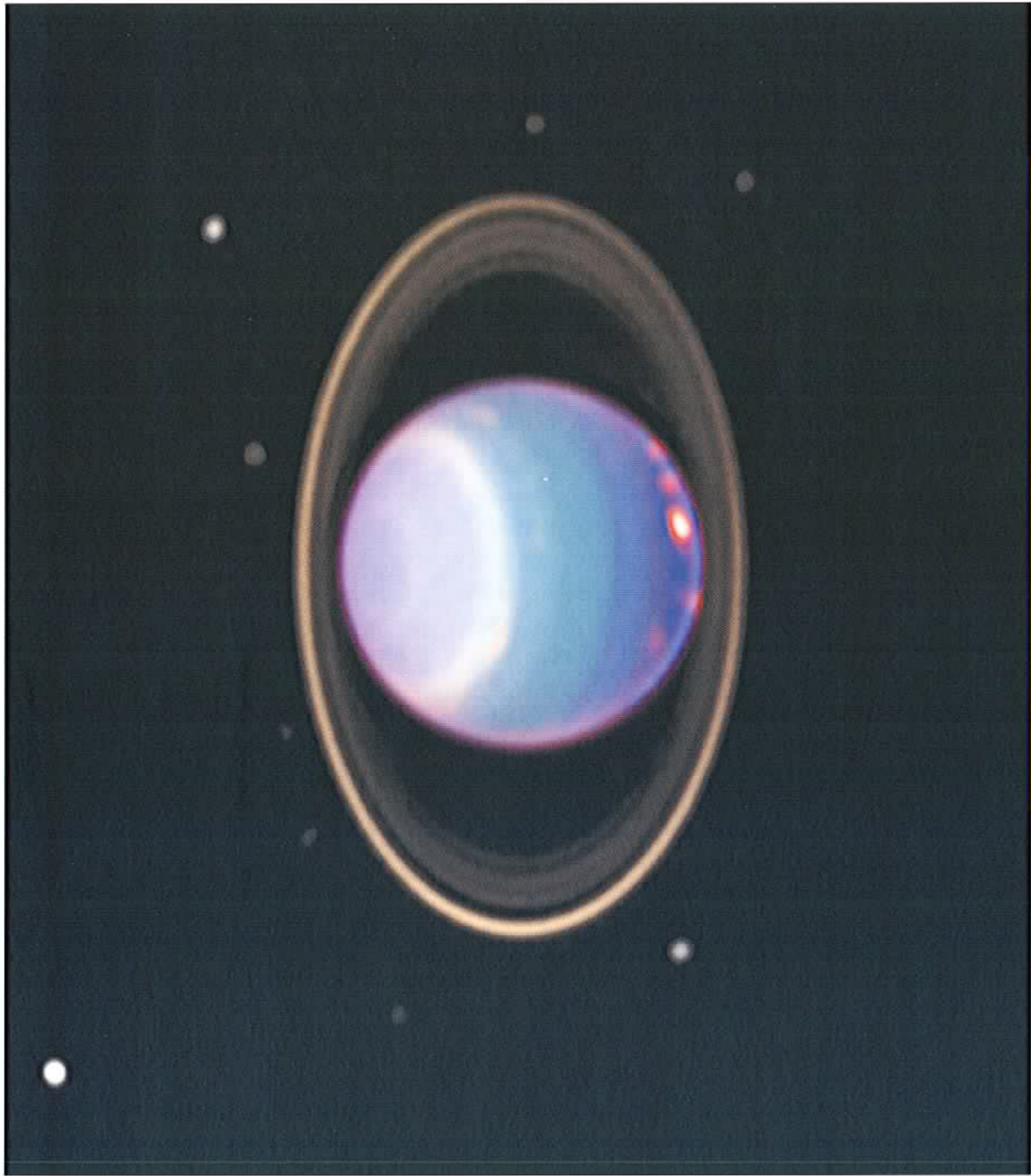
Legt man allerdings die Ergebnisse der Radiowellenemissionsuntersuchungen zugrunde, so erwartet man die Heliopause in 110 bis 160 AE (20 Milliarden Kilometer) Entfernung von der Sonne. Das alles sind nur unsichere Werte, denn letztlich können unsere Vorstellungen unvollständig sein, und die Stoßfront des Sonnenwindes mit dem Interstellaren Gas ist viel weiter entfernt, als wir denken.

Jedenfalls sind die Voyager-Sonden bereits so weit von zu Hause entfernt, dass das mit Lichtgeschwindigkeit reisende Radiosignal über neun Stunden braucht, um empfangen zu werden. Nachdem Voyager 1 die amerikanische Raumsonde Pioneer 10 im Januar 1998 sozusagen überholt hat, ist sie bereits heute das am weitesten entfernte, von Menschenhänden gemachte Objekt.



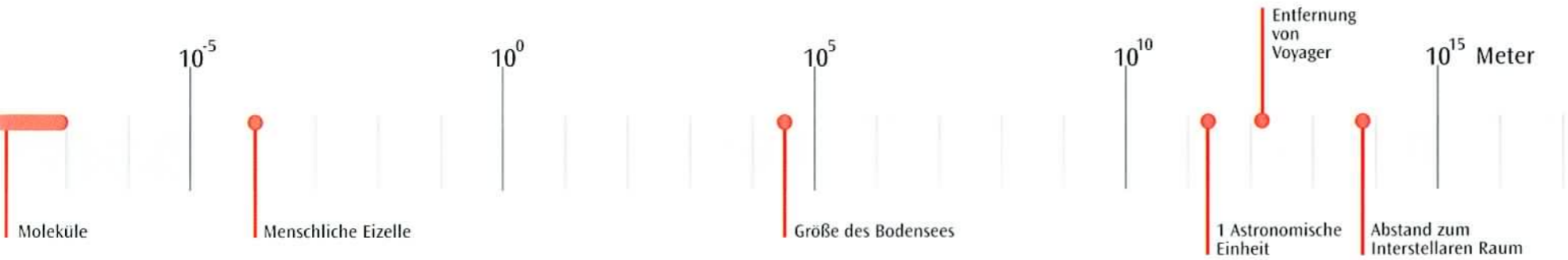
Die amerikanische Raumsonde Voyager auf ihrem Weg Richtung Interstellarer Raum.





Erste Vor-Ort-Messungen von Uranus und Saturn stammen von Voyager.

Das Hubble-Weltraumteleskop lieferte eine interessante Gesamtansicht von Uranus, seinem Ringsystem und seinen Monden.





Hat das Weltall eine Grenze?

Lange Zeit schien unsere Frage sicher beantwortet zu sein: Für die Menschen der Antike befand sich die Erde im Mittelpunkt des Alls. Um sie drehten sich auf verschiedenen Sphären die Planeten. Im Rahmen des so genannten geozentrischen Weltbilds war das Ganze von einer Kugel umgeben, an der Fixsterne „fixiert“ waren, und diese Fixsternsphäre war seit ewigen Zeiten die Grenze des Weltalls, hinter der sich allenfalls die göttliche Sphäre befand.

Der Bremer Arzt und Astronom, Wilhelm Olbers (1758 – 1840), glaubte zusammen mit vielen vor ihm, sogar Beweise für die Endlichkeit des Alls gefunden zu haben. Wäre nämlich das Universum unendlich groß, so müsste in jeder beliebigen Blickrichtung ein Stern liegen, ähnlich wie bei einem sehr ausgedehnten Wald in jeder Richtung ein Baum steht, sodass man nicht hinausblicken kann. Wenn aber in jeder Richtung ein Stern steht, so kann es zwischen den Sternen keine dunklen Lücken geben. Der ganze Himmel müsste in diesem Fall eine gleißend helle Feuerwand sein. Die Nacht wäre schließlich so hell wie der Tag. Da dies offensichtlich nicht der Fall ist, musste nach Olbers die Sternenwelt begrenzt sein. Auch absorbierender Staub zwischen den Sternen schied als Erklärung für den dunklen Nachthimmel aus, da er durch die seit langen Zeiten leuchtenden Sterne längst aufgeheizt und so im infraroten Spektralbereich sichtbar sein müsste.

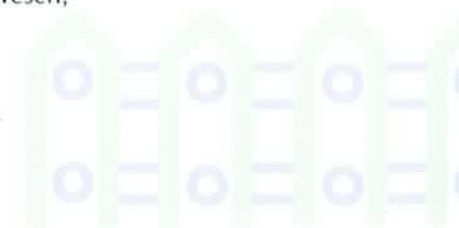
Eine äußere Grenze des Kosmos würde allerdings dem heute allgemein anerkannten kosmologischen Prinzip widersprechen. Es besagt, dass im Großen und Ganzen jede Region des Alls gleichberechtigt ist. In welche Richtung wir auch blicken, sollten wir im Mittel überall gleich viele Sternsysteme finden und die gleichen Gesetze sollten überall herrschen. Etwas anderes könnten wir uns gar nicht vorstellen. Kein Raumgebiet und keine Richtung sollten bevorzugt sein. Eine wie auch immer geartete Grenze würde gegen diese Regel verstoßen. Wir kommen zu dem paradox erscheinenden Schluss, dass das Universum zwar unbegrenzt sein muss, aber möglicherweise endlich ist.

Es gibt Flächen, die diese Bedingung erfüllen. So hat eine Kugelfläche keine Grenze, sie ist aber endlich. Dies ist ein Sonderfall dessen, was im Kosmos in einem allgemein vierdimensionalen

Raum mit drei Ortskoordinaten und einer Zeitkoordinate vorliegen könnte, dass nämlich der dreidimensionale Ortsraum unendlich, aber gekrümmt ist, was mit der Materiedichte im Raum zusammenhängt. Übersteigt sie einen kritischen Wert, so krümmen die Massen des Alls den Raum, sodass er endlich ist. Ist die Dichte kleiner, so ist der Raum offen und unendlich groß. Im ersten Fall großer Dichte würde übrigens die im Urknallmodell diskutierte Expansion des Weltalls irgendwann einmal zum Stillstand kommen und das Weltall in sich zusammenstürzen (s. S.16). Alle heutigen Informationen deuten auch unter Berücksichtigung Dunkler Materie und der Neutrinomassen darauf hin, dass das Universum wahrscheinlich offen, d. h. unbegrenzt ist. Werden Rotverschiebungen von Sternspektren im Sinne des Dopplereffekts gedeutet, so wurden bereits Objekte in 15 Milliarden Lichtjahren Entfernung gesichtet.

Man neigt dazu zu sagen, dass eine Grenze in dem Modell des expandierenden Kosmos dort liegt, wo sich Galaxien mit der nach Albert Einstein maximal zulässigen Geschwindigkeit, der Lichtgeschwindigkeit, von uns entfernen. Richtig ist, dass dort zwar unser Beobachtungshorizont enden würde, aber nicht notwendigerweise das „Ende der Welt“ vorläge.

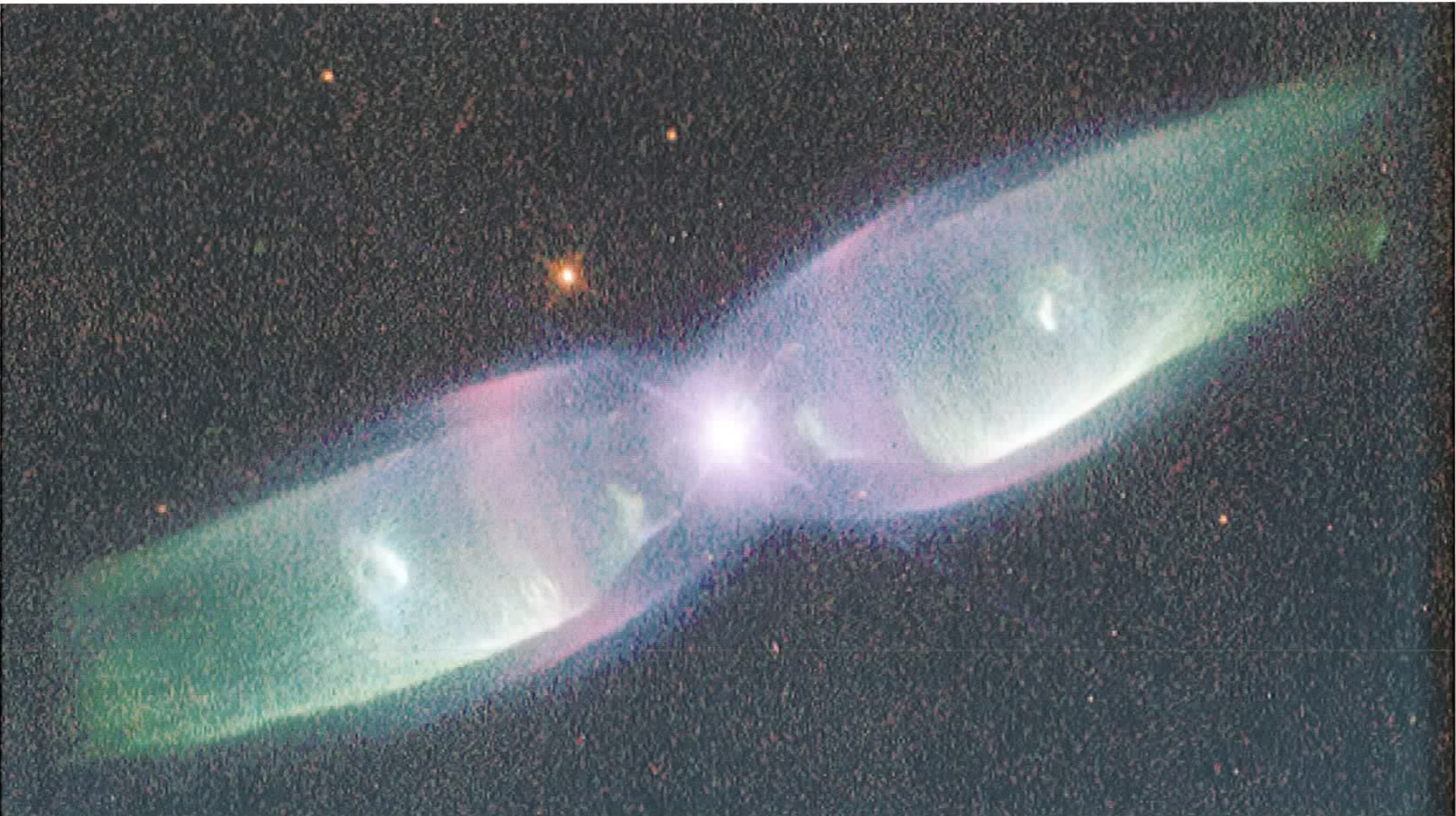
Die kosmische Blähung. Der amerikanische Satellit COBE (Cosmic Background Explorer) hat die bereits 1965 entdeckte kosmische Hintergrundstrahlung untersucht, die als „Nachglühen des Urknalls“ interpretiert wird. Ihre große Homogenität im Bereich von nur wenigen tausendstel Prozent hat überrascht, denn eigentlich sollte sie die Urzellen heutiger Strukturelemente im Kosmos zeigen. Die gemessene Einförmigkeit enthält eine Botschaft, welche menschliche Vorstellungskraft und die Naturgesetze gleichermaßen zu sprengen scheint: In seiner frühesten Phase muss sich das Universum mit Überlichtgeschwindigkeit ausgedehnt haben. Das „Ur-All“, vom Umfang kleiner als ein Atomkern, muss in Milliardstelbruchteilen einer Sekunde auf astronomische Dimensionen um Faktor 10^{26} angeschwollen sein. Nur so sind die Signale von COBE zu deuten. Wäre es anders gewesen, hätten verschiedene Teile des Universums Zeit gehabt, sich unterschiedlich zu entwickeln.



Auf den ersten Blick steht der überschnelle Sprint, die kosmische Inflation, im Widerspruch zu Einsteins *Relativitätstheorie*. Denn diese setzt ein Tempolimit für Körper, die sich im Raum bewegen, nämlich die Lichtgeschwindigkeit. Bei der kosmischen Inflation soll sich aber nicht Materie, sondern der Raum mit Überlichtgeschwindigkeit ausgedehnt haben.

Das lässt sich vielleicht am Beispiel eines mit Rosinen durchsetzten Teigs klarmachen. Beim Backen driften nicht die Rosinen auseinander, sondern der sich ausdehnende Hefeteig trägt die Rosinen mit sich. Im Gegensatz zu den Rosinen hätte Einstein dem Hefeteig erlaubt, sich mit Überlichtgeschwindigkeit auszudehnen, falls er wie der Raum keine Masse hätte.

Die sterbende Sonne M2 - 9 schleudert ungeheure Gas- und Staubmassen in den Weltraum, um dann zu einem Zwergstern zu schrumpfen.



Weißt du, wie viel Sternlein stehen?

Eine lange Beobachtungsnacht in der Sternwarte geht zu Ende, in der wir vergeblich unser Messziel verfolgten. Ich laufe etwas enttäuscht aus der Kuppel heraus, bewege mich nach Süden bis ich auf einen großen, freien Platz trete. Als sich die Augen wieder vollständig an das Dunkel gewöhnt haben, sehe ich einen grandiosen Sternenhimmel, wie er sich über mir aufspannt. Die Ehrfurcht, die der Philosoph Immanuel Kant beim Anblick des gestirnten Himmels empfand, hatte für ihn eine religiöse Dimension. Mir geht es ähnlich. Das staunende „Aahh“ ist meine sprachlose Antwort unter dem Eindruck dieses kosmischen Schauspiels. Mein Fachwissen sagt mir, dass ich mit meinem Auge auf der nördlichen Halbkugel nur rund 3000 Sterne unterscheiden kann, aber ich ahne, dass es Milliarden sind.

Ich werde daran erinnert, wie Gott dem Abraham eine riesige Nachkommenschaft verheißt; er zieht dabei den eindrucksvollen Vergleich: „Sieh gen Himmel und zähle die Sterne; kannst du sie zählen? Und er zu ihm: So zahlreich sollen deine Nachkommen sein.“ (1. Mose 15,5)

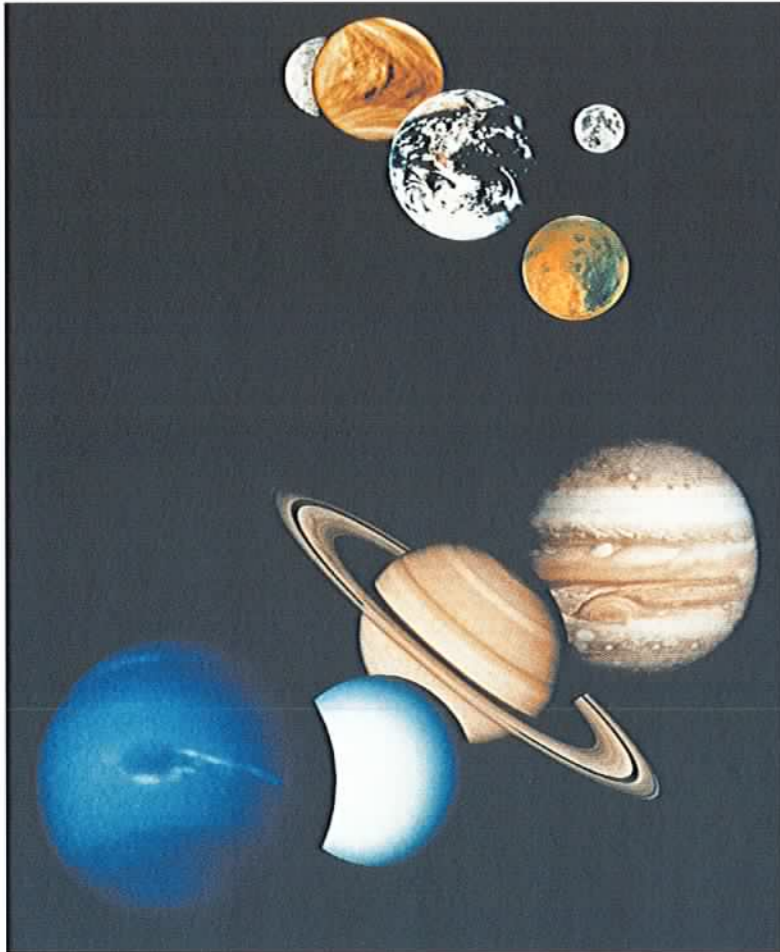
Oder auch die Aussage aus Sirach 43, 36-37: „Wir sehen von seinen Werken nur das Wenigste; denn viele noch größere sind uns verborgen! Denn alles was da ist, das hat der Herr gemacht.“

Wenn schon von der ganzen Herrlichkeit viel verborgen ist, was sagt die Bibel über die Anzahl der Sterne? Jeremia machte vor rund 2500 Jahren eine interessante Aussage, dass genausowenig wie man den Sand messen kann, man auch die Sterne nicht zählen kann. Trotzdem war es zur damaligen Zeit etabliertes Wissen, dass es etwa 3000 Sterne gibt. Erst mit Hilfe großer Teleskope und langer Belichtungszeiten ist man in neuerer Zeit in der Lage, zwar nicht alle Sterne zu zählen, aber immerhin bessere Aussagen zu machen.

Der flüchtige Beobachter des Abendhimmels sieht die Sterne mit unbewaffnetem Auge nur als willkürlich verteilte Lichtpünktchen. Erst der Gebrauch von Fernglas und Teleskop eröffnet ihm Einzelheiten. So zeigt sich, dass im Falle unseres Sonnensystems sich ein Stern in eine Sonne und seine neun Begleiter (zumindest theoretisch) auflösen ließen. Wir sprechen dann von einem Planetensystem.

Bei der Beobachtung eines anderen Lichtpunktes mit einem Teleskop größerer Lichtstärke zeigt sich, dass er sich aus einer Ansammlung von rund 100 Milliarden Sternen zusammensetzt. Wir sprechen dann von einer Galaxie.

Unser Sonnensystem gleicht aus großer Entfernung einem einzelnen Lichtpunkt. Mit einem Spezialteleskop könnte dieses in seine neun Planeten und die Sonne aufgelöst werden.



Galaxien sind winzige Lichtpunkte am Abendhimmel. Mit großen Teleskopen können sie in 100 Milliarden Sterne aufgelöst werden. Einer davon ist unsere Sonne.



Das Spiel kann weitergetrieben werden, indem wir zu noch lichtstärkeren Teleskopen greifen, und wir entdecken dabei, dass sich ein anderer scheinbar einzelner Lichtpunkt in typisch 10 000 einzelne Lichtpunkte auflöst, die wiederum aus jeweils rund 100 Milliarden Sternen bestehen. Wir sprechen dann von einem Galaxienhaufen.

Wir wissen es heute so wenig wie seinerzeit Wilhelm Hey, als er sein Lied dichtete, wie viele Sternlein es genau gibt, aber wir können zumindest eine Größenordnung abschätzen und haben ein Gefühl für den dabei zu akzeptierenden Fehler. Wir gehen heute bei der Darstellung des Reservoirs an „himmlischen“ Objekten davon aus, dass es rund 10^{22} Sterne im beobachtbaren Kosmos gibt, was eine 1 mit 22 Nullen ist. Die Angabe obiger Zahlen erfolgt ohne Gewähr, zudem ist sie relativ unsicher.

Es ist bemerkenswert, dass wir erst im 20. Jahrhundert die astronomische Tragweite der viel zitierten an Mose gerichteten Aussage

Gottes voll erfassen können. Da sich kein Mensch oben genannte Zahlen vorstellen kann, wollen wir versuchen, uns zumindest einen Eindruck zu verschaffen. So reicht kein Menschenleben aus, um bis 10^{22} zu zählen. Wollten wir gedanklich einen der derzeit schnellsten Computer bis dahin zählen lassen, so bräuchte er gute 30 Millionen Jahre, obwohl er mit 10 Milliarden Rechenoperationen pro Sekunde auch wieder unvorstellbar schnell ist. Das vermittelt einen Eindruck von der riesigen Anzahl von Sternen! Kein Rechner existiert so lange, und auch dem Menschen wird eine so lange Zeit nicht zur Verfügung stehen. Wie sagte nochmals der alte Jeremia: „Wie man des Himmels Heer nicht zählen noch den Sand am Meer messen kann ...“ (Jeremia 33, 22)

Dass wir bis heute mit großer Sicherheit nur den Anteil weniger Prozent der kosmischen Materie beobachtet haben, mahnt zur Bescheidenheit. Wir haben bisher vielleicht noch um vieles weniger gesehen als die sprichwörtliche „Spitze des Eisbergs“.

„Die unter Kopernikus begonnene kosmische Vertreibung hat eine neue Dimension erreicht: Es gibt keinen Mittelpunkt und unsere Sonne ist nur ein Stern unter Myriaden.“

Andere scheinbar einzelne Lichtpunkte können mit größten Teleskopen in typischerweise 10 000 Galaxien aufgelöst werden, die jeweils aus 100 Milliarden Sonnen bestehen.





Die mit Hitzeschutzkacheln belegte Unterseite des Space Shuttle bei der Missionsvorbereitung.

Der größte Stern

In fünf Metern dicken Streifen ist die amerikanische Flagge auf das Gebäude am Cape Canaveral gepinselt, das dreimal das Empire State Building fassen würde. Seit den 80er-Jahren wird an den imposanten Stahlgerüsten im Innern das Space Shuttle mit seinem riesigen Treibstofftank in die Senkrechte gebracht.

Nur schwach dringt das Licht durch die matt-gläserne Fensterwand ins tiefe Dunkel des Raumes. Trotz dieser high-tech-puritanischen Ausstattung zieht eine fast mystische Atmosphäre den Besucher in ihren Bann. Die Experten, die in mehr als hundert Metern Höhe zu Werk gehen, wirken wie Termiten im eisernen Gebälk dieser Raumfahrtkathedrale und die Schatten der *Challenger*-Katastrophe hängen auch mehr als fünfzehn Jahre danach immer noch über Cape Canaveral. Seit den Anfängen der Raumfahrt nehmen hier als Folge emsigen Treibens große Entdeckungen ihren Anfang.

Am 7. Oktober 1997 verkündete die NASA, mit dem Hubble-Weltraumteleskop den größten und hellsten Stern im Universum entdeckt zu haben. Die Astronomen benannten ihn nach dem revolverförmigen Nebel, in dem er beheimatet ist, den Pistolenstern. Dieser befindet sich in der Nähe des Zentrums unserer Milchstraße in Richtung Sternbild Sagittarius, und obwohl er nur 25 000 Lichtjahre weit von der Erde entfernt ist, kann er mit bloßem Auge nicht gesehen werden, weil interstellarer Staub die Sicht behindert. Nur 10 % seiner Infrarotstrahlung erreichen die Erde, wo man sie heute mit neuester Technologie nachweisen kann.

Im Jahre 1990 wurde dieser Stern erstmals mit einem Teleskop von der Erde aus gesehen, das mit empfindlichsten Infrarot-Detektoren ausgestattet war. Erst als im Zuge der Neubestückung mit Instrumenten beim Hubble-Weltraumteleskop ein wärmestrahlungsempfindliches Instrument, genannt NICMOS (Near-Infra-red Camera and Multi-Object Spectrometer), eingebaut wurde, erkannte man den Stern in seiner ganzen Schönheit und Ausdehnung. Dieser himmlische Mammut setzt 10 Millionen Mal mehr Energie pro Zeiteinheit frei als unsere Sonne und sein Radius würde bis zur Erdbahn reichen; dieser Energiegigant setzt in sechs Sekunden so viel Energie frei, wie unsere Sonne in einem ganzen Jahr. Aus der Struktur des



Pistolen-Nebels wollen Astronomen ableiten, dass der Stern vor rund 6000 bzw. 4000 Jahren zwei gewaltige Explosionen erlebte. Sterne sind nicht ewig gleich bleibende Gebilde ohne zeitlichen Wandel, sondern Abbild energetischer Abläufe ungeheuren Ausmaßes. Sie folgen nach ihrer Geburt einem Ablauf mehrerer Phasen, bestimmt durch den gerade verbrauchten nuklearen Brennstoff, und enden letztlich mit dem Tod des ausgebrannten Sterns.

Der schöne Nebel, der den Pistolen-Stern umgibt, wurde wahrscheinlich von dem Stern selbst erzeugt. Man geht davon aus, dass man mit dem Pistolen-Stern das seltene Stadium des Abblasens der äußeren Hülle beobachtet, ein Stadium zwischen einem normalen, heißen Stern und einem exotischen Objekt, den so genannten „Wolf-Rayet-Sternen“. Nur sieben Sterne dieser Art sind heute in

unserer Galaxie bekannt. Die Anfangsmasse des Pistolensterns schätzt man auf die 200fache Sonnenmasse. In jüngerer Zeit soll er bei einer Eruption eine Materialmenge abgeblasen haben, die der zehnfachen Sonnenmasse entspricht! Bisher war der Rekordhalter ein Stern in einem Arm unserer Spiralgalaxie, genannt Eta Carinae; seine Masse wird auf 150 Sonnenmassen geschätzt. Dabei muss betont werden, dass sich bei der Sternentwicklung Vergangenheit und Zukunft ähneln: Beide verlieren sich im Dunkeln.

Die große Energiefreisetzung massereicher Sterne ist natürlich auch ein Zeichen für ihre stürmische Entwicklung: Ein Stern, der mit einer solch dramatischen Rate sein Material „verbrennt“, dem ist nur ein kurzes Leben beschieden. Er wird heute auf ein Alter von ein bis drei Millionen Jahre geschätzt; er wird in einer spektakulären Explosion sterben, die in den nächsten drei Millionen Jahren jederzeit eintreten kann – so die Meinung der Experten. Zum Vergleich: Die Lebenserwartung der Sonne liegt nach heutigen Modellvorstellungen dagegen bei rund 10 Milliarden Jahren. Grundsätzlich übersteigt diese Entwicklungs-

zeit der Sterne das menschliche Vorstellungsvermögen bei weitem und zwingt deshalb die Astronomie, den zeitlichen Verlauf aus Momentaufnahmen herzuleiten, was nicht ganz unkritisch ist und große Unsicherheiten lässt.

Größte Sterne

Sterne, die so viel massiver sind als die Sonne, sind für die heutige Theorie der Sternentstehung und -entwicklung ein ernstes Problem. Demnach sollen Sterne aus dichten, kollabierenden Gas-Staub-Wolken entstehen. Wenn nun eine individuelle Wolke genug Material gesammelt hat, um in ihrem Innern aufgrund der Druck- und Temperaturverhältnisse eine Kernfusion zu zünden, wird der thermische Druck das weitere Aufsammeln von Material aufgrund der Anziehungskraft der Masse kompensieren. Deshalb wird der Beginn der Kernfusion die Masse begrenzen, die ein Stern haben kann. Sicher wird das Bild etwas komplex, weil sich der Pistolen-Stern in den turbulenten Gasmassen des Milchstraßenzentrums befindet, wo Verhältnisse sich überlagern können, und es ist nicht von ungefähr, dass sich so massive Sterne gerade dort finden. Jedenfalls können bereits kleine Änderungen der Balance, zum Beispiel durch eine kurzzeitige Änderung der Gleichgewichtsbedingungen, katastrophale Auswirkungen in Form von mächtigen Eruptionen nach sich ziehen.

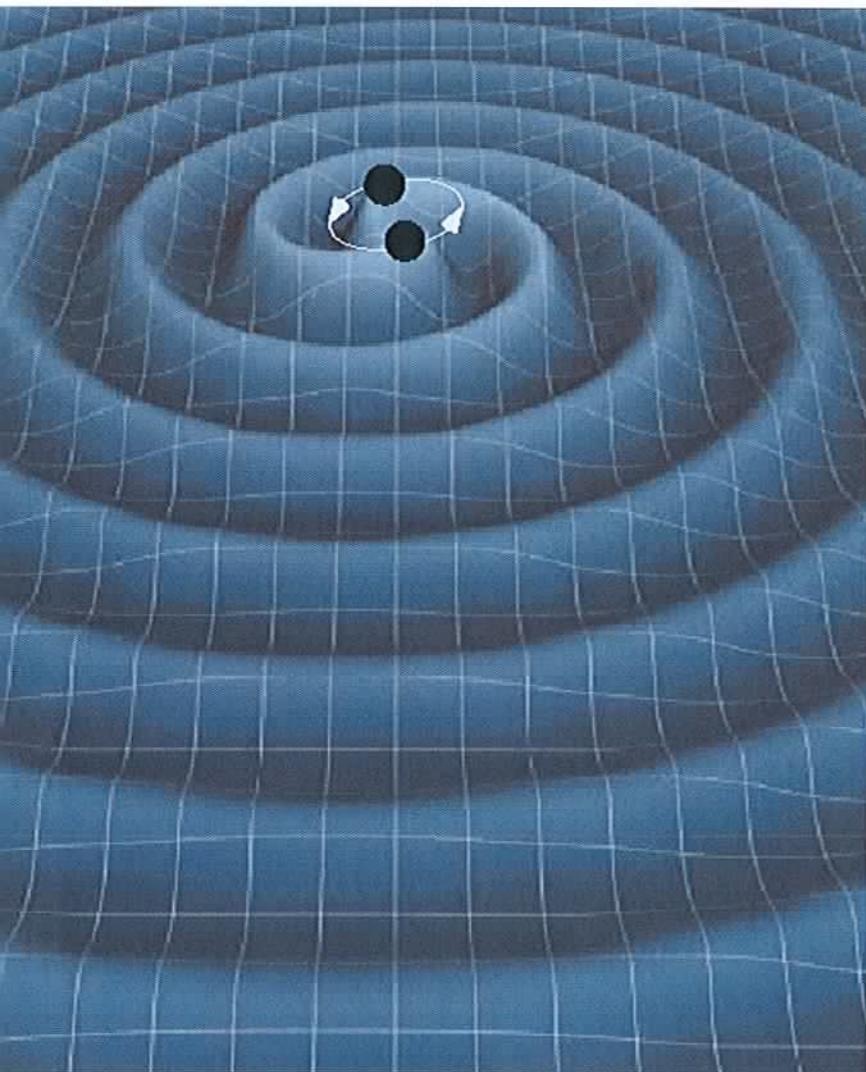


Ein spektakulärer 12 Lichtjahre langer Gas-Jet wird von einem System dreier Sterne (rechts im Bild) erzeugt.

Schwarze Löcher – Vorhof zum Nichts?

Unter gewissen Voraussetzungen kann ein Stern, der mindestens achtmal so groß ist wie die Sonne, nach Verbrauch seines Kernbrennstoffs zu einer *Supernova* werden und explodieren. Der danach verbleibende Rest kann anschließend in kurzer Zeit in sich zusammenfallen und bei entsprechend großer Masse zu einem *Schwarzen Loch* werden. Die eigene Schwerkraft wirkt derart, dass das Objekt kollabiert und in seinem gierigen Schlund alles schluckt, was in seine Nähe kommt, besonders gern Sterne. Das Schrumpfen seiner Dimension geht mit einer Dichteerhöhung und einer Geschwindigkeitszunahme des Kollapses einher.

Schematische Darstellung eines Gravitationswellenfeldes um zwei Schwarze Löcher.

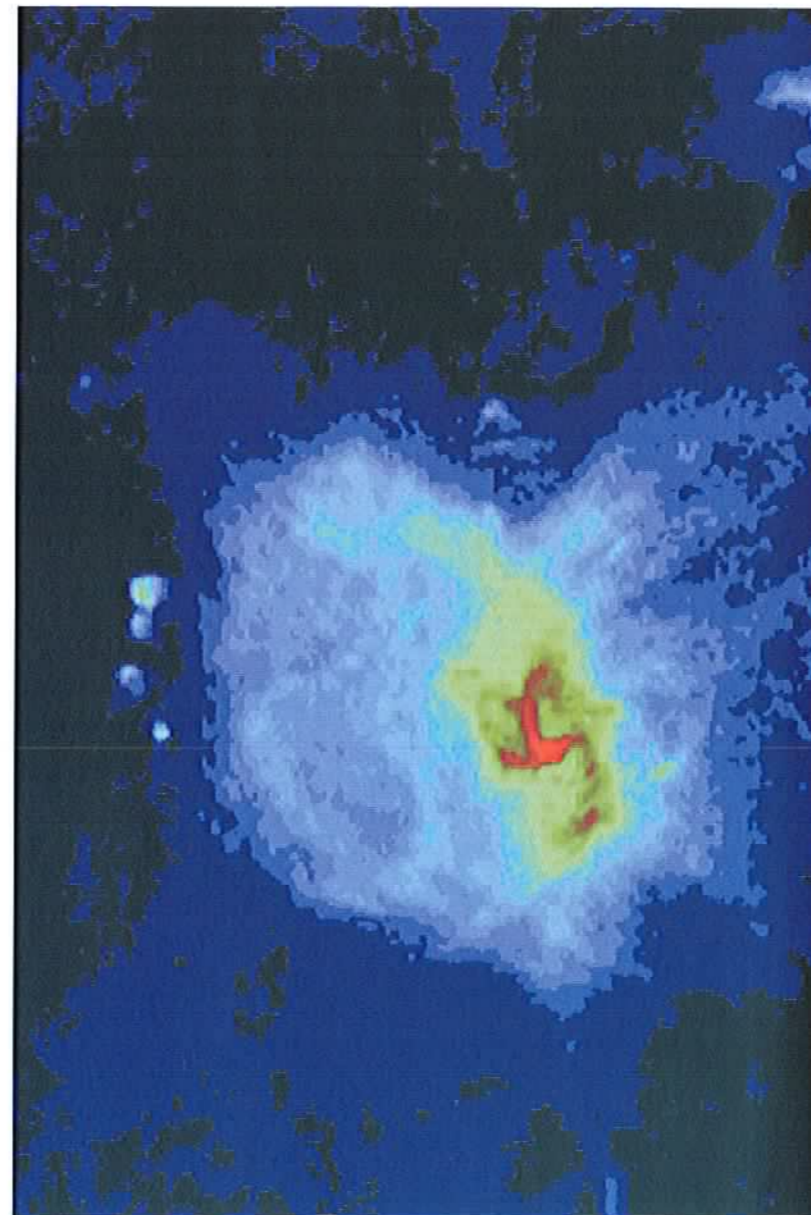


Durch Aufsammeln von Material aus seiner Umgebung schreitet dieser Prozess weiter voran und der Vorgang des Verdichtens von Materie wird schließlich zum Selbstläufer. Das in der Umgebung befindliche Gas-Staub-Gemenge rotiert wie Wasser über dem Badewannenabfluss, nur schneller, viel schneller, in äußeren Bereichen ungefähr fünf Millionen Kilometer pro Stunde schnell, unvorstellbar schnell. Es wurde damit ein Vorgang zum Laufen gebracht, der einen Trend zu immer kleinerer Dimension und zu immer größerer Dichte hat.

Den Radius, auf den man einen Körper zusammendrücken muss, damit kein Licht mehr nach außen dringt, weil es durch die gewaltige Anziehungskraft zurückgehalten wird, nennt man den so genannten Schwarzschildradius oder *Ereignishorizont*. Für die Sonne beträgt er etwa drei

Kilometer. Würde man die Sonne auf dieses Maß zusammendrücken, würde von ihr kein Licht mehr nach außen dringen. Entsprechend hätte die Erde als Schwarzes Loch die Winzigkeit eines Kirschkerns und wenn wir die Extrapolation weiterführen wollen, kann man sich ausmalen, welche klitzekleine Rolle der Mensch noch spielen würde. Aber sehr beunruhigt muss keiner sein: Es sind rund 25 000 Lichtjahre von uns bis zum nächsten Schwarzen Loch, das sich im Zentrum unserer Milchstraße verbergen soll.

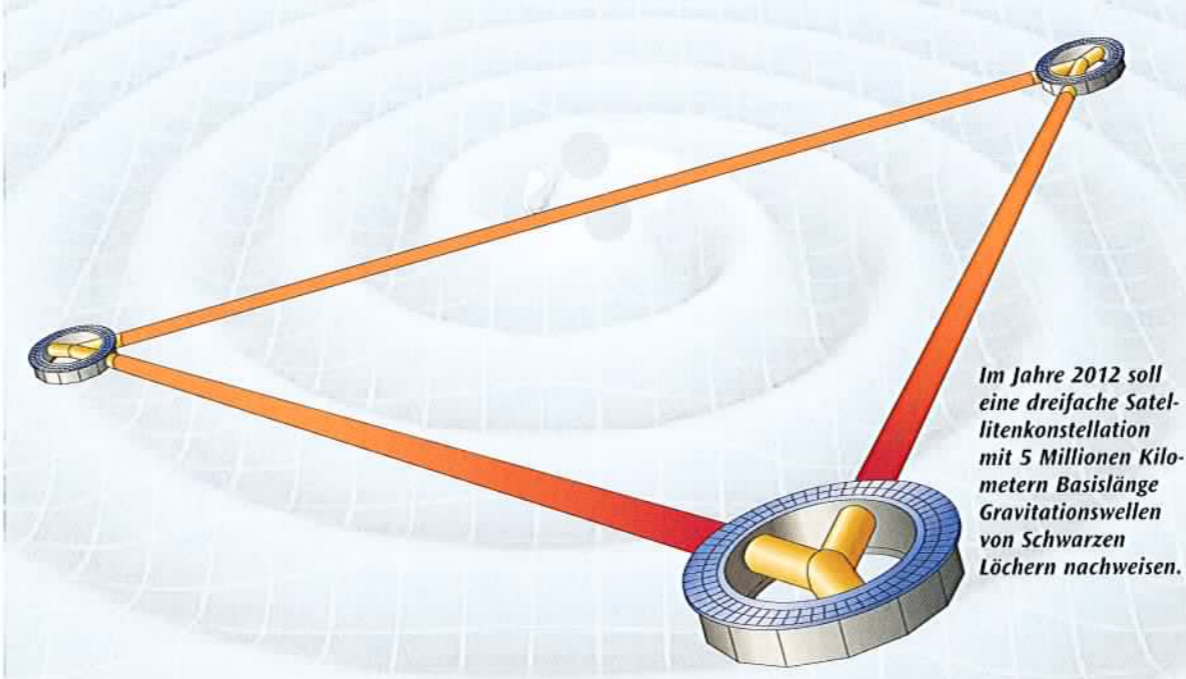
Führt ein Lichtstrahl in einem Abstand, der größer als der Ereignishorizont ist, an einem Schwarzen Loch vorbei, so wird er – abhängig vom Abstand – stark abgelenkt. Ist der Abstand gerade so groß wie der Ereignishorizont, so wird der Lichtstrahl eingefangen und auf eine gebundene Bahn gezwungen. Alles Licht, das jenseits die-



Darstellung des im Zentrum unserer Galaxie vermuteten Schwarzen Lochs.

ses Grenzfalls einstrahlt, wird verschluckt, was der Grund dafür ist, dass man ein Schwarzes Loch niemals direkt sehen kann, woher das Gebilde seinen Namen hat.

Zusätzlich können jenseits des Ereignishorizontes keine Aussagen mehr über die Gesetzmäßigkeiten der Materie getroffen werden. Unsere physikalischen und die chemischen Gesetzmäßigkeiten hören dort auf. Wir haben die Grenze der empirisch zugänglichen Realität erreicht. Am Ereignishorizont fängt eine so genannte „kosmische Zensur“ an. Das bedeutet, dass wir in unserer Realität nie erfahren können, was jenseits dieser Grenze geschieht. Es beginnt eine neue Dimension, die wir von unserem Raum-Zeit-Kontinuum aus nie erforschen können. Dieses „Jenseits“, das inmitten der materiellen Welt liegt, bleibt uns für immer verschlossen.

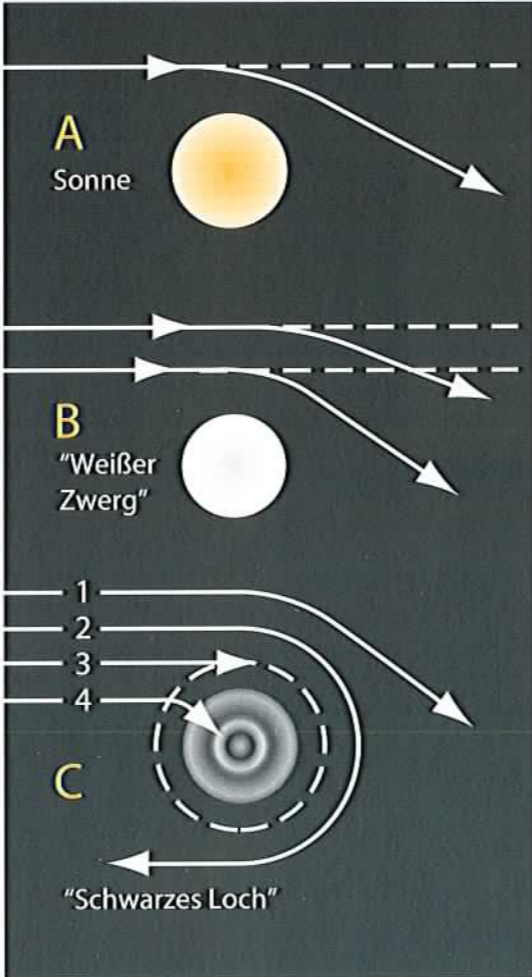


Im Jahre 2012 soll eine dreifache Satellitenkonstellation mit 5 Millionen Kilometern Basislänge Gravitationswellen von Schwarzen Löchern nachweisen.

Wird hier das biblische Verständnis, das immer ein Jenseits kannte, von der modernen Physik bestätigt? Sicher sollen damit weder das Jenseits noch Gott in den Ereignishorizont eines Schwarzen Loches eingesperrt werden. Jedenfalls sagt die Heilige Schrift, dass „Gott in einem Licht wohnt, zu dem niemand Zutritt hat“ (1. Timotheus 6, 16). Ein Jenseits mitten unter uns? Physik kann nur fragen, wo man messen kann. Wir haben also aus dieser Sicht mit der drängenden Frage umzugehen, was menschliche Vernunft in Bezug aufs Ganze zu leisten vermag.

Es ist wissenschaftlich nicht endgültig gesichert, ob Schwarze Löcher in der Natur wirklich vorkommen. Neuere Daten geben Anhaltspunkte für die Existenz eines Schwarzen Lochs im Zentrum unserer Milchstraße. Einige Röntgendoppelsterne stehen unter dringendem Verdacht, Schwarze Löcher zu beherbergen. So hat auch das Hubble-Weltraumteleskop mit Hilfe des Dopplereffektes hohe Radialgeschwindigkeiten gemessen, die auf massivste Zentren schließen lassen – Schwarze Löcher?

Vorläufig kann man allerdings feststellen, dass sie in der wissenschaftlichen Literatur, aber auch in der Tagespresse, wahrscheinlich viel häufiger sind als in der Natur. Es ist Mode geworden, bei Phänomenen, die man nicht auf andere Weise erklären kann, Schwarze Löcher zu Hilfe zu rufen.



Wechselwirkung von Licht mit masse-reichen Objekten.

Fall A: Wenn ein Lichtstrahl dicht an der Sonne vorbeigeht, wird er von der Schwerkraft der Sonne abgelenkt. Dies konnte z. B. bei der Sonnenfinsternis 1999 beobachtet werden.

Fall B: Wenn ein Lichtstrahl an einem Weißen Zwerg vorbeieilt, wird er stärker abgelenkt.

Fall C: Geht ein Lichtstrahl an einem Schwarzen Loch vorbei, wird er, wenn er außerhalb des Ereignishorizontes des Schwarzen Loches passiert, stark abgelenkt. Ist der Abstand des Lichtstrahles kleiner als der Ereignishorizont (3), so wird er vom Schwarzen Loch „verschluckt“. Im Grenzfalle (2) passiert eine Totalreflexion.



Die gewaltigsten Energiequellen

Einen bedeutenden Schritt im Verständnis von so genannten Gamma-Strahlen-Ausbrüchen erbrachte die NEAR-Shoemaker Raumsonde (NEAR: Near Earth Asteroid Rendezvous). Diese Raumsonde der NASA, bei der es hauptsächlich um die Untersuchung erdnahe Objekte geht, hat man durch eine Umprogrammierung dazu einsetzen können, einem alten Rätsel auf die Spur zu kommen, der gewaltigsten Lichtshow im Kosmos.

Gamma-Strahlen-Ausbrüche sind noch 30 Jahre nach ihrer Entdeckung ein großes Mysterium der Astrophysik. Gleichmäßig verteilt über den ganzen Himmel, ereignen sie sich in relativ kurzen Abständen; die empfindlichsten Detektoren erkennen sie mit einer Häufigkeit von etwa einem Ausbruch pro Tag. Es ist bislang nicht zweifelsfrei nachgewiesen, ob sie kosmologischen, also weit entfernten, oder lokalen Ursprungs sind. Wenn sie einen kosmologischen Ursprung haben, dann repräsentieren sie die energiereichsten Prozesse schlechthin, die wir im Kosmos kennen, wenn sie lokalen Ursprungs sind, fragt man sich, warum sie bisher übersehen wurden.

Die Gamma-Strahlen-Ausbrüche können am ehesten am Himmel lokalisiert werden, wenn ihre Strahlen von drei möglichst weit separierten Raumsonden empfangen werden. Nur erdnah positionierte Sonden sind zu eng zusammen, weshalb man Beobachtungen interplanetarer Raumsonden für eine dreidimensionale Triangulation einbezieht.

Nun hat das Hubble-Weltraumteleskop erste Beobachtungen eines verschwommenen, weit entfernten Objekts im Zusammenhang mit einem Gamma-Strahlen-Ausbruch ausgemacht, der von dem italienischen BeppoSax-Satelliten am 28. Februar 1997 beobachtet wurde.

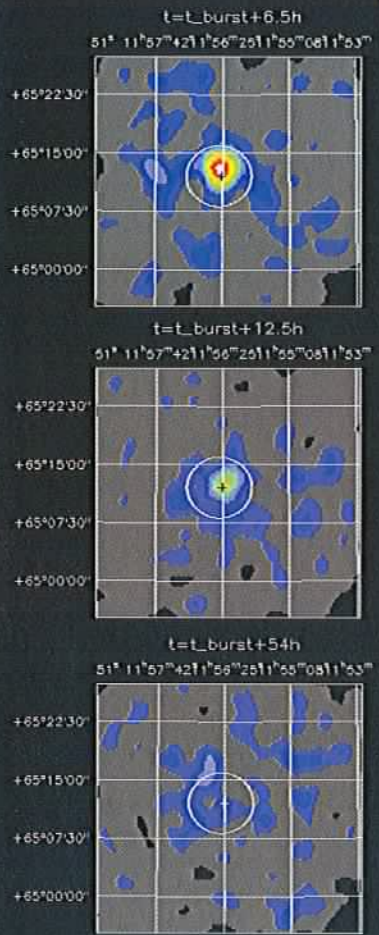
Wenn es also zutrifft, was neuere Untersuchungen nahe legen, dass die täglichen Gamma-Strahlen-Ausbrüche kosmologischen Ursprungs sind, dann haben wir Energiequellen vor uns, die in wenigen Sekunden tausendmal so viel Energie aussenden wie die Sonne in ihrem ganzen Leben, welches man mit insgesamt rund 10^{10} Jahren angibt, oder ausgeschrieben 10 000 000 000 Jahre.

Im Laufe der letzten Zeit wurden unterschiedlichste Erklärungsmöglichkeiten diskutiert. Szenarien von über 150 Modellen werden gehandelt. Supernova-Explosionen mit der anschließenden Bildung Schwarzer Löcher werden ernsthaft von Astronomen des Caltech-Instituts in Kalifornien diskutiert, oder Zusammenstöße von Neutronensternen mit Schwarzen Löchern, womit die energiereichsten Objekte im Kosmos wechselwirken würden.

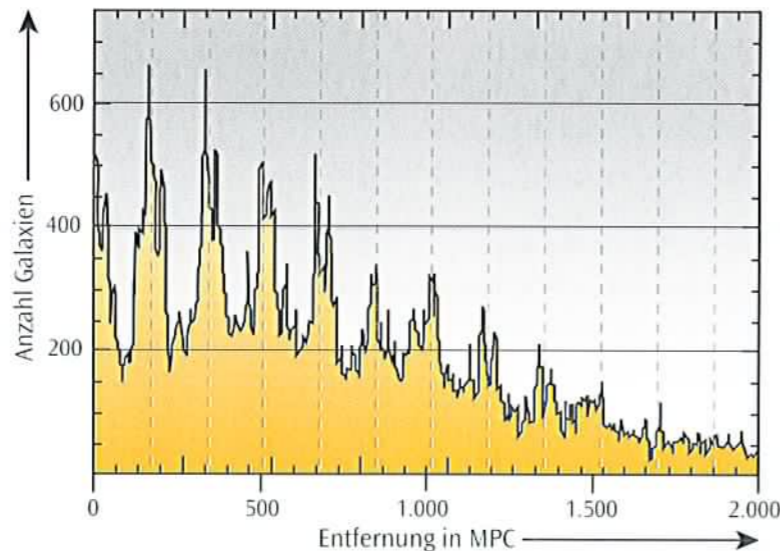
Quantelung von Galaxienabständen

1992 wurde anhand von Daten des Infrarotsatelliten IRAS eine Himmelsdurchmusterung durchgeführt. Aus *Rotverschiebungen* wurden Entfernungen ermittelt und eine dreidimensionale Galaxienverteilung bis zu Entfernungen von rund 200 Millionen Lichtjahren abgeleitet. Dabei stellte sich heraus, dass die Galaxien im Raum eine periodische Häufung aufweisen, so als seien sie auf der Oberfläche riesiger Blasen angeordnet. Diese Struktur ist nicht verstanden. Jedenfalls erinnert sie an die Quantelung von Energie und Impuls im Mikrokosmos.

Da diese Beobachtung offensichtlich unabhängig von der Blickrichtung ist, würde eine klassische Interpretation der Rotverschiebungsdaten über den Dopplereffekt bedeuten, dass sich unsere Galaxie inmitten kugelförmig angeordneter Galaxienverbände befände, die uns wie Christbaumkugeln umgeben. Da es aus der Mode gekommen ist, unsere Erde als Mittelpunkt zu sehen, zieht man eher die Interpretation der Rotverschiebung als Zeichen einer Expansionsbewegung partiell in Zweifel, ohne je sämtliche sich daraus ergebenden Konsequenzen gezogen zu haben.⁵



Aufnahme eines 25 Sekunden dauernden Gammablitzes, dessen mehrstündiges Nachglühen der Röntgensatellit BeppoSAX aufzeichnete.



Nachweis von Häufungen von Galaxien in regelmäßigen Abständen

Vergrößerung per Gravitation – Einsteins Brille

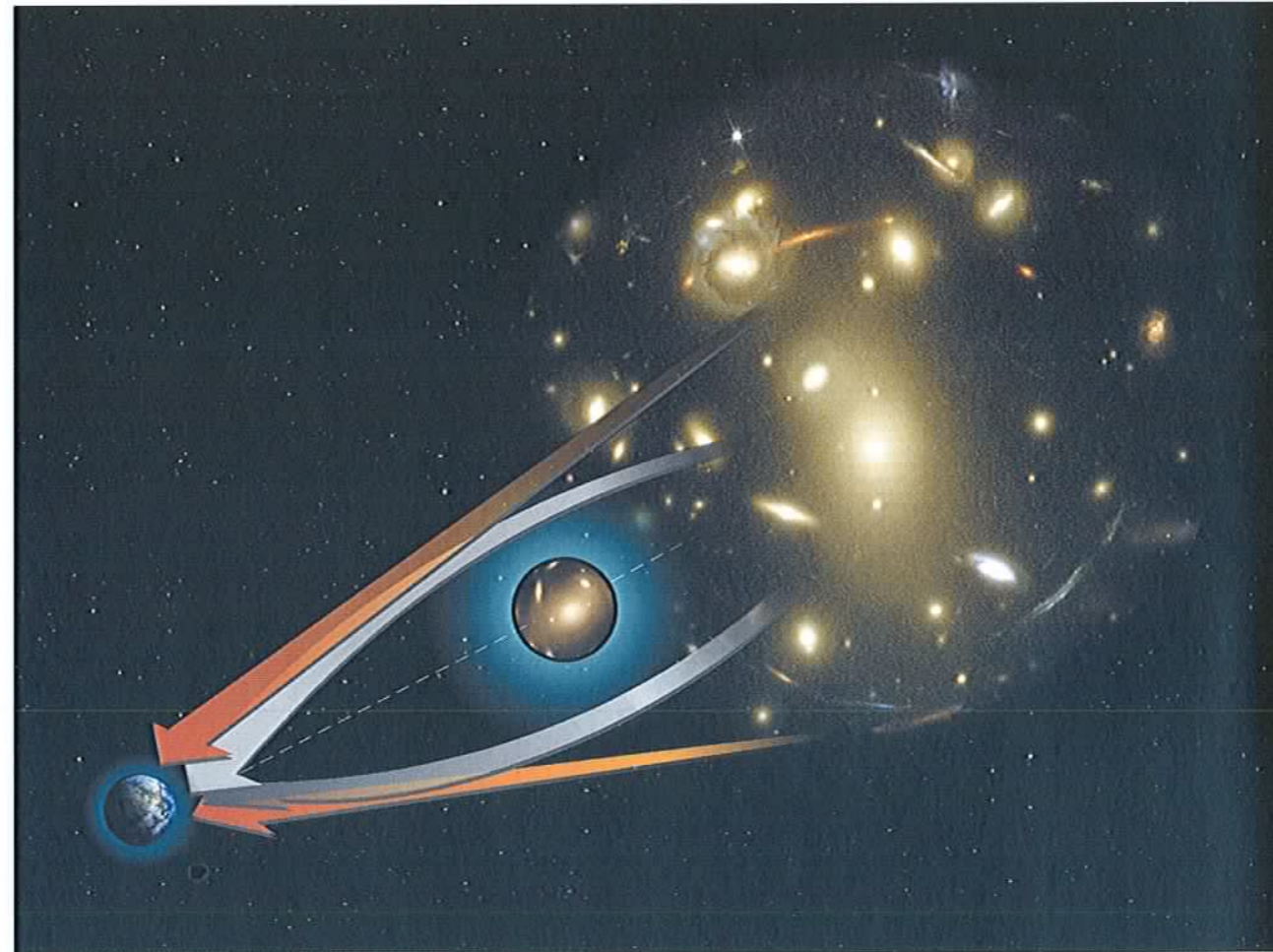
Lichtstrahlen sind im Allgemeinen die genauesten Geraden, die es gibt. Man benutzt sie daher z. B. bei Landvermessungsaufgaben. Kommt das Licht einer entfernten Strahlungsquelle je nach aktueller Geometrie allerdings in die Nähe einer großen Massenansammlung, kann es abgelenkt werden. Unterschiedliche Grenzfälle von „Lichtstrahlverbiegungen“ haben wir schon beim Schwarzen Loch diskutiert, weshalb kosmische Objekte verzerrt oder vergrößert abgebildet werden. Dieser von Einstein vorhergesagte Gravitationslinseneffekt tritt in verschiedenen Größenskalen auf, je nachdem, ob er durch Sterne, Galaxien oder Galaxienhaufen verursacht wird. Die durch die Linse abgebildeten Hintergrundobjekte sind weit entfernte Galaxien oder *Quasare*.

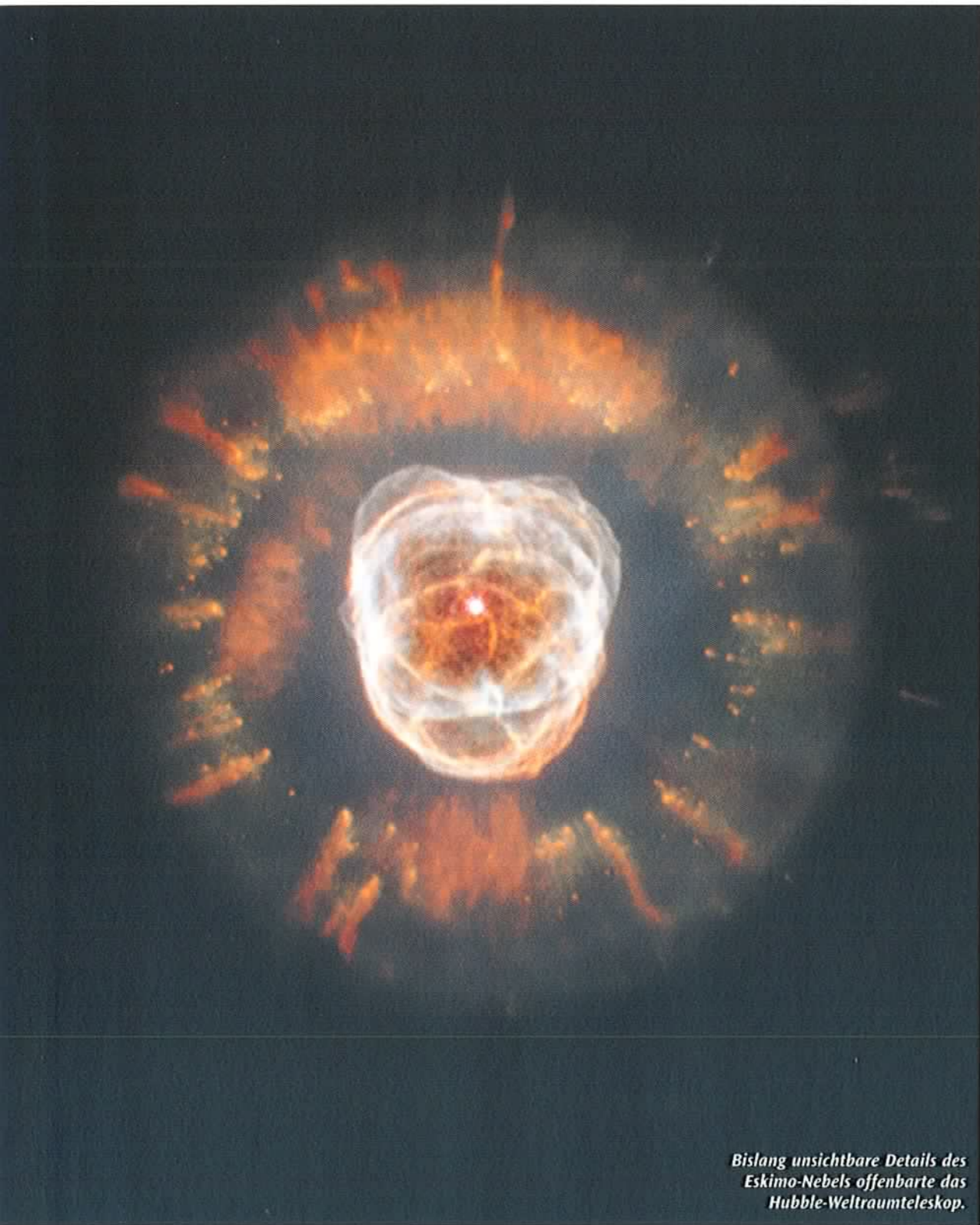
Liegt nun eine massereiche Galaxie auf der Verbindungslinie oder Sichtlinie zwischen dem Beobachter und dem zu beobachtenden Objekt, so kann die massereiche Galaxie als Lupe für das Objekt benutzt werden, eben Einsteins Brille. Damit kann die Beobachtung mit unseren größten Teleskopen in gewissen Sonderfällen zur detaillierteren Untersuchung von entfernten kosmischen Objekten eingesetzt werden. Dadurch wird unsere Beobachtungsgrenze nochmals um einiges verlängert. Es gibt Fälle, wo nicht einmal das hoch empfindliche Hubble-Weltraumteleskop solche Objekte ohne den Gravitationslinseneffekt erspäht hätte. Die Schwerkraftlinse hat hier die Helligkeit des Objekts um rund das 30fache und die Größe um den Faktor 10 gesteigert. Das natürliche Vergrößerungsglas im All erlaubt aber nicht nur, Aussagen über weit entfernt, sonst nicht sichtbare Sternsysteme zu machen, sondern auch über die davor liegenden Galaxien.

Messlatte im Kosmos. Bei der Beobachtung von Gravitationslinseneffekten geht es um Phänomene, die Einstein noch für unbeobachtbar hielt. Je nach Lage der Linse zum Objekt wird sich eine Verzerrung einstellen und Objekte, die ansonsten verdeckt wären, können sichtbar werden. Die Abbildung erscheint verkrümmt oder als lang gestreckter Bogen, manchmal auch als geschlossener Ring um das ablenkende Zentrum, wenn Hintergrundgalaxie, Linse und Beobachter genau auf einer Linie liegen. Die Bogenkrümmung

beziehungsweise der Ringdurchmesser hängt vor allem von der Masse der Linse ab. Durchsetzt das Licht eines Quasars eine Galaxie, die sich zufällig vor ihm befindet, so lässt sich die Galaxie quasi wiegen, wenn man ihre Linsenwirkung genau untersucht. Hieraus folgt dann ihr Anteil an Dunkler Materie, und es zeigt sich auch hier, dass „Linsengalaxien“ mindestens 90% Dunkle Materie besitzen. Allerdings hat diese Betrachtung noch eine Unsicherheit: Die genaue Entfernung der Linsen ist nicht bekannt. Grob gesprochen kann eine nahe Galaxie geringer Masse die gleiche Wirkung haben wie eine ferne Galaxie hoher Masse. Sind nur die Positionen der Objekte bekannt, so kann zwar ein maßstabgetreues Bild erstellt werden, nur fehlt der Maßstab! Nun kann man glücklicherweise neben der Position der Bilder versuchen, auch die Lichtlaufzeitdifferenz der Objekte zu messen, womit die Längenskala näherungsweise bestimmt werden kann.

Wirkungsweise eines massereichen Objekts als Gravitationslinse





Bislang unsichtbare Details des Eskimo-Nebels offenbarte das Hubble-Weltraumteleskop.

Extrasolare Planeten? – Kein Platz für Außerirdische

Üblicherweise wird als Argument für extraterrestrisches Leben die große Anzahl der Sterne angeführt. Um es grob darzustellen, wird heute von rund 100 Milliarden Sternen nur in unserer Galaxie gesprochen und zusammengenommen wird von einem Reservoir von ebenso vielen Galaxien, also rund 100 Milliarden, im sichtbaren Kosmos ausgegangen. So lautet denn auch die allgemeine Argumentation, dass es bei so vielen Sternen noch anderes Leben geben muss. Doch Forschungsergebnisse brachten zunächst eine gewisse Ernüchterung.

Nun macht sich in letzter Zeit erneut Hoffnung breit: Vermehrt entdecken Astronomen beim genauen Vermessen von Sternpositionen, dass diese ein wenig wabern. Computerrechnungen liefern dazu die Erklärung: Planeten sollen diese Sterne umkreisen und lassen sie nahezu unmerklich mitschwingen. Allerdings ist bei solchen Interpretationen auch Vorsicht geboten. So hat man um einen Neutronenstern Planeten in unterschiedlichen Abständen und Größen abgeleitet, obwohl sonst eine solch harsche Umgebung als der letzte Platz für Planetenbildung gilt. Prompt wurde diese Beobachtung denn auch als Messfehler erkannt und zurückgenommen.

Die Schwierigkeit ist – und das darf nicht verkannt werden –, dass die fremden Planeten ja nicht gesehen werden können, da sie jeweils vom Licht ihrer Sonne überstrahlt werden. Um sie zu erkennen, muss man stattdessen kleinste Bewegungen des Zentralsterns in entsprechende Massen und Bahnen von Trabanten umrechnen. Fast alle diese unsichtbaren Körper erwiesen sich bislang als extrem schwere Brocken – unwirtliche Gasbälle, eher vom Typ unseres Nachbarplaneten Jupiter. Und sie kreisen meist in auffallend kleinem Abstand um den Zentralstern, was die Planeten derart aufheizt, dass Atome sich unmöglich zu komplexeren Molekülen, Zellen oder gar Erbgut zusammenschließen könnten. Es mag ja zusätzlich kleinere Planeten geben. Aber deren Nachweis ist (noch) nicht gelungen.

Anfang 1998 veröffentlichte der Astronom Wayne Holland von der Universität Hawaii eine weitere Entdeckung: Mithilfe eines Infrarot-

Teleskops fand Waynes Team je einen auffälligen, feinen Staubring um die Sterne Formalhaut, Beta Pictoris und Wega. Die Staubbichte dieser stellaren Ringe ist ungleich geringer als im Umkreis eines neugeborenen Sterns. Sie beträgt nur wenige Millionstel Gramm pro Kubikkilometer. Jetzt wird gerätselt, wohin der restliche Staub entwand. Dies wird nun so interpretiert, dass im Umfeld dieser Himmelskörper gerade ein massives Planetensystem entsteht, das diesen Staub durch Koagulation „aufgebraucht“ hat. Vielleicht können empfindlichere Teleskope in einigen Jahren diese Interpretation stützen?

Doch all diese Entdeckungen können nicht darüber hinwegtäuschen, dass nur eine unglaubliche Kette extrem seltener Ereignisse der Entstehung eines erdähnlichen Planeten vorangehen muss. – Zufälle, die in ihrem Produkt so unwahrscheinlich sind, dass es rein rechnerisch sogar uns Menschen gar nicht geben dürfte.

Harald Lesch, Professor für Astrophysik an der Universität München, hat sich neben seiner Tätigkeit im Bereich der Plasmaphysik und kosmischer Magnetfelder darauf spezialisiert, überzogene Hoffnungen auf außerirdisches Leben zu dämpfen. „Ob es einem gefällt oder nicht“, argumentiert Lesch, „eine fast unendliche Folge irrwitziger Zusammenkünfte macht die Entstehung der Menschheit zu einem vielleicht einzigartigen Ereignis.“⁷

So taugt nicht jeder Stern für erdähnliche Planeten, denn die Hälfte aller Sterne im Universum ist in Doppel- oder Mehrfach-Sternsystemen gebunden und kann schon deshalb keine Planeten dauerhaft an sich binden. Zudem zeigen theoretische Überlegungen, dass Sterne mit stabilen Planetensystemen – für eine mögliche Entwicklung intelligenten Lebens auf der Erde werden immerhin 4,5 Milliarden Jahre angesetzt – fast exakt unserer Sonne entsprechen müssen. Ist ein Stern leichter und damit weniger leuchtkräftig, könnte er nur sehr nahe liegende Planeten ausreichend mit Wärme bestrahlen. Aber Planeten in engen Umlaufbahnen sind – wie der Planetologe James Kasting von der Universität in Pennsylvania 1997 nachwies – im Schwerefeld des Muttersterns so stark gefangen, dass sie nicht mehr schnell genug rotieren, um eine einigermaßen gleichmäßige Temperatur von weniger als 100° C zu erreichen (s. z. B. Merkur mit einer Tagestemperatur von bis zu 480° C und einer Nachttemperatur von minus 180° C).



Sterne hingegen, die deutlich schwerer als die Sonne sind, verfeuern ihre eigene Masse im inneren Fusionsofen zu schnell und explodieren, bevor sich nach evolutionistischen Vorstellungen intelligentes Leben in ihrer Nähe bilden kann. Die Masse eines potenziell Leben spendenden Sterns darf daher um nicht mehr als 20% von der Masse unserer Sonne abweichen.

Deshalb fährt Lesch fort: „Vor 4,5 Milliarden Jahren begann mit der Entstehung unseres Sonnensystems ein einzigartiges kosmisches Spektakel. Nur in einem winzigen Augenblick, bevor unsere Sonne aus einer zusammensackenden intergalaktischen Staubwolke entstand, explodierte ganz in der Nähe eine Supernova, ein alter Stern, am Ende seines Daseins. Die Explosion schleuderte schwere Elemente, wie Eisen, Kobalt und Nickel, in unser pränatales Planetensystem, gleich einer kosmischen Befruchtung. Wir Menschen bestehen aus dieser Sicht zu einem guten Teil aus Elementen verglühter Sterne. Jedes Atom brannte vermutlich durchschnittlich in vier Sternenerationen. Die für die Biologie notwendigen schweren Elemente konnten nur durch Supernovae auf die Erde gelangen.“ Zusätzlich wird davon ausgegangen, dass die Gravitationswellen aus der Explosion des Sterns das *Triggersignal* für den Planetenbil-

Der große Rote Fleck des Jupiter als auffälligste Struktur seiner Atmosphäre

dungsprozess in dem Sinne war, dass sie für Instabilitäten in der intergalaktischen Staubwolke sorgten.

In den darauf folgenden 4,5 Milliarden Jahren seit der Entstehung des Sonnensystems gab es in der direkten Umgebung glücklicherweise keine einzige Supernova mehr. Ihre Strahlung hätten unsere Vorfahren, ob Einzeller oder Dinosaurier, in atomare Einzelteile verdampft.

Während der Entstehung der Erde kam es zu weiteren, äußerst erstaunlichen Ereignisketten. In der jungen Lufthülle soll vor vier Milliarden Jahren heftiger Regen eingesetzt haben, der die bis dahin reichlich vorhandenen Treibhausgase Kohlendioxid, Methan und Ammoniak auswusch. Die Atmosphäre drohte auf minus 40° C

abzukühlen, als plötzlich die Sonne ihre Leuchtkraft um 30% steigerte. Das genügte als Ersatz für die fehlenden Treibhausgase.

Dem regenfreien Nachbarplaneten Venus bescherte das gleichzeitig den Hitzetod: Die dort verbliebenen Treibhausgase erwärmten die Atmosphäre auf lebensfeindliche knapp 500° C. Theoretische Modelle sagen aus, dass dann, wenn die Umlaufbahn der Erde nur 1,5% näher an der Sonne verlief, sie ein ähnliches Schicksal ereilt hätte.

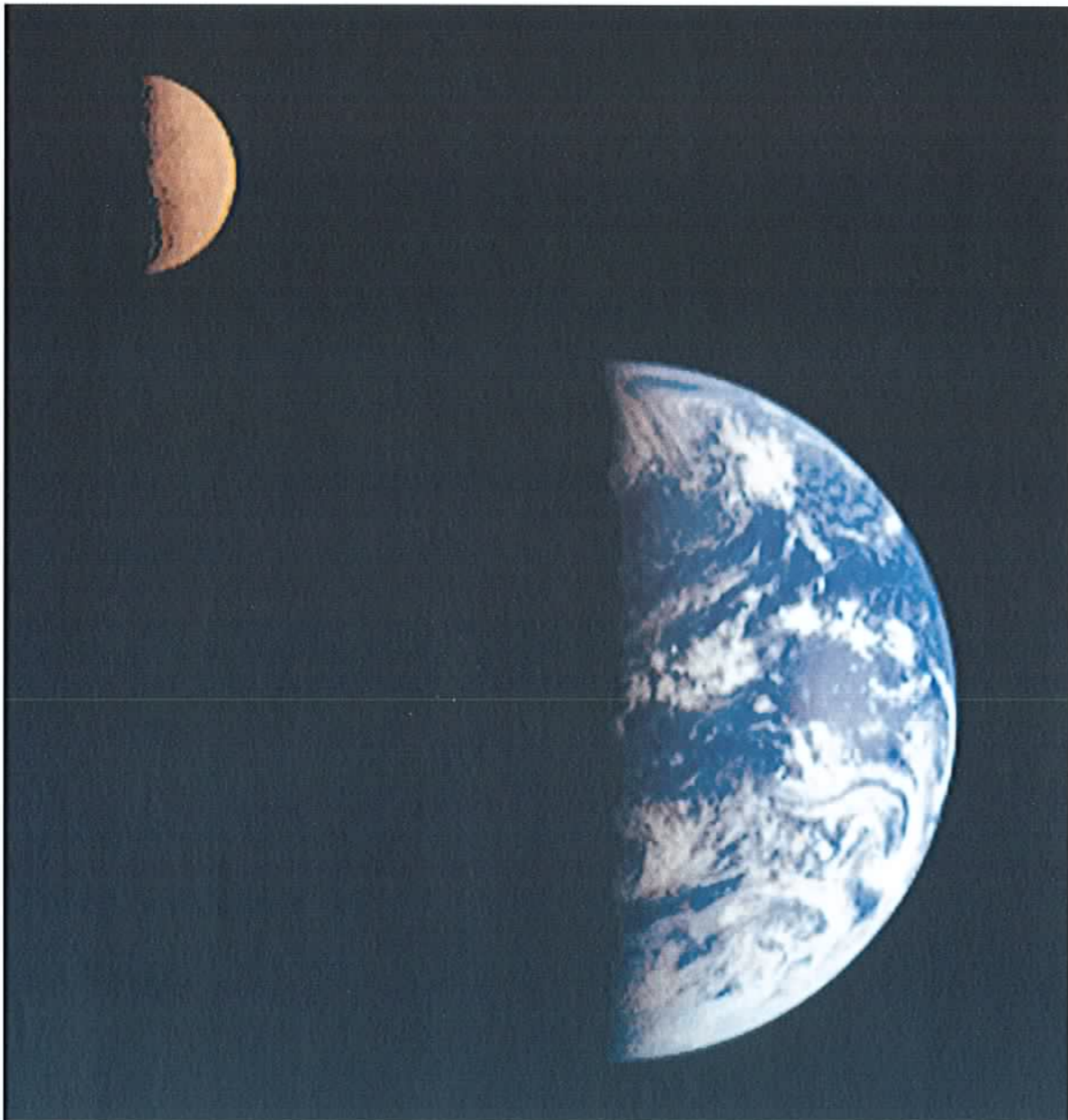
Doch der wohl bemerkenswerteste Umstand in der Geschichte unseres Planeten ist die Entstehung des Mondes. Und es stellt sich die Frage, wie ein relativ kleiner Planet wie die Erde zu einem solch ungewöhnlich großen Mond kommt.⁸

Es ist der außergewöhnlich große Mond, der die Drehachse der Erde stabil auf ihrem Neigungswinkel von 23 Grad hält. Ohne ihn würde die Erdrotationsachse nach den Gesetzmäßigkeiten der Chaostheorie im Raum taumeln und sich dabei auch der Sonne zuwenden. Das wäre letztlich der Tod allen Lebens, denn die in der Weltraumkälte rotierende Erdhalbkugel würde binnen Tagen vereisen, groteske Winde würden an der Tag-Nacht-Grenze toben und von der Sonnenseite aus würde möglicherweise die Atmosphäre verdampfen. Mars, so wird angenommen, hat auf diese Weise seine frühere Atmosphäre verloren. Aber die Gravitationskraft des Mondes setzt am Äquatorwulst der Erde an und stabilisiert ihre Rotationsachse.

Deshalb schließt Harald Lesch, dass in unserem Sonnensystem das Erde-Mond-Paar eine absolute Einzigartigkeit darstellt. Die verschwindend geringe Wahrscheinlichkeit, dass ein kleiner Sterntrabant wie die Erde einen derart großen Begleiter bekommt, gilt heute unter Astrophysikern als zentrale Einschränkung für das Entstehen eines bewohnbaren Planeten.

Die Liste der unwahrscheinlichen Ereignisse, die letztlich zur Entstehung von uns Menschen geführt haben soll, lässt sich fast endlos fortsetzen. Jupiter, beispielsweise 300 mal schwerer als die Erde, fungiert als Kometenfalle, indem sein Schwerfeld die gefährlichen Eisbrocken, die von außen ins Planetensystem eindringen, abfängt, wie etwa 1994 den Kometen Shoemaker-Levi.⁹

Gemeinsame Ansicht des zunehmenden Mondes und der zunehmenden Erde, wie sie am 8. Dezember 1992 von der Raumsonde Galileo gesehen wurde.

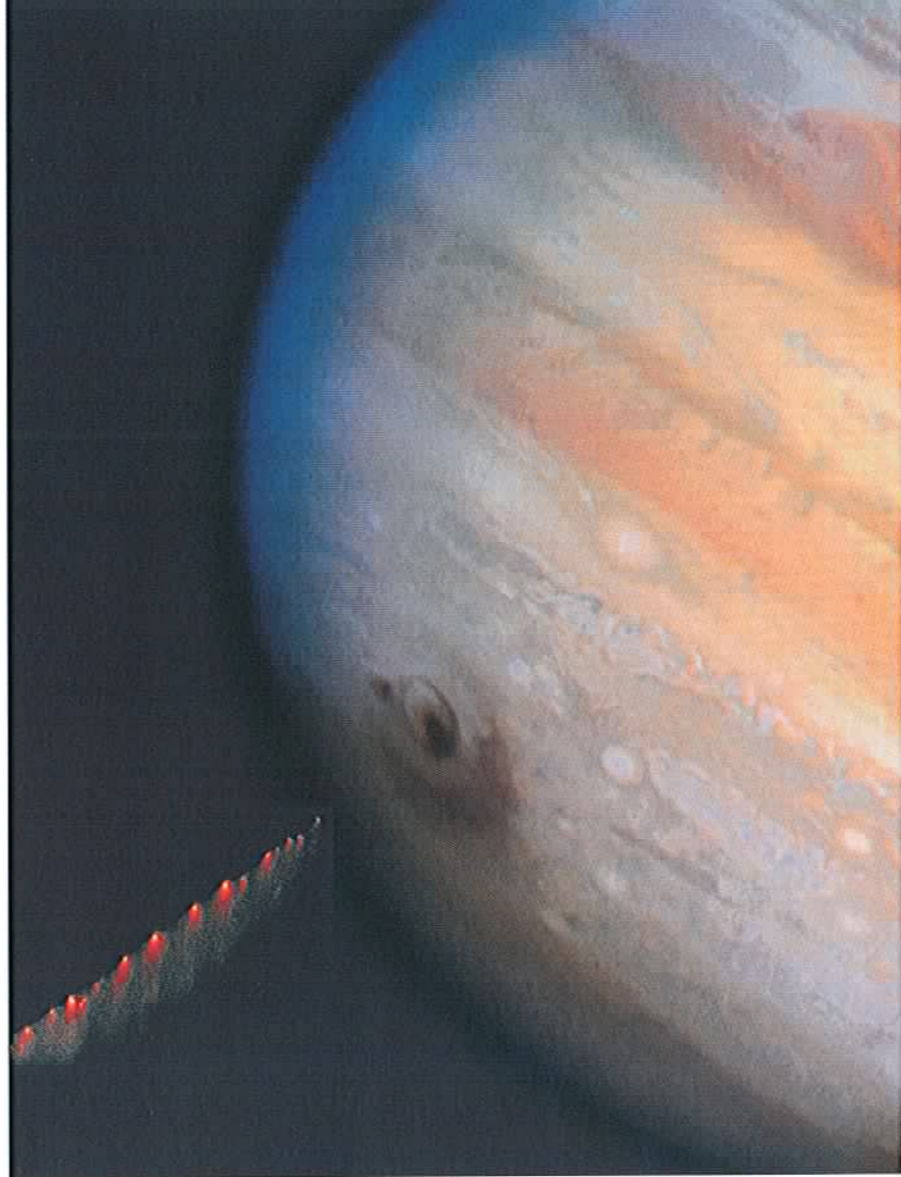


Nichts kann die wissenschaftliche Neugier bremsen. Die Erforschung extrasolarer Planeten hat bei der US-Raumfahrtbehörde NASA höchste Priorität. Und auch die europäische Raumfahrtbehörde ESA plant ein Jahrhundertexperiment: Unter dem Projektnamen „Darwin“ will sie ein fünfarmiges schwebendes Riesenteleskop ins All schießen. Groß wie ein Fußballplatz, soll das Weltraumauge in wenigen Jahren erdähnliche Planeten an ihren atmosphärischen Gasspuren, beispielsweise dem Ozon, aufspüren.

Bei aller Unwahrscheinlichkeit kann die Möglichkeit anderer Lebewesen im All nicht grundsätzlich mit letzter Sicherheit ausgeschlossen werden. Wir mögen deshalb vielleicht nicht allein sein, aber auf jeden Fall ziemlich einmalig.

Etwa 21 berggroße Kometentrümmer rasten im März 1993 mit 60 Kilometern pro Sekunde auf Jupiter zu. Die Bildmontage zeigt auf der Jupiteratmosphäre zwei Einschläge.

Die Gravitation des ungewöhnlich großen Mondes stabilisiert die Lage der Erdachse und verhindert damit ihr Taumeln.



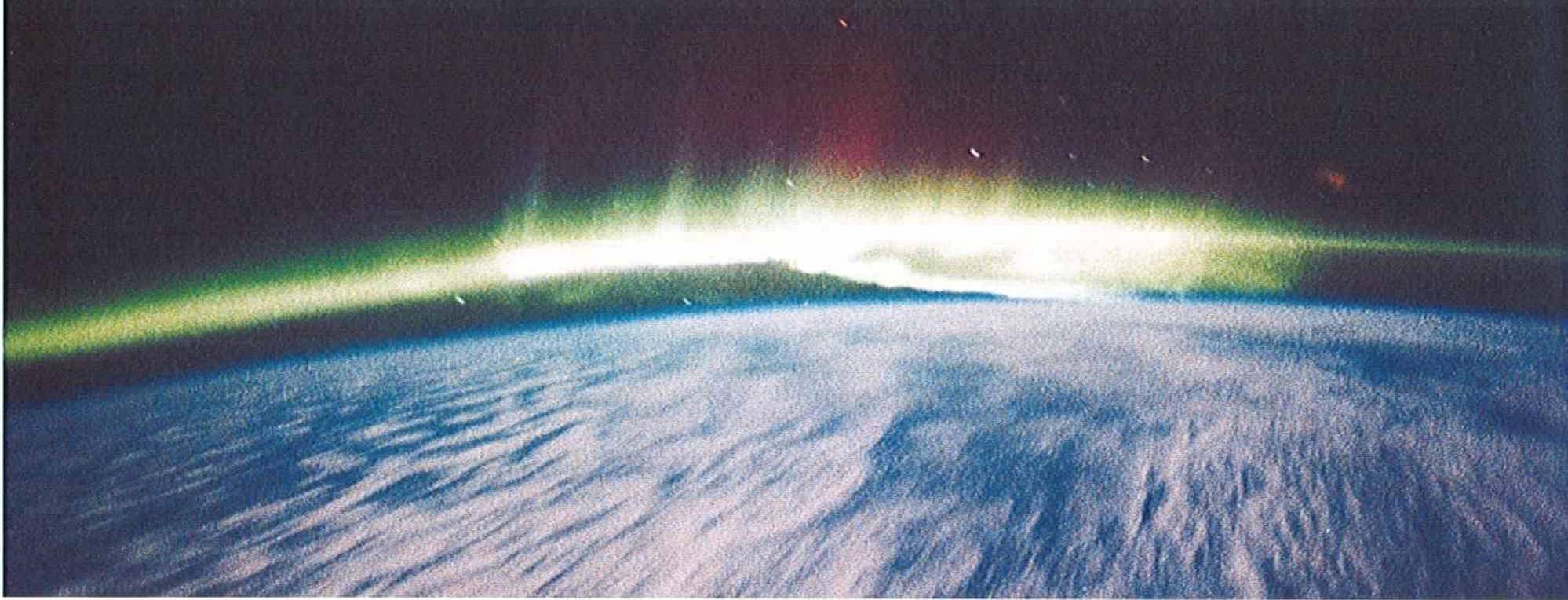
- ### Notwendige Bedingungen für Leben
- Sonne als Energiequelle mit der richtigen Leuchtkraft
 - Umlauf des Planeten in der Ökosphäre (günstiger Abstand zur Sonne zwischen Venus und Mars)
 - Beständige Planetenbahn nur in einem Einzelsternsystem
 - Geeignete Atmosphäre (kein extremer Treibhauseffekt)
 - Gravitation des Planeten muss Atmosphäre dauerhaft halten können
 - Existenz ausreichender Wassermengen, Kohlen- und Sauerstoffvorräte
 - Der von Planeten umkreiste Stern muss langlebig (massearm) sein
 - Stärke und Häufigkeit von Naturkatastrophen, z. B. Meteoriteneinschläge, globale Klimaänderungen etc., dürfen nicht zu hoch sein
 - Anwesenheit eines großen Mondes wegen der Stabilisierung der Planetenachse und Gezeiten

6



**Perspektiven
einer Gesamtsicht**





Es war ein schicksalsschwerer Moment, als unter vollständiger Anwesenheit der Mäusesippe unser kleines Mäuschen nach draußen verabschiedet wurde. Viele spürten, dass es ein Abschied für immer sein könnte. Aber das kleine Mäuschen ließ sich nicht beirren: „Jetzt will ich es endlich genau wissen“, sagte es und verließ das traute Nest. Von nun an wartete man täglich ungläubig auf ein rückkehrendes kleines Mäuschen. Vergebens. Es tat sich nichts, weder über Stunden noch über Tage. Man begrub letztlich alle Hoffnung.

Doch eines fernen Tages klopfte es an die Tür und herein trat das ehemals kleine Mäuschen, etwas müde, aber unversehrt, und man sah seinen großen, dunklen Kulleraugen an, dass es viel entdeckt und zu berichten hatte. Daraufhin wurde ein Mäuse-Sippenkongress – ähnlich einem wissenschaftlichen Kongress in der großen Welt – einberufen, um die neuesten Erkenntnisse zu teilen und zu diskutieren.

„Es gibt ihn gar nicht, den unsichtbaren Klavierspieler“, sprudelte es aus ihm heraus. „Wie konnten wir nur glauben, dass ..., es sind nur Metalldrähte, gegen die kleine Hämmerchen schlagen. Die machen die Musik!“ Einige Mäuse schüttelten ungläubig den Kopf ob dieser „Kleinen-Hämmerchen-Theorie“. Andere waren richtig traurig: Ihren unsichtbaren Klavierspieler sollte es also gar nicht geben? Letztlich glaubte keine ernst zu nehmende Maus mehr an ihn ...

Das kosmische Kreuzworträtsel

Die kosmologischen Übungen der Wissenschaftler vergleiche ich gern mit einem Kreuzworträtsel. Einige Felder sind bereits erfolgreich ausgefüllt; dazwischen klaffen große Lücken. Selbst Mehrdeutigkeiten sind nicht auszuschließen. – Wie können wir das Lösungswort angeben, ohne das Rätsel vollständig gelöst zu haben? Deshalb zu Beginn drei grundsätzliche Feststellungen:

1. Es würde mich nicht zu sehr überraschen, wenn sich einmal Konzepte zur Erklärung der Geschichte und Struktur des Kosmos finden lassen würden, die nicht im Widerspruch zu den Naturgesetzen stehen.

► Da aber grundsätzlich nichts über die Herkunft und Ursache eines Urknalls und bislang auch nichts Definitives über die Zukunft des Kosmos (offen oder geschlossen) gesagt werden kann, drängt sich mir der Vergleich mit einem falsch zugeknöpften Hemd auf: Am Anfang sind Dinge nicht zu klären, dazwischen gibt es einige „Knöpfe, die passen“ und das Ende ist auch wieder offen.

2. Aber selbst mit diesem für die Kosmologen noch in weiter Ferne befindlichen Ziel einer universellen Metatheorie, die man sich aufs T-Shirt schreiben könnte, wäre nicht viel gesagt. Denn mit Messen und Beobachten nehmen die Naturwissenschaftler zwar die Wirklichkeit wahr. Aber diese Wahrnehmung allein erklärt die Wirklichkeit noch nicht, denn die Fakten lassen meist mehrere Erklärungen zu. Den Theoretikern steht ein gewisser Spielraum offen für spielerische Versuche zu Theorieentwürfen. In einer Theorie kommen beobachtete Fakten mit eigenen Vorstellungen und inneren Bildern zur Deckung. Diese enthalten Denkstrukturen wie Logik, Begriffe und mathematische Modelle, in schlechten Fällen sogar unsere Vorurteile.

► Der Kosmos ist so komplex, dass selbst eine konsequent durchdachte Theorie nur mit sehr geringer Wahrscheinlichkeit das tatsächlich abgelaufene Programm darstellen würde.

► Es wäre damit allenfalls gesagt, dass man Grundzüge des Kosmos auch ohne Schöpfer denken kann. Aber es kann nie ein

Beweis gegen ihn sein. Wahrscheinlicher ist dagegen, dass nur ein von Gott geschaffenes Strickmuster freigelegt worden wäre und dass der Kosmos eben nicht so chaotisch angelegt ist, dass nicht klare Muster erkennbar wären.

Eine Theorie ist dann gut, wenn sie möglichst viele Beobachtungen erklärt und zukünftige Ereignisse richtig vorhersagen kann. Keine naturwissenschaftliche Theorie kann aber die Wahrheit für sich beanspruchen. Es gibt daher keine wahren Theorien, sondern nur erklärende und widersprechende. Naturwissenschaftler mögen sich so der Wahrheit nähern, aber nie zu absolut wahren Aussagen über einen Gegenstand kommen.

3. Ein dem Kosmos unterlegter Plan ist unübersehbar und die beschriebenen „glücklichen Umstände“ können als Designer-Merkmale gelten.

Angenommen, man fände irgendwo in der Wüste eine Taschenuhr. Beim näheren Betrachten bemerkt man die komplexe Organisation ihrer Teile und wie diese alle auf ein gemeinsames Ziel zuarbeiten.

► Selbst wer niemals eine Uhr gesehen und keine Vorstellung von ihrer Funktion hätte, würde doch allein durch Betrachten der Abläufe auf den Gedanken kommen, sie habe einen intelligenten Urheber und sie sei für einen Zweck gebaut worden.

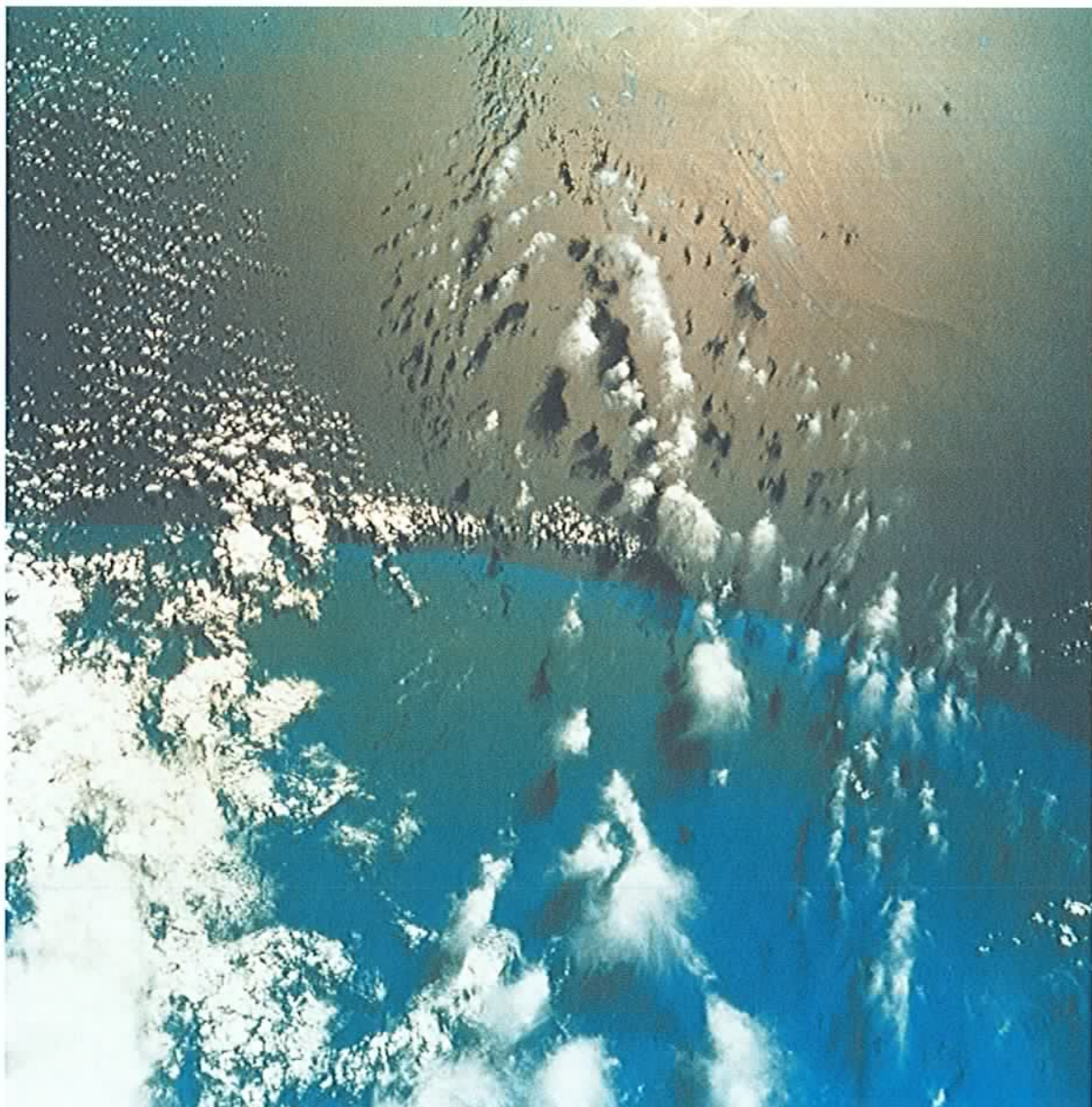
Wir können diesen Schluss bei der Betrachtung der komplexeren und noch viel stärker vernetzten Natur noch weniger vermeiden. Mir kommt es oft vor, als sei die unübertroffene Schönheit und Komplexität des Kosmos ein internationalisiertes, zeitloses Synonym für „Made by God“.

„Ursprungsforschung ist ein dreidimensionales Puzzle, bei dem die meisten Teile fehlen und es kein Bild auf der Verpackung gibt.“

Die Natur als Lehrbuch

Mein Beitrag hier kann alles andere als eine erschöpfende Beschreibung der Nahtstelle von Naturwissenschaft und Theologie sein, sondern will eher die Darstellung meiner persönlichen Suche nach einem Verständnis sein.

Jedenfalls hat schon immer die Ordnung der Natur mit ihrer Vielfalt, Majestät und Raffinesse auf den Menschen großen Eindruck



gemacht. Die majestätische Prozession der Sterne über das dunkle Himmelsgewölbe, die Rhythmen der Jahreszeiten, die Struktur einer Schneeflocke, die Anpasstheit der Myriaden von Lebewesen an ihre jeweilige Umwelt – all diese Dinge scheinen zu gut geordnet zu sein, als dass sie ein bloßer Zufall sein können.

Mit der Entwicklung der Naturwissenschaften lernten wir die Wunder der Natur immer besser kennen; heute finden wir Ordnung sowohl in den tiefsten Winkeln des Atoms als auch in den entferntesten Galaxien – von der Unendlichkeit bis zu den Grenzen des Nichts. Sicherlich wäre die Feststellung übereilt, die Naturwissenschaftler hätten den hohen Grad der Organisationsformen völlig verstanden. Die geniale Konstruktion des Universums verlangt nach einer tieferen Erklärung, die uns – und nicht zuletzt die Naturwissenschaftler – immer wieder an das „Woher“, und damit an die religiöse Frage heranführt. Ich halte zudem die Existenz von Geist und Verstand – also das Bewusstsein für unsere Welt – nicht für eine sinnlose und zufällige Laune der Natur, sondern für einen Hinweis auf eine tiefere Seins- bzw. Erklärungsebene, die den Weltvordergrund – alles, womit wir gegenständlich umgehen – als Untermenge trägt.

Ich glaube, wir haben es neu zu lernen, interdisziplinär zu denken. Wir haben uns zu sehr mit dem Spezialistentum arrangiert; wir haben uns zu Experten machen lassen, die von immer weniger immer mehr verstehen und dabei Gefahr laufen, die großen Zusammenhänge aus dem Auge zu verlieren. Sicher bin ich als Naturwissenschaftler zunächst der empirischen Methode verpflichtet, aber ich möchte als Mensch auch die „Erkenntnismöglichkeit des Herzens“ kultivieren, denn bekanntlich sieht man nur mit dem Herzen gut.

Deshalb müssen wir im Laufe unserer deduktiven Vorgehensweise zum Verständnis der Welt früher oder später etwas als gegeben annehmen, sei es nun Gott, den Urknall, unsere Logik, eine Reihe von Gesetzen oder eine andere Seinsgrundlage. Denn „letzte“ Fragen liegen immer hinter dem Bereich der Erfahrungswissenschaften. Es wird immer ein „Geheimnis am Ende der Welt“ geben, aber es lohnt sich, den Weg der verstandesmäßigen Suche bis an seine Grenzen zu verfolgen.

Natürlich kenne ich Stimmen, die eine „Hypothese Gott“ für eine unnötige Komplizierung unserer Wirklichkeit halten. Dafür gibt's ja Meinungs- und Entscheidungsfreiheit.

Jedenfalls geht es nicht darum, Gott aus Messungen herzuleiten wie den Energiesatz. Die Naturwissenschaft wird es nicht leisten können, Gott als Schöpfer vorzuführen, aber sie ist mit ihren Daten bei allen Einschränkungen Zeuge seiner Eigenschaften und der

Qualitäten seines Handelns. Beide Bereiche menschlicher Erfahrung, will man sie ernst nehmen, sperren sich gegen nahtlose Übergänge und vollkommene Harmonisierung. Eine Grenze bleibt bestehen, aber sie soll dennoch überschritten oder „quantenmechanisch“ durchtunnelt werden – zumindest punktuell. Mehr ist nicht zu erwarten. Sicher müssen dabei die Regeln im jeweiligen Gebiet beachtet werden. Ich bin aber von der Überzeugung getragen, dass Glaube und Naturwissenschaft zwei verschiedene Wege, oder besser gesagt komplementäre Wege sind, die ganze Wirklichkeit zu erfahren. Mit „Glauben“ beziehe ich mich auf die Bibel, deren Konzepte mir wichtige Werkzeuge und Erkenntnisse liefern. Dabei betrifft der Glaube den innersten Bereich des Menschen, ansonsten bliebe er belanglose Metaphysik. Mit „Glauben“ meine ich die persönliche Verfahrensweise, Gott, die Welt und meine eigene menschliche Existenz in Verbindung zu bringen. Dabei sind Naturwissenschaft und Glaube sicher grundsätzlich verschieden, nicht nur in ihren Ausgangspunkten, sondern allgemein in ihren Methoden der Wahrnehmung. Im alltäglichen Sprachgebrauch wird Glaube oft mit mangelhaftem Wissen gleichgesetzt. Das ist hier nicht gemeint. Glaube und Naturwissenschaft können beide nur dann ernst genommen werden, wenn die Verschiedenheit sowohl ihrer Methoden wie auch ihrer Ziele anerkannt wird.

Um beides zusammenzubringen, ist deshalb ein übergeordneter Standpunkt nötig, von dem aus Glaube und Naturwissenschaft unter einen gemeinsamen Blickwinkel fallen. Aus der Sicht des Glaubens wird staunend eine „Tiefendimension“ im Universum wahrgenommen. Sie ist, für sich genommen, keine direkte Gotteserkenntnis, deutet jedoch die Einbettung des Alls in etwas Umfassendes, Übergeordnetes an. Diese Erkenntnis führt die Heilige Schrift so weit aus, dass sie die sichtbare Welt eingebettet sieht in die große Kulisse einer transzendenten Welt.

Man hat die erkenntnistheoretische Vorgabe, dass nur anhand der sichtbaren Wirklichkeit etwas Verlässliches über unsere Welt ausgesagt werden kann, zum Dogma erhoben, sodass es danach jenseits der sichtbaren Wirklichkeit nichts mehr gibt bzw. gab. Sicherlich besteht einerseits der Freiraum für das Forschen im sichtbaren Kosmos nach Maßgabe der Vernunft, andererseits gibt es aber auch die Erkenntnismöglichkeit der Offenbarung des Schöpfers in unsichtbaren Dimensionen nach Maßgabe seines Wortes, seines

„Die Naturgesetze stellen nichts anderes dar als eine wissenschaftliche Beschreibung von Gottes Handeln. Sie bezeugen seine Treue, nicht seine Abwesenheit.“

Peter Rüst, Biochemiker und Informatiker



„Wir schauen jenseits von bloßen Erscheinungen, wenn wir nach der tieferen Bedeutung der 'Dinge' suchen.“



*„Gott kann man zwar
mit dem Verstand
suchen, aber finden wird
man ihn nur mit dem
Herzen.“*



Geistes und der Offenbarung des Herzens, sodass letztlich die Theologie die Übergröße einer ganzheitlichen Betrachtung sein muss.

Da ich nicht von der vollständigen Versöhnbarkeit von Naturwissenschaft und Theologie überzeugt bin, wünsche ich mir zumindest einen differenzierten Dialog. Denn ich bin zutiefst überzeugt, dass beide Disziplinen zusammengenommen sich gegenseitig befruchten und uns den besten Blick fürs Ganze geben.

Es ist sicher falsch – und zwar immer, überall und für jedermann – ohne genügend Evidenz irgendetwas zu glauben. Dabei hat allerdings jeder für sich die Frage zu beantworten, was „genügend“ für ihn ist. Jedenfalls meint der Kosmologe George Ellis von der University Cape Town: „Es gibt eine große Menge Daten, welche die Existenz eines Gottes unterstützen.“ Mehr kann man von der Naturwissenschaft, die sich um Sichtbares und Messbares zu kümmern hat, nicht erwarten. Viele fundamentale Konstanten der Natur sind gerade so angelegt, dass sie Leben erlauben. Selbst kleine Änderungen würden Leben unmöglich machen. Man fragt sich auch zu Recht, warum die Mathematik so erfolgreich auf unsere Welt angewandt werden kann. Wissenschaftler wie Ellis, Polkinghorne, Davies und andere argumentieren: weil das Universum geplant wurde.

Selbst dort, wo unsere gefallene Natur wie ein Leichentuch die Schönheit und Erhabenheit der Schöpfung zu verdecken scheint, sind Spuren eines Designers unübersehbar, und es darf immer wieder gelingen, durch sie den Schöpfer zu erkennen.

Es ist nicht unbedingt zu erwarten, dass jemand wegen ungewöhnlicher quantenmechanischer Vorgänge zu einer Gotteserkenntnis geführt wird, und es mag Zeitgenossen geben, bei denen entsprechende wissenschaftliche Ergebnisse nie Glaubenskrisen ausgelöst haben und die mein Thema gar nicht interessiert. Aber für Menschen in der Mitte dieses Spektrums mag es eine entscheidende Hilfe sein zu erkennen, wie Gott in der Natur handelt. Gleichnisse aus der Natur – natürliche Dinge, die uns zu geistlichen Einsichten verhelfen.



Das Rätsel hoher Alter

In Nachgesprächen zu Vorträgen werde ich oft auf die Frage angesprochen, wie sich die ermittelten hohen Modellalter des Universums, des Planetensystems und der Erde mit dem Bericht der Genesis verhielten. Ohne eine allgemein gültige Antwort parat zu haben, möchte ich einen Lösungsansatz zur Diskussion stellen.

Es gilt zu beachten, dass der Genesisbericht keine naturwissenschaftliche Beschreibung der Anfänge oder eine Rezeptvorlage ist, sondern eher eine nach hinten gerichtete prophetische Schau. Ohne dass sich Menschen persönlich ansprechen lassen, ist ihr Sinn verfehlt. Sie will jedoch auch naturwissenschaftliche Aussage in dem Sinne sein, dass sie etwas zur konkreten Weltwirklichkeit zu sagen hat. Ansonsten wäre sie reines Infotainment. Das Eigentümliche und für uns schwer Verständliche ist dabei, dass hier theologisches und naturwissenschaftliches Erkennen spannungslos nebeneinander ruhen. Beide Arten der Erkenntnis gehen nicht nur parallel; sie gehen ineinander auf.

Denkbar ist, den ersten Satz der Genesis: „Am Anfang schuf Gott Himmel und Erde ...“ zusammenzubringen mit dem „Rohbau“ des Kosmos: die großen Strukturen wie Sterne, Galaxien und Galaxienhaufen wurden geschaffen. Die sieben Schöpfungstage könnten sich nach einer unbestimmten Zeit anschließen und beschreiben so die Ausgestaltung der „Biosphäre“, sozusagen die Inneneinrichtung der Erde.

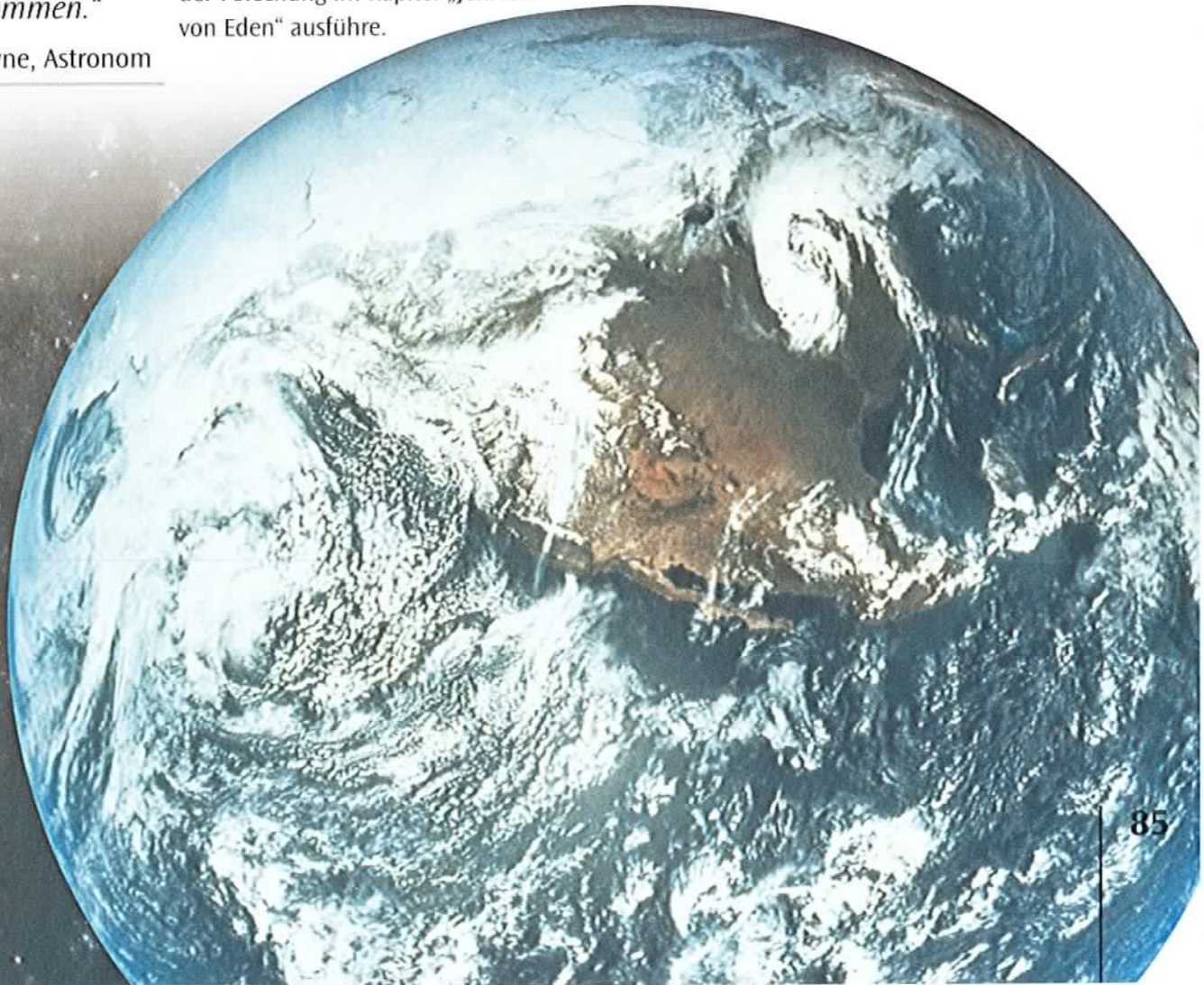
Wenn die Lichter am Himmel am vierten Tag erscheinen, so könnten sie möglicherweise schon vorher existiert haben (1. Mose 1,3) und durch Veränderung der Erdatmosphäre erst sichtbar geworden sein. Ich drücke das bewusst in der Konditionalform aus, weil dies exegetische Fragen aufwirft und nicht notwendigerweise so verstanden werden muss. So ist es unter der dichten Wolkendecke der Venus oder des Saturnmondes Titan bis heute noch nie richtig Tag geworden. Jedenfalls reden wir bereits vom 4. Schöpfungstag. Da auch logischerweise die Genesis von Tag als Zeitspanne zwischen Morgen und Abend spricht, müsste die Sonne bereits vor dem 4. Schöpfungstag existiert haben. Denn ein Tag ist nun mal eine Umdrehung der Erde in Bezug auf die Sonnenrichtung.

„Die Bibel sagt uns nicht, wie der Himmel funktioniert, sondern wie wir dort hinkommen.“

George Coyne, Astronom

Natürlich bleibt ein solcher Erklärungsversuch – wenn auch reizvoll – spekulativ und muss als Behelf gelten, könnte aber an dieser Stelle einfach einmal bedacht werden. Insbesondere gilt für mich das, was ich zu Grenzen gesicherten Wissens im Grenzbereich der Forschung im Kapitel „Jenseits von Eden“ ausführe.

„Nicht die Frage der Vereinbarkeit, sondern die nach Wahrheit muss im Zentrum stehen, wenn Tragfähiges herauskommen soll.“

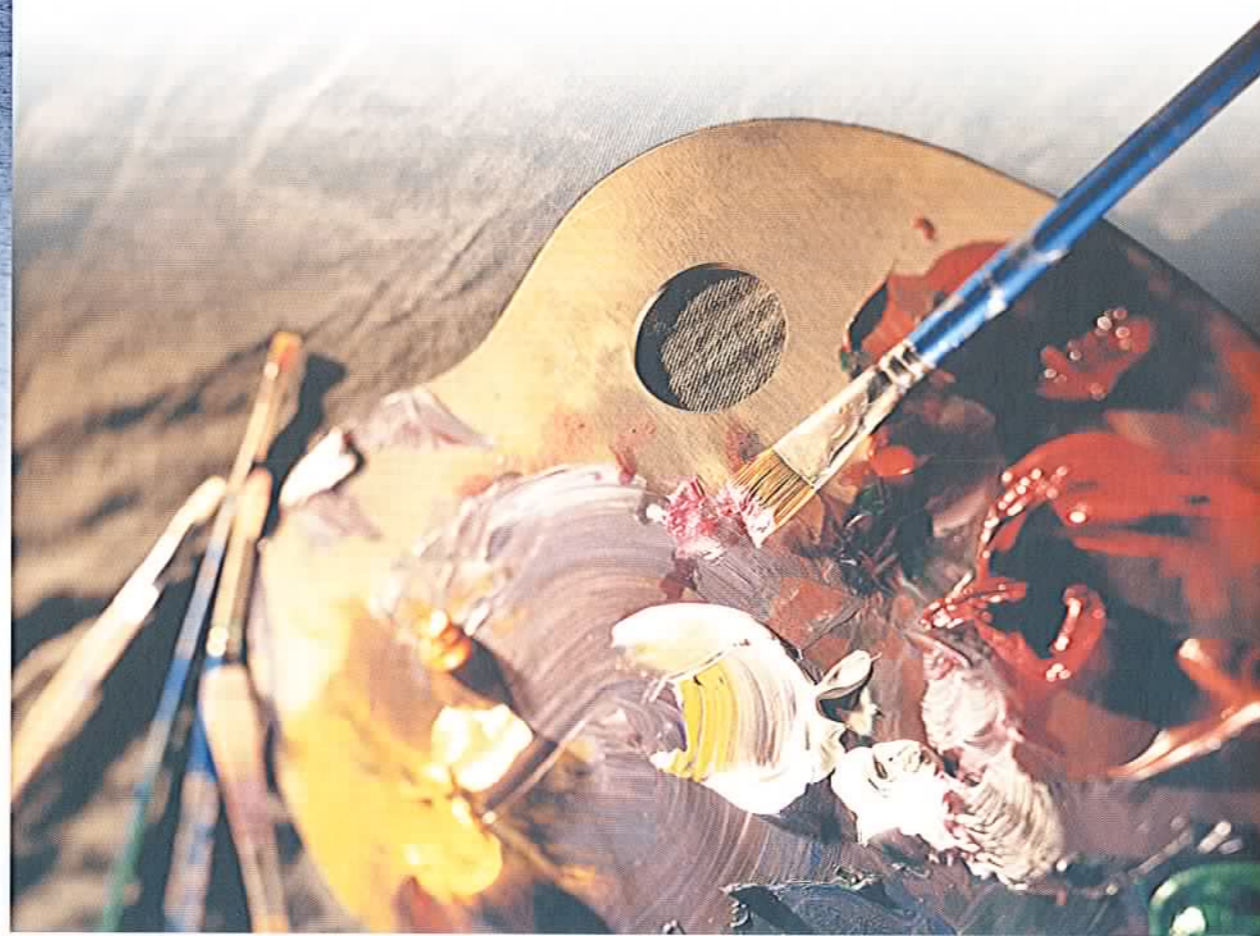




*„Intellektuelle
Errungenschaften haben
spirituelle Bedürfnisse
weder gestillt noch
beseitigt.“*

Bekenntnisse führender Astronomen unserer Tage

Ein halbes Jahrhundert lang war Allan Sandage den Geheimnissen des Universums auf der Spur. Die Astronomen nennen den Senior ihrer Zunft respektvoll „Mister Cosmology“. Zu Recht darf angemerkt werden, dass der exakte Empiriker als Schwarmgeist bisher sicher nicht aufgefallen ist. Nun legt der weißhaarige Gelehrte, der nach eigenen Worten als junger Mann praktizierender Atheist war, überraschend eine Art Glaubensbekenntnis ab: „Die Erforschung des Universums hat mir gezeigt, dass die Existenz von Materie ein Wunder ist, das sich nur übernatürlich erklären lässt.“¹⁰ Auch der Schweizer Astronom Gustav Tammann hat seine Erfahrung in deutliche Worte gefasst: „Wer klar bei Verstand ist, kann die Möglichkeit eines Schöpfers nicht ernsthaft ausschließen.“¹⁰ Oder der Physiker und Wissenschaftsautor Paul Davies, der sich zu keiner der großen Religionen bekennt, meint dennoch: „Wenn wir Gott spielen und die Werte für die Naturkonstanten und -kräfte frei wählen könnten, würden wir wohl entdecken, dass fast alle Einstellungen das Universum unbewohnbar machen würden.“ Eines seiner Bücher nannte er „Der Plan Gottes“.





Die Mäusewelt wurde zunehmend fortschrittlicher und moderner. Eines Tages formierte sich ein weiteres Forschungsteam für eine neue Expedition in die Außenwelt über ihnen. Als es wieder zurückkam, machte es sich ein wenig lustig über die damalige Vorstellung der Alten: „Unser Mäusevater – er ruhe in Frieden – hat sich wohl etwas vertan bei der Interpretation dessen, was er gesehen hatte. Hinter den Hämmerchen des Klaviers befinden sich nämlich aufwendige Mechanismen, die durch zufällige, chaotisch auftretende Ereignisse angeregt werden und nach einer großen Theorie der Vereinheitlichung wohl geordnet auf die energiegeladenen Stahldrähte schlagen, die quer durch den ganzen Klavier-Raum gespannt sind.“ Nun hatte also selbst das Chaos seine Theorie ...

Jenseits von Eden

Könnten Teleskope Aufnahmen von der Geburtszeit des Kosmos liefern? Könnte noch bessere Technik zum Anfang der Welt zurückblicken? – Fernrohre, die dafür stark genug wären, ließen sich bauen, dessen sind sich Experten sicher. Nur weiß noch niemand, ob sie etwas nützen würden, denn je tiefer wir schauen, umso mehr Objekte überdecken das Firmament. Für einen fernen Blick mit dem Hubble-Weltraumteleskop suchte man so genannte „Schlüssel-löcher“. Jedenfalls könnte es so werden, dass die Astronomen vor lauter Sternen den Himmel nicht mehr sähen. Andererseits wäre gemäß diskutierter überlichtschneller Bewegungen während der „inflationären Phase“ ein Anfang grundsätzlich nicht sichtbar.

Diese Erkenntnis einer ultimativen Grenze deckt sich in ihren Grundzügen mit meiner persönlichen Sichtweise aus der Perspektive der Genesis. Wenn wir die Schilderung ernst nehmen, dann liegt zwischen der Schöpfung und unseren heutigen Beobachtungen ein einschneidendes Ereignis: der Sündenfall. Durch ihn trat erstmals das Element des Zerfalls, des Todes, in die Welt – eine Form abnehmender Ordnung, die wir mit dem physikalischen Begriff der *Entropie* beschreiben. Physikalisch gefolgert, könnte das heißen, dass wir heute mit einer anderen Physik umgehen, als sie in den Anfängen vorlag. Obwohl ich als Physiker davor zurückschrecke, eine andere Physik – nämlich mit verschwindend kleiner Entropie – zu fordern, sehe ich an dieser Stelle keinen anderen Ausweg. Jedenfalls kannte die „Physik der Schöpfung“ im beschriebenen Sinn nicht das Element der Entropie. Sie gibt es erst seit dem Sündenfall. Ist deshalb aus der Sicht der Genesis eine ultimative Grenze für unsere Beobachtungen gegeben? Lassen sich mit der uns bekannten Physik deshalb die Dinge allenfalls bis zur Epoche des Sündenfalls zurückverfolgen? Wenn ich den Bericht der Genesis zur Kenntnis nehme, unterliegen dann nicht weiter gehende Schlüsse einer Fehlinterpretation oder der Spekulation, weil sie diesen Einschnitt nicht berücksichtigen können?

Damit hätten die heute beobachtbaren Phänomene sozusagen die Erinnerung an die Anfänge verloren und unsere Wirklichkeit ließe folgenden Vergleich aus der Thermodynamik zu: Wenn ich ein Glas heißen Wassers habe, so weiß ich, dass es in wenigen Stunden kalt

sein wird. Wenn man mir andererseits ein Glas kalten Wassers gibt, so weiß ich nicht, ob es nicht Stunden zuvor heiß war, weil Einzelheiten der thermischen Geschichte des Wassers einschließlich der Anfangsbedingungen durch thermodynamische Vorgänge unwiederbringlich ausgelöscht wurden. Es wäre dann – außer auf sehr grobe Weise – unmöglich herzuleiten, wie das Universum begann, und man kann nur Mutmaßungen anstellen, wie es einmal begonnen haben könnte.

Es gibt Facetten der Wirklichkeit, die jenseits einer experimentellen Nachprüfbarkeit oder Verifizierung und jenseits der Macht menschlichen Denkens liegen. Das haben die zuvor dargestellten naturwissenschaftlichen Konzepte im Grenzbereich der Dimensionen gezeigt, und wir begegnen dieser Tatsache auch bei einer gesamtheitlichen Betrachtung der Genesis. Deshalb möchte ich respektieren: Mit der Schöpfung berühren wir ein Geheimnis, für das wir letztlich keine Sprache haben.

Die sichtbare Welt ist offen für die unsichtbare Welt und es geht dabei um die Frage, ob die Vernunft Fragen offen lässt, die die Offenbarung beantwortet. Es soll also darum gehen, dass wir in der sichtbaren Dimension Schnittstellen zur Unsichtbaren erkennen, ohne zugleich zu antizipieren, wie die Entsprechung auf der unsichtbaren Seite auszusehen hätte. Es handelt sich also um die Frage, was die Vernunft zu leisten vermag. Einerseits muss ein Freiraum bleiben für das Forschen nach Maßgabe der Vernunft, der aber andererseits die Vernunft an ihre Grenzen erinnert und die Selbstoffenbarung Gottes als diese Grenze bestimmt, die ihrerseits erst den sinnvollen Vernunftgebrauch lenkt.

Ich will und kann nicht eine „endgültige“ Gestalt biblischer Schöpfungslehre für alle Zeiten festschreiben. Wohl aber gilt es, mit dem Zeugnis von Gott als Schöpfer den Herausforderungen unserer Zeit zu begegnen. Das sollte illusionären oder künstlichen Wirklichkeitsbildern und Ideologien, in denen menschliches Leben gefangen ist, gegenübergestellt werden.

Wir können Gott heute immer nur „von hinten“ erkennen: an dem, was er tat, z. B. in der Schöpfung. Aber das wird sich ändern. Er wird uns nicht immer verborgen bleiben. In Gottes neuer Welt „werden wir ihn sehen, wie er ist“. Aus dieser Sicht haben die „Zei-

„Das Einzige, was Naturwissenschaft zu Wege bringen kann, ist eine physikalisch konsistente Extrapolation in die Vergangenheit ohne Gewähr auf geschichtlichen Ablauf.“

Alfred Krabbe, Astrophysiker

chen der Schöpfung“, die in der Natur erkennbar sind, und damit die Skizze der Menschheitsgeschichte als „Roter Faden“ einen großartigen Dreiklang:

- Und Gott sprach ... (Genesis)
- Und Gott erlöste ... (Bericht des Johannes)
- Und Gott wird neu machen ... (Offenbarung)

„Dann sah ich einen neuen Himmel und eine neue Erde. Der erste Himmel und die erste Erde waren verschwunden, und das Meer war nicht mehr da ...“

Von dem Thron her hörte ich eine starke Stimme:
Jetzt wohnt Gott bei den Menschen! Er wird bei ihnen bleiben und sie werden sein Volk sein.
Gott selbst wird als ihr Gott bei ihnen sein.

Er wird alle Tränen abwischen.
Es wird keinen Tod mehr geben und keine Traurigkeit, keine Klage und keine Quälerei mehr.
Was einmal war, ist für immer vorbei.
Dann sagte der, der auf dem Thron saß:
Jetzt mache ich alles neu!“

Offenbarung 21, 1-5



... dennoch ließ es sich der unsichtbare Klavierspieler nicht nehmen, für die Welt der Mäuse weiterhin täglich die schönsten Melodien zu spielen.



„Lied der Schöpfung“ nach meinem studentischen Tagebuch

Wie groß bist Du! –

Ich will Dich rühmen, mein Gott.

Unaussprechlich reich sind Deine Werke.

Der Kosmos rühmt Deine Größe,
die Sterne stimmen mit ein.

Mit unüberhörbarer Sprache, auch ohne Bits und Bytes.

Und die Geschöpfe loben Dich, den Meister.

In Deiner Weisheit hast Du alles geschaffen
und die Erde ist voll von Deinen Schöpfungen.

Hundert Milliarden Galaxien gleiten durch den Raum,
und Hunderte von Milliarden Sternen drehen sich
wie eine Töpferscheibe

um den geheimnisvollen Kern jeder Galaxie.

Der Sonne Glanz – pro Sekunde das Millionenfache
des jährlichen Energiebedarfs der Menschen –
und die Fülle der Erde sorgen für Lebensbedingungen
für Millionen Arten von Lebewesen.

Jedes einzelne ein Wunder
an Zweckmäßigkeit, Schönheit und Raffinesse.

Sie alle künden von Deiner Weisheit.

Ihre Sprache sind nicht die Wissenslücken,
sondern die Vollkommenheit,
die Symmetrie und die Gesetze,
von denen wir viele nicht kennen.

Ihre Beständigkeit lässt uns aber etwas ahnen
von der zeitlosen Treue Gottes,
die Stehvermögen hat.

Wenn ich all das sehe, den Himmel, Deiner Hände Werk,
den Mond und die Sterne, die Du bereitet hast:

Was ist der Mensch, dass Du seiner gedenkst
und Dich seiner annimmst?

Ein Sandkorn am Strand der Weltenmeere,
ein Wassermolekül am Becken der Ozeane.

Was ist der Mensch gegen Deine Ewigkeiten?

Und doch, als ich, dieser Hilflose, rief,
hörtest Du mich und hast mir aus allen Nöten geholfen.

Der Engel des Herrn lagert sich um die, so ihn fürchten
und hilft ihnen heraus.

Wohl dem, der auf ihn traut.

Jedes Mal, wenn eine Zelle sich teilt,
jedes Mal, wenn ein Regentropfen fällt,
jedes Mal, wenn sich ein Quantensprung ereignet,
bist Du da und hältst Deine Verheißungen aufrecht.

Jede Sekunde, die durch den Kosmos tickt,
jeder Puls, der durch meine Adern taktet,
ist Zeuge Deiner Gegenwart.

Deine Liebe kann niemand mehren,
Deine Barmherzigkeit niemand schmälern.

Meine Hilfe kommt von dem Herrn,
der Himmel und Erde gemacht hat.

Er wird meinen Fuß nicht gleiten lassen,
und der mich behütet, schläft nicht.

Gottes Wirken übersteigt alles Wissen in unseren Datenbanken.

Wenn wir offen sind für ihn, erfahren wir Neues,
etwas, das uns in Jesus begegnet:

die Erlösung für ein unvergängliches Leben bei ihm.

Ich über mich

Mein berufliches Leben kennt unterschiedliche Facetten: Während meiner Zeit als Maschinenbauer war es das praktisch-funktionale Element; als Physiker am Max-Planck-Institut für Kernphysik in Heidelberg bekam ich Einblicke in die Welt der kleinsten Einheiten der Materie. Letztlich hat es mich in den Bereich der Astronomie verschlagen. Weltraumforschung war dann auch die Disziplin, die mich am meisten faszinierte. Teilweise waren es interessante Technologieentwicklungen mit internationalen Teams oder einsame Beobachtungsnächte auf der Sternwarte, wo über der Kuppelöffnung die Sterne wie Diamanten hingen. Oder es waren gemeinsame Nachtbeobachtungen – teilweise noch mit dem Pluto-Entdecker Clyde Tombough in den USA –, die Betreuung eines Weltraumexperiments, das Abrufen von Satellitendaten in der Bodenempfangsstation oder die Auslegung eines gigantischen Weltraumobservatoriums an den Grenzen des technisch Machbaren. Gleichzeitig waren es immer auch interessante Begegnungen mit netten Menschen von der Küste Kaliforniens bis nach Kyoto in Japan.

Neues Interesse weckte immer wieder die Analogie zwischen dem Bereich des Mikro- und Makrokosmos, die Möglichkeiten des Verschiebens beobachtbarer Grenzen ... und dieses Setzen neuer Meilensteine ist nicht abgeschlossen. Möglicherweise ist es nicht abzuschließen, weil es immer letzte Geheimnisse geben wird. Dies stützt meine persönliche Überzeugung, dass der sichtbare Weltvordergrund getragen und bedingt ist durch eine komplementäre Seinstiefe, die in Gott wurzelt.

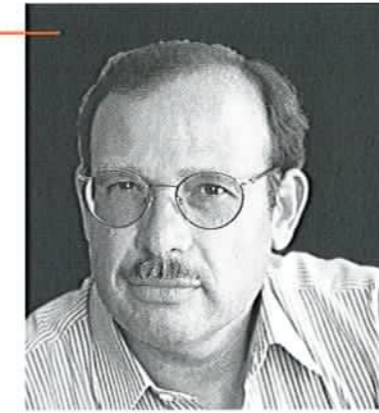
Ich wollte meine persönliche Faszination über die Fülle neuer



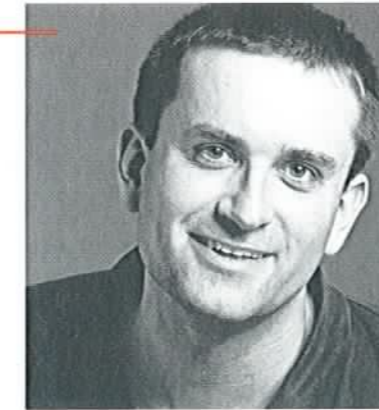
Erkenntnisse der Naturwissenschaft vermitteln, sie mit Aspekten des praktischen Glaubens zusammenbringen, beides wieder auseinander halten, weil der Versuch, von der Naturwissenschaft auf Gott zu schließen, scheitern muss. Gleichzeitig wollte ich zeigen, wie aus der Sicht eines Astrophysikers hoffendes Vertrauen aussehen und wachsen kann. Denn nach meiner Überzeugung wird uns die in der Teilchenphysik, der Biologie und der Kosmologie beobachtete Kreativität des Schöpfers den Gottesbegriff wieder näher bringen. Ich wollte auf der Grundlage der neuesten naturwissenschaftlichen Erkenntnisse den Urfragen der Menschheit nach Sinn und Ziel des Universums nachspüren und Berührungspunkte mit dem Glauben herstellen.

Wir über uns

Peter Egelhof. Ich habe meinen früheren Kommilitonen Prof. Dr. Peter Egelhof gewinnen können, mit mir das anspruchsvolle und weit gespannte Thema dieses Buches anzugehen. Peter Egelhof studierte mit mir zusammen Physik an der Universität Heidelberg, promovierte am Max-Planck-Institut für Kernphysik in Heidelberg und ist heute nach mehrjährigen Aufenthalten an den Universitäten Basel und Mainz wissenschaftlicher Mitarbeiter der Gesellschaft für Schwerionenforschung, GSI in Darmstadt. Er hat sich mit seinen Forschungsarbeiten im In- und Ausland auf die Kern- und Teilchenphysik konzentriert und geht aus dieser Perspektive unter anderem auch astrophysikalische Fragestellungen an. Zusätzlich zu seiner Forschungstätigkeit bei der GSI in Darmstadt hält er als außerplanmäßiger Professor an der Universität in Mainz Vorlesungen, unter anderem über nukleare Astrophysik. Er war mir fachlich eine entscheidende Hilfe.



Johannes Weiss. Es ist mir zusätzlich gelungen, die Zusage zur Mitarbeit von einem sozusagen „alten Bekannten“ zu bekommen, der mir als Grafiker schon seit meiner Tätigkeit als Buchautor unentbehrlich geworden ist. Er hat sich in die Wunder des Kosmos, die diesem Buch seinen Stempel aufdrücken, hineingearbeitet und seine Empfindungen in spektakulären Bildern wiedergegeben.



Angelo Boog. Die Aquarelle des Wissenschaftlichen Illustrators setzen in feinen Pastelltönen einen Kontrast zu den Fotografien und visualisieren in lockerer Art den Textinhalt.

Anhang

Dimensionen zwischen Quarks und Galaxien

Zu kleinen Dimensionen hin ist die Größenskala durch die Plancksche Elementarlänge begrenzt.

10^{-17} m = 0,000 000 000 000 000 01 m: Obere Grenze der Struktur von Quarks; Schwelle zum Unbekannten

Femto 10^{-15} m = 0,000 000 000 000 001 m: Größe des Protons

10^{-14} m = 0,000 000 000 000 01 m: Größe des Atomkerns

Nano 10^{-9} m = 0,000 000 001 m: Viren

Mikro 10^{-6} m = 0,000 001 m: Pantoffeltierchen

Milli 10^{-3} m = 0,001 m: Hautfalten

— 10^0 m = 1 m: Beistelltisch

Kilo 10^3 m = 1 000 m: 5 Minuten zu Fuß

Mega 10^6 m = 1 000 000 m: Deutschland von Süden nach Norden

Giga 10^9 m = 1 000 000 000 m: Größe des Saturnrings

Tera 10^{12} m = 1 000 000 000 000 m: Bereich der inneren Planeten

10^{15} m = 1 000 000 000 000 000 m: Oortsche Wolke

10^{20} m = 1 000 000 000 000 000 000 000 m:
Milchstraßendurchmesser

10^{23} m = 1 000 000 000 000 000 000 000 000 m:
Lokale Gruppe

10^{26} m = 1 00 000 000 000 000 000 000 000 000 m:
beobachtbarer Kosmos

Zu großen Dimensionen hin ist die Größenskala durch Auflösungsvermögen bzw. Helligkeit und damit durch den Beobachtungshorizont begrenzt. Insgesamt sind heute rund 60 Größenordnungen erfassbar, das ist eine 1 mit 60 Nullen:

1 000

Begriffserklärungen

Asteroiden. Asteroiden oder Planetoiden sind Himmelskörper, die zu einer Population von vielen Tausenden von Objekten gehören, die sich zwischen Mars und Jupiter befinden. Typische Größe: einige 100 Meter bis zu 1 000 Kilometer. Ihr Ursprung geht möglicherweise darauf zurück, dass das mächtige Jupiter-Gravitationsfeld die Bildung eines größeren (Planeten-)Körpers in diesem Bereich verhinderte.

Atome. Sie sind die kleinsten Teilchen mit den Eigenschaften eines chemischen Elements. Die klassische Vorstellung eines Atoms ist die eines Mini-Planetensystems, in dem der Atomkern von den Elektronen umkreist wird. Jedoch lässt sich die wahre Struktur eines Atoms kaum veranschaulichen und nur quantenmechanisch erfassen.

Blasenkammer. Sie dient dem Teilchenphysiker als Nachweisgerät von kleinsten Teilchen. Sie ist mit einer Flüssigkeit gefüllt, die leicht über den Siedepunkt bei Normaldruck erwärmt wird. Die Flüssigkeit steht, solange die Kammer nicht arbeitet, unter Überdruck, sodass die Flüssigkeit nicht sieden kann. Soll eine Teilchenspur aufgezeichnet werden, so wird der Druck kurzzeitig erniedrigt. Das Sieden setzt nun lokal ein, und zwar entlang der Spur eines einfallenden Teilchens. Kurz danach wird der Druck wieder erhöht, um das Sieden im ganzen Kammervolumen zu vermeiden. Die entlang der Teilchenspur gebildeten Bläschen können nun fotografiert werden.

Blasenstruktur. Über die globale Struktur des Kosmos und ihre Entstehung ist nur wenig bekannt. Bei Galaxien geht man davon aus, dass sie sich auf der Oberfläche von „Blasen“ gebildet haben könnten, die einen Durchmesser von Hunderten

von Millionen von Lichtjahren haben. Innerhalb dieser Blasen gibt es gewaltige Leerräume, in denen nahezu keine Galaxien vorhanden sind. Es ist unklar, wodurch diese Blasen entstanden sind.

Braune Zwerge. Dies sind „Zwiterobjekte“ im Weltraum zwischen Planet und Stern. Sie übertreffen die Masse eines typischen Planeten um ein Vielfaches, liegen aber noch unterhalb der kritischen Masse, um in ihrem Innern die Bedingungen für Kernfusionsreaktionen zu erzeugen.

Challenger. Eine von insgesamt vier Raumfähren der NASA-Space-Shuttle-Flotte, die als wiederverwendbares Fluggerät der bemannten Raumfahrt im erdnahen Raum eingesetzt wurde. Kurz nach dem Start von Challenger am 28.01.1986 wurde in einer tragischen Explosion die Raumfähre Challenger zerstört und die gesamte Besatzung getötet.

CERN. Dies ist eine Abkürzung für das Conseil Européen pour la Recherche Nucléaire, einem Zentrum der europäischen Kernforschung. Es wurde 1952 gegründet und hat seinen Sitz in Genf.

Dopplereffekt. Nach seinem Entdecker Ch. Doppler benannt, der feststellte, dass bei jeder Art von Welle eine Änderung der beobachteten Wellenlänge eintritt, sobald der Beobachter und der Wellenerreger sich relativ zueinander bewegen. Besonders eindrucksvoll ist der akustische Dopplereffekt, der sich beispielsweise beim schnellen Vorbeifahren eines Sirenenfahrzeugs in einer Veränderung der Tonhöhe bemerkbar macht. Bei Annäherung hört der Beobachter einen höheren, bei Abstandsvergrößerung einen tieferen Ton. In der Astronomie be-

obachtet man eine Verschiebung von Spektrallinien, die im Sinne des Dopplereffekts zur Bestimmung der Relativgeschwindigkeit benutzt wird.

Dunkle Materie. In der Bezeichnung klingt es schon an, dass eine Sache beschrieben wird, die weitgehend ungeklärt ist. So ist die Dunkle Materie eine bislang nicht beobachtete Materie-Komponente im Universum, die aber zum Erhalt einer Langzeitstabilität z. B. heißer Wolken oder aus der Bewegung von Sternen in Galaxien gefordert wird. In diesem Sinne verlangen Theorien die Existenz von ca. 90% der Masse im Kosmos als zusätzliche, dunkle Materie – eine wahrlich nicht zu vernachlässigende Komponente.

Elektronen. Dies sind elektrisch negativ geladene Elementarteilchen, die den Atomkern umkreisen.

Elektronenvolt. Eine Energieeinheit (abgekürzt eV), die besonders in der Atom- und Kernphysik üblich ist. 1 eV ist die Energie eines einfach geladenen Teilchens, das die elektrische Spannung von 1 Volt durchlaufen hat.

Endknall. Sollte nach einem Urknallereignis die Expansionsbewegung durch die Gesamtmasse des Universums abgebremst und letztlich gestoppt werden und in eine Kollapsbewegung einmünden, so wäre ein Zusammenstürzen zu einem Endknall zu erwarten. Nach Meinung einer Reihe von Kosmologen wäre so etwas allerdings nur der Abschluss eines Zyklus des Weltalls, der im Rahmen dieser Vorstellungen nämlich als periodisch wiederkehrend angesehen wird.

Entropie. Entsprechend den Gesetzen der Wärmelehre herrscht die Tendenz, dass sich abgeschlossene Systeme auf einen Zustand größerer Unordnung zubewegen. So ist auch ein Zustand größerer Unordnung ein wahrscheinlicherer Zustand und damit ein Zustand höherer Entropie.

Die Entropie ist ein Maß für den Grad der Unordnung.

Ereignishorizont. Mit dem Ereignishorizont wird die Ausdehnung eines Schwarzen Loches bezeichnet, aus dem keine Materie, kein Licht und keine wie auch immer geartete Information entweichen können.

Extrapolation. Ausdehnung einer mathematischen oder physikalischen Beziehung, z. B. einer Funktionskurve, über den Bereich hinaus, in dem sie ursprünglich gefunden wurde.

Gammastrahlen. Die energiereichste Form elektromagnetischer Strahlung von äußerst hoher Frequenz und entsprechend kurzer Wellenlänge.

Gluonen. Heute wird davon ausgegangen, dass „Botenteilchen“ jede Wechselwirkungskraft übertragen. So bewirken Gluonen die Kernkraft, durch die Quarks miteinander wechselwirken.

Gravitonen. Sie werden als Träger der Gravitationskraft postuliert. Ihr Nachweis steht noch aus.

Heliosphäre. Ein die Sonne weiträumig umgebendes Volumen, in dem der Sonnenwind und mit diesem mitgeführte Magnetfelder wirksam sind. Die Birnenform der Heliosphäre wird durch die Relativbewegung der Sonne zur angrenzenden interstellaren Materie bewirkt.

Heliopause. Sie ist der Abschluss der Heliosphäre zum umgebenden interstellaren Raum.

Inflation. Die neueste Version der Urknalltheorie sagt aus, dass das frühe Universum eine enorme Expansion in einer „Inflationsphase“ erfahren hat, so dass der Raum mit Überlichtgeschwindigkeit in weniger als einem Augenzwinkern von einem mikroskopisch kleinen Fleck zu astronomischen Dimensionen angewachsen ist.

Laser. Im Gegensatz zu Sonnenlicht ist Laser-Licht ein Bündel Licht von derselben Wellenlänge. Es breitet sich geradlinig in eine Richtung aus. Da sich Laser-Licht exakt bündeln und steuern lässt, findet es viele breite Einsatzmöglichkeiten.

Lichtjahr. Dies ist eine für den Astronomen übliche Längenangabe. Sie bezeichnet die Strecke, die das Licht mit rund 300 000 Kilometern pro Sekunde in einem Jahr zurücklegt. Das sind rund zehn Billionen Kilometer.

Moleküle. Dies sind die kleinsten Teilchen einer chemischen Verbindung.

Neutrinos. Sie sind Elementarteilchen und entstehen unter anderem im Innern von Sternen bei der Fusion von Wasserstoff zu Helium. Aufgrund ihrer geringen Wechselwirkung sind sie nur schwer nachweisbar. Sie treten durch große Masseansammlungen wie die Erde weitgehend ungehindert hindurch.

Neutronen. Dies sind elektrisch neutrale Bausteine von Atomkernen. Sie bilden zusammen mit dem Proton den Atomkern.

Nukleonen. Zusammenfassende Bezeichnung für Bausteine des Atomkerns, nämlich Protonen und Neutronen.

Nukleosynthese. Sie bezeichnet die Erzeugung der vorhandenen Elemente. Im Rahmen der Urknalltheorie wird heute davon ausgegangen, dass sich Kerne von schwerem Wasserstoff (Deuterium), vom größten Teil des Heliums und Anteile des Lithiums bereits in den ersten Minuten nach dem Urknall aus Kernen des einfachen Wasserstoffs (Protonen) gebildet haben. Alle schwereren Elemente verdanken ihre Existenz Kernprozessen, die im Rahmen der Sternentwicklung ablaufen.

Offenes bzw. geschlossenes Universum. Ausgehend von einem expandierenden Universum kann dieses ein offenes oder ein geschlossenes System bedeuten. Sollte die Gesamtmasse im gesamten Universum einen kritischen Wert unterschreiten, so wird es für immer expandieren. Wir nennen dies ein offenes Universum. Ist dagegen die Masse genügend groß, um eine Umkehr der Expansionsbewegung zu erreichen, so käme es zu einem Kollaps, was als geschlossenes System bezeichnet wird.

Periodensystem. Anordnung der chemischen Elemente nach ihrem Atombau und ihren davon abhängigen chemischen und physikalischen Eigenschaften.

Photon. Masseloses und elektrisch neutrales Elementarteilchen. Es wird bei kleiner Energie Lichtteilchen und bei sehr hoher Energie Gammaquant genannt.

Piezo-Effekt. Bei Quarzen und anderen Kristallen kann durch Anlegen einer elektrischen Spannung eine Deformation erreicht werden, die als mechanische Feinbewegung kontrolliert eingesetzt werden kann.

Plancksche Elementarlänge. Ähnlich wie das Plancksche Wirkungsquantum wird bei der Planckschen Elementarlänge davon ausgegangen, dass gewisse physikalische Größen nur in ganzen Portionen auftreten. Die Plancksche Elementarlänge ist in diesem Sinne die kleinste heute erforschbare Länge. Alle anderen Maße sind ganze Vielfache davon.

Protonen. Dies sind positiv geladene Bausteine von Atomkernen.

Quantentheorie. Lehre von der Systematik der Elementarteilchen sowie von den Gesetzen ihrer Bewegungen und Wechselwirkungen.

Quarks. Neutronen und Protonen bestehen aus noch kleineren Teil-

chen, den Quarks. Sie gelten heute als die elementarsten Bausteine der Materie.

Quasare. Abkürzung für „quasistellar object“ = sternähnliches Objekt mit intensiver Radiowellenstrahlung. Dabei könnte es sich um extrem aktive Galaxien handeln, mit bis heute noch nicht verstandenen Mechanismen für ihre Aktivität. Aufgrund ihrer großen Rotverschiebung werden sie für die am weitesten entfernten Objekte gehalten.

Relativitätstheorie. Die von Albert Einstein begründete physikalische Theorie der Struktur von Raum und Zeit. Die in zwei Schritten erstellte Theorie – die spezielle und die allgemeine – führte zu grundlegenden Veränderungen unseres physikalischen Weltbilds.

Rotverschiebung. Die insbesondere bei weit entfernten Galaxien beobachtete Verschiebung von Spektrallinien zu längeren (roten) Wellenlängen hin. Sie wird mit Hilfe des Dopplereffekts (s. Dopplereffekt) als Beleg für Bewegungen von uns weg und allgemein für die Expansion des Universums interpretiert.

Schwarzes Loch. Himmelskörper, in dem eine so große Masse vereinigt ist, dass aufgrund der enormen Gravitation daraus weder Materie noch elektromagnetische Strahlung (z. B. Licht) entkommen kann.

Supernova. Helligkeitsausbruch als Folge der Explosion eines Sterns am Ende einer normalen Sternentwicklung.

Supraleiter. Metalle, Legierungen und metallähnliche Verbindungen, die bei einer für jeden Stoff charakteristischen, wenig über dem absoluten Nullpunkt liegenden Temperatur praktisch unbegrenzte elektrische Leitfähigkeit haben.

Triggersignal. Sobald ein gewisser Schwellenwert überschritten wird,

löst dies einen damit verbundenen Vorgang aus.

Tunneleffekt. Die Überwindung einer Potenzialbarriere durch ein Teilchen mit geringerer Energie als hierzu nach den Gesetzen der klassischen Physik aufgebracht werden müsste. Nach den klassischen Gesetzen kann z. B. eine rollende Kugel eine schiefe Ebene nur dann überwinden, wenn ihre anfängliche Bewegungsenergie größer als die sich aus der Höhe der Bahn ergebende potenzielle Energie ist. Nach der Quantenmechanik kann ein Teilchen eine Potenzialbarriere durchtunneln.

Urknall. Die populärste mehrerer Theorien für die Entstehung des Weltalls, die darauf basiert, dass das Universum vor einer bestimmten Zeit aus einem Zustand extremer Energiedichte heraus entstand und anschließend expandierte.

Ursuppe. Ort, von dem aus nach gängigen Entwicklungsvorstellungen einfachste Formen von Leben ausgegangen sein sollen.

Weißer Zwerg. Dies sind Sterne mit etwa einer Sonnenmasse, die aber nur so groß sind wie die Erde. Die Dichte ihrer Materie ist daher viel höher als die irgendeines irdischen Materials. Ein Kubikzentimeter Weißer-Zwerg-Materie wiegt ungefähr eine Tonne. Im Jahre 1862 wurden der erste Weiße Zwerg entdeckt.

Wirkungsquantum. Entsprechend der Quantenmechanik kleinstmöglicher Wert, den die Wirkung (= Energie x Zeit) annehmen kann.

Anmerkungen

- ¹ Stephen Hawking „Eine kurze Geschichte der Zeit. Die Suche nach der Urkraft des Universums“, Rowohlt. Reinbek bei Hamburg, 1988
- ² Wochenendausgabe der „Neue Züricher Zeitung“ vom 23./24. Oktober 1999, G. Easterbrook
- ³ Sterne und Weltraum 2-3/2000; Giordano Bruno und die Kosmologie der Unendlichkeit, Jochen Kirchhoff
- ⁴ „Sphären I. Blasen“, Peter Sloterdijk, Frankfurt/Main 1998, S. 23
- ⁵ Geheimnisvolles Weltall – Hypothesen und Fakten zur Urknalltheorie, N. Pailer, 1998, Hänssler
- ⁶ Das Universum – Erforschung unbekannter Welten, N. Pailer, Tessloff-Verlag, 2000
- ⁷ Süddeutsche Zeitung, 07.05.98, „Kein Platz für Außerirdische“, Patrick Illinger
- ⁸ Studium Integrale Journal April 1999, Die Entstehung des Mondes – eine schwere Geburt, N. Pailer
- ⁹ Studium Integrale Journal Febr. 1995, „Der Kometencrash“, N. Pailer
- ¹⁰ Wochenzeitschrift „Spiegel“, letzte Ausgabe im Jahre 1998

Bildnachweis

- © Artothek: Titel
- © Material created with support to AURA/ST ScI from NASA contract NASS-26555: Titel, 5, 6, 7, 13, 23, 25, 27, 31, 65, 66, 67, 69, 70, 71, 74, 78, Vor- und Nachsatz
- © creativ collection: 6, 7, 10/11, 20/21, 38/39, 57, 79, 81, 83, 84, 87, 90
- © Foto CERN: Titel, 6, 13, 24, 30, 32/33, 35, 36, 37, 45, Vor- und Nachsatz
- © Digital Stock: 6, 7, 15, 17, 23, 29, 46, 48/49, 62, 63, 66, 68/69
- © PhotoDisc: 6, 7, 17, 25, 29, 50, 55, 58/59, 75, 77, 80, 82, 85, 89, Rückseite
- © Angelo Boog: 8/9, 13, 14, 16, 26, 27, 30/31, 36, 40, 53, 55, 61
- © NASA: 12, 22, 42, 76, 77
- © Donna Coveney, MIT News Office: 16
- © g&d: 10, 11, 42, 43, 51, 56, 57, 61, 71, 83, 84, 86
- © Der Orionnebel M 42 nach einer Aufnahme von Hermann von Eiff. Bildbearbeitung: Eckhard Slawik. (Aus dem SuW Special 2: „Die Schöpfung“): 19
- © Jürgen Berger, MPI für Entwicklungsbiologie: 24, Rückseite
- © GSI Darmstadt (Achim Zschau): 30, 31, 45
- © MPI für Astrophysik Garching, 34 (Wolfgang Filser), 41
- © MPI für Entwicklungsbiologie, Dr. Teresa Nicolson, Neuron, Volume 20, No 2, Februar 1998, Cell Press: 26
- © Courtesy of Brookhaven National Laboratory: 42
- © André Weller: 44
- © Sigloch Edition Künzelsau: 47
- © Stadt Meersburg: 54
- © Astrium GmbH: 60
- © ASI: 72
- © Pailer, Geheimnisvolles Weltall, Hänssler: 41, 72
- © Pailer, Neue Horizonte der Planetenerkundung, Hänssler Verlag, Holzgerlingen: 61
- © Pailer, Faszination Weltraum, Hänssler Verlag, Holzgerlingen: 26, 30, 36
- © Pailer, privat: 56, 57, 91
- © Photo esa: 73
- © Mit freundlicher Genehmigung des Schweizerischen Zentralvereins für das Blindenwesen SBZ, CH- St. Gallen: 46
- © Sterne und Weltraum Special, November 1997, S. 115: 40
- © Natur und Technik, Chemie für Realschulen, Länderausgabe B, Cornelsen Verlag, Berlin: 47
- © From Beyond Physics, by W. Wyatt Gibbs. August 1998 by Scientific American, Inc. All rights reserved: 16
- © Mauritius: 53
- © Courtesy of NASA/JPL/Caltech: 71
- © d.d. dixon, university of california, riverside, and W.R.purcell, ball aerospace & technologies corporation: 43
- © ASI: 72
- © M. & H. Jacoby: 52
- © H.P. Lang, V. Thommen, H.-J. Güntherodt. Universität Basel 1993. STM Bild: 46
- © Weiss, privat: 91
- © Egelhoff, privat: 91

Dank

Wenn jemand neben seinem Beruf, familiären und anderweitigen Verpflichtungen ein Buch schreibt, so ist er auf Monate hinaus in seinen Ideenkreis eingeschlossen und bereitet seiner Umwelt bisweilen nicht nur eitel Freude. Ich habe dieses Buch nicht von ungefähr meiner lieben Frau bzw. meiner kleinen Familie gewidmet, die stets viel Verständnis für alle Spintisierereien und Übersprungshandlungen gezeigt hat, die der konzentriert Arbeitende im Alltagsstress von sich gab.

In unverwechselbarer Weise und großem persönlichen Engagement hat sich mein Grafiker Johannes Weiss zusammen mit seinem Illustrator Angelo Boog der Gestaltung des Buchs gewidmet und ihm seinen individuellen Stempel aufgedrückt. Es war mir eine große Hilfe, meinen früheren Kommilitonen Prof. Dr. Peter Egelhof für eine Mitarbeit zu gewinnen.

Gleichzeitig bin ich ausgewählten Experten dankbar für kritische Kommentierung des Manuskripts: Frau Dr. Uta-Maria Schmidt, den Herren Dr. Reinhard Junker und Dr. Alfred Krabbe.

Meiner Lektorin, Frau Uta Müller, danke ich sehr für die gute Zusammenarbeit, und es ist mir ein Bedürfnis, mich beim Hänssler Verlag für die weitreichende Unterstützung manch ausgefallener Idee zu bedanken.

Hänssler – Bildband
Bestell-Nr. 393.336
ISBN 3-7751-3336-4

© Copyright 2000 by Hänssler Verlag,
D-71087 Holzgerlingen
Gesamtgestaltung: Johannes Weiss
Druck und Bindung:
Sebald Sachsendruck, Plauen
Printed in Germany

