

Rüdiger Vaas

Hawkings neues Universum

Wie es zum Urknall kam



LESEPROBE

**Raum, Zeit und Ewigkeit:
Hawkings neueste
Erkenntnisse verstehen**

KOSMOS

Teil II

Kosmische Zeit

*Der Mensch ist untrennbar mit der gesamten Wirklichkeit
verwoben, der erkannten und der unerkennbaren. Plankton,
eine schimmernde Phosphoreszenz im Meer und die sich
drehenden Planeten und das expandierende Universum, sie alle
sind durch das elastische Band der Zeit miteinander verknüpft.
Es ist ratsam, von den Tümpeln der Gezeiten zu den Sternen zu
blicken und dann wieder zu den Tümpeln der Gezeiten.*

John Steinbeck (1902–1968),
amerikanischer Schriftsteller

Das größte Abenteuer

„Wir haben das Glück, in einem Zeitalter zu leben, in dem noch immer Entdeckungen gemacht werden. Es ist wie mit der Entdeckung Amerikas – man kann es nur einmal entdecken. Das Zeitalter, in dem wir leben, ist das Zeitalter, in dem wir die fundamentalen Naturgesetze entdecken.“ Stephen Hawking zitiert diese Worte gern, weil er völlig mit ihnen übereinstimmt. Der Quantenphysiker Richard Feynman hat sie schon 1965 gesagt – das Jahr, in dem er den Physik-Nobelpreis erhielt –, aber sie haben nichts an Aktualität verloren. Hawking, der 1974/75 ein Forschungsjahr am California Institute of Technology im kalifornischen Pasadena verbrachte, hatte dort oft mit Feynman diskutiert. Und dessen sogenannte Pfadintegral-Methode in der Quantenphysik sollte sich einige Jahre später als essenziell für Hawkings kosmologische Arbeiten erweisen.

„Wir leben in einem seltsamen und wunderbaren Universum. Um es in seinem Alter, seiner Größe, seiner Kraftentfaltung und seiner Schönheit zu würdigen, bedarf es einer außerordentlichen Vorstellungskraft“, begann Hawking sein Buch *Die kürzeste Geschichte der Zeit*. Diese Vorstellungskraft wird von den Entwicklungen der modernen Kosmologie und Physik aufs Äußerste beansprucht, ja überstrapaziert. Schon die Größe und das Alter des beobachtbaren Universums sprengen jeden Maßstab des Alltagsverstands – auch der Astronomen. Diese können zwar mit „astronomischen Zahlen“ rechnen und jonglieren, das erfordert ja ihr Beruf, aber die kosmischen Ausmaße wirklich zu begreifen, das übersteigt ihr Fassungsvermögen. Und dabei sehen wir selbst beim Blick mit den leistungsfähigsten Teleskopen bis an den Rand des beobachtbaren Weltraums nur einen winzigen Ausschnitt des Universums, in dem wir leben. Und wahrscheinlich ist dieses Universum – womöglich unendlich groß – nur eines unter Myriaden.

Umso erstaunlicher, vielleicht sogar anmaßend, erscheint es, dass einige kleine Kohlenwasserstoff-Aggregate auf der Kruste einer Felskugel, die um einen mittelprächtigen Stern kreist, der sich durch einen entlegenen Winkel einer spiralförmigen Zusammenballung aus Gas und Sternen in einer großen Leere bewegt, diesen gewaltigen Kosmos auszuloten und sogar zu erklären versuchen. Dabei machen diese Kohlenwasserstoff-Aggregate, die sich Menschen nennen, subtile Messungen, die ihre natürlichen Sinne weit übertreffen. Und sie denken sich Theorien aus, die den Kleinmut und -geist, der auf ihrem bunten Planeten herrscht, sowie die kindischen Märchen, die allzu oft der Angst, der Sehnsucht oder dem Machtwillen geschuldet sind, weit hinter sich zurücklassen. Diese kühnen Konstruktionen, nicht selten selbst Verzweiflungstaten eines nach Ordnung strebenden Denkens, führen häufig in die Irre. Aber sie sind kein bloßes Glasperlenspiel oder ein beliebiges Geschwätz, denn sie müssen sich am Universum selbst bewähren. Darin besteht auch der Triumph der wissenschaftlichen Rationalität: nicht blindlings den Dogmen und Ideologien zu folgen, sondern in beständiger kritischer Reflexion das Wechselspiel von Erfahrung und Hypothesen voranzutreiben und aus den Fehlern zu lernen.

Dieser Gegensatz von der Winzigkeit im Kosmos und der Größe des Anspruchs, diesen zu durchschauen, hat auch Murray Gell-Mann fasziniert, der für seine Arbeiten zum heutigen Standardmodell der Materie mit dem Physik-Nobelpreis ausgezeichnet wurde. „Die Suche nach dem Geheimnis des Universums, wie es funktioniert und entstand, ist das längste und größte Abenteuer in der Geschichte der Menschheit“, meint er. „Es ist kaum zu fassen, dass sich ein paar Bewohner eines kleinen Planeten, der einen unbedeutenden Stern in einer kleinen Galaxie umkreist, vorgenommen haben, das gesamte Universum vollständig zu verstehen. Da glaubt ein winziges Körn-

chen der Schöpfung wirklich und wahrhaftig, es sei fähig, das Ganze zu begreifen.“

Die kosmische Vertreibung

Die menschliche Kulturgeschichte kann ohne Übertreibung als eine der kosmischen Vertreibung gelesen werden. Der Mythos von der Vertreibung aus dem Paradies ist ein früher und besonders charakteristischer Prototyp für alles, was dann kam. Er drückt auch die ersehnte und nun verloren gewähnte Geborgenheit und Einheit aus, die der Mensch in teilweise aberwitzigen intellektuellen Verrenkungen und irrationalen Glaubenssystemen herbeizubeschwören versucht hat und immer noch versucht.

Die kosmologische Variante des Einheitsverlusts, von dem Psychoanalytiker Sigmund Freud sogar als die erste große Kränkung der Menschheit bezeichnet, ist das Ende des Geozentrismus – der freilich mitunter bloß Ausdruck und Folge eines anthropozentrischen Mittelpunktswahns war. Die Vorstellung von Paralleluniversen, die mittlerweile ernsthaft diskutiert wird, ist gleichsam das äußerste Ende dieser Vertreibung und der Relativierung der menschlichen Stellung im All. Doch was dem Größenwahn als Demütigung vorkommen muss, ist auch eine Erfolgsgeschichte der Wissenschaft – ein Zeugnis der menschlichen Horizonterweiterung von der engen Perspektive der terrestrischen Wälder und Savannen bis zum Einblick in ein sich immer schneller ausdehnendes, womöglich unendlich großes Universum. Insofern sind die Spekulationen über andere Universen gleichsam Höhe- und Schlusspunkt der Entwicklung eines kühnen Denkens und Naturverständnisses, das die Fesseln einer notwendigerweise provinziellen Herkunft zu sprengen vermocht hat.

Gott wird obdachlos

Das geozentrische Weltbild, wonach die Erde im Mittelpunkt des Weltalls steht, ist uralte – aber selbst eine intellektuelle Errungenschaft, setzt sie doch bereits ein gewisses Verständnis voraus, um sich vorzustellen, dass die Erde nicht alles, sondern eine Einheit ist, eine Welt für sich inmitten anderer. Es war der Philosoph Anaximander, der im 6. Jahrhundert v. Chr., vor über 2500 Jahren behauptete, die Erde ruhe nicht auf etwas, sondern schwebt frei. Anaximander kam wie sein Lehrer Thales aus Milet, einer Stadt an der Westküste Kleinasiens in der heutigen Türkei. Sie gilt als Geburtsstätte der Wissenschaft. Dort begann Thales, der erste bekannte abendländische Philosoph, sich von den Weltdeutungen der Mythologien zu lösen und nach rationalen Erklärungen zu suchen. Die Erde sei eine Kugel, um die der Mond kreist, lehrten später Pythagoras und Parmenides. Und der Mond leuchte nicht selbst, sondern reflektiere das Licht der Sonne, ergänzte Anaxagoras, der sie für einen riesigen glühenden Stein hielt. Diese (und viele andere) Gedanken machten die sogenannten vorsokratischen Philosophen zu echten Naturphilosophen, die die Natur der Dinge nicht durch überweltlichen Hokuspokus oder allerhand Gottheiten zu erklären versuchten und insofern als Vorläufer der modernen Naturwissenschaft gelten können.

Dass die Erde der Mittelpunkt des Alls sei, haben bereits Eudoxos von Knidos und Apollonios von Perge im 4. und 3. Jahrhundert v. Chr. gelehrt. Im mathematisch ausgearbeiteten Weltmodell von Claudius Ptolemäus (vor 140 v. Chr.) fand das geozentrische Weltbild dann seinen endgültigen und über tausend Jahre bestehenden Niederschlag. Dabei hatte schon Aristarch von Samos im 3. Jahrhundert v. Chr. behauptet, nicht die Erde, sondern die Sonne stünde im Mittelpunkt des Universums. Er war es auch, der sich erstmals an kosmische Entfer-

nungsbestimmungen wagte und schätzte, dass die Sonne zwanzig Mal so weit entfernt sei wie der Mond und sechs bis sieben Mal so groß sei wie die Erde. (Tatsächlich ist sie knapp vierhundertmal so weit weg und mehr als hundertmal so groß.)

Doch erst in den Jahren 1514 und 1543 wurde mit den Schriften von Nikolaus Kopernikus, der Aristarch würdigte, das heliozentrische Weltbild ein ernsthafter Konkurrent zum irdischen Mittelpunktsglaube. Und mit Johannes Keplers Erkenntnis von 1609, dass die Planeten nicht auf Kreis-, sondern Ellipsenbahnen die Sonne umrunden, war auch die mathematische Beschreibung exakt erfolgreich. Damit wurden die kristallinen Sphären, die – in der auf Aristoteles zurückgehenden Vorstellung – als Ort der Planetenbahnen die Erde kugelschalenförmig umgaben, gleichsam zerschlagen, und die Erde taumelte ruhelos durchs All.

Was zunächst bloß als besseres Rechenmodell gedacht war, setzte sich allmählich und trotz heftiger kirchlicher Widerstände als das angemessenere Weltmodell durch. Die kosmische Vertreibung hatte nicht nur weitreichende anthropologische, sondern auch theologische Konsequenzen: Sie betraf nicht nur den Menschen, sondern auch den Gott, den er sich ersonnen hatte – galt die ruhende Erde bis dahin doch als Fußschemel Gottes. Weil Gott Aristoteles zufolge sein eigentliches Heim hinter der äußersten Kristallsphäre hatte, der Fixsternsphäre, wurde er nun gleichsam obdachlos.

(Selbstverständlich ist religiöser Glaube keineswegs an solche Vorstellungen gebunden, und später wurde von Theologen sogar argumentiert, wenn auch selten, dass die Annahme einer Vielzahl der Welten weitaus besser zur unbeschränkten Allmacht des Schöpfers passe. Und der Kardinal Nikolaus von Kues hatte in seiner Schrift *De docta ignorantia* schon 1440 behauptet: „Das Universum ist eine ‚Kugel‘, deren Mittelpunkt überall und deren Umkreis nirgends ist.“ Das könnte man fast

als eine ahnende Vorwegnahme eines nichteuklidischen, gekrümmten Raums mit sphärischer Metrik ansehen, wie er in der modernen Kosmologie seit Einsteins Weltmodell eines finiten Universums von 1917 nach wie vor diskutiert wird.)

Inseln im Leeren

Dass die Sterne nicht auf einer Kugelschale verteilt sind, hat 1632 erstmals Galileo Galilei nachgewiesen. Aber schon viel früher besaßen vorsokratische Philosophen die gedankliche Kühnheit, ein unendliches Weltall anzunehmen – in dem sich dann eigentlich auch die Frage erübrigte, ob die Erde oder die Sonne im Mittelpunkt stünden. Es waren die Atomisten Leukipp und Demokrit im 5. und 4. Jahrhundert v. Chr., die behaupteten, die Materie ließe sich nicht beliebig klein zerteilen. Ihnen zufolge „gibt es nur die Atome und das Leere“ – die verschiedenen Atomsorten fallen gleichsam durch den unendlichen leeren Raum und verbinden sich mal hier, mal dort zu größeren Objekten, und überall sind es die gleichen Arten von Atomen mit dem gleichem Verhalten. Diese Grundannahmen, später von Epikur und seinen Schülern geteilt, standen in direkter Opposition zur Auffassung des Aristoteles, wonach unsere Welt einzigartig sein muss und es keine andere geben kann. Und noch 1584 sorgte der italienische Theologe und Philosoph Giordano Bruno (der nach sieben Jahren Kerkerhaft am 17. Februar 1600 auf dem Scheiterhaufen der Inquisition in Rom verbrannt wurde) für einen großen Skandal, als er behauptete, es gäbe unendlich viele Sterne und auch andere seien belebt.

Philosophische Behauptungen und Spekulationen sind das eine, naturwissenschaftliche Indizien etwas anderes. Ob der Weltraum wirklich unendlich ist, wird man wohl niemals sicher

wissen und schon gar nicht beobachten – denn das Licht braucht Zeit, und nach dem heutigen Kenntnisstand kann man nicht weiter als 46 Milliarden Lichtjahre ins All hinaus blicken. (Ein Lichtjahr ist die Strecke, die das knapp 300.000 Kilometer pro Sekunde schnelle Licht in einem Jahr im Vakuum zurücklegt: 9,46 Billionen Kilometer, die 63.240-fache Entfernung der Erde von der Sonne.) Vielleicht wird es eines Tages aber eine physikalische Fundamentaltheorie geben, die verrät, ob das Universum unendlich ist oder nicht – und ob andere Universen existieren. Dass der Weltraum sehr groß ist, haben Astronomen jedenfalls in den letzten Jahrhunderten nach anfänglich frustrierenden Messungen hinreichend deutlich demonstriert.

Dass die Sonne nur ein Stern unter vielen ist, geht als Idee auch wieder auf die Vorsokratiker Leukipp, Demokrit und Pythagoras zurück. Denn sie glaubten, die Milchstraße bestünde aus Sternen – was Galileo Galilei mit seinem Fernrohr im Jahr 1609 dann tatsächlich sehen konnte. Wie weit die Sterne entfernt sind, wurde aber nach vielen mühsamen Anstrengungen erst 1838 klar, als es Friedrich Wilhelm Bessel im ostpreussischen Königsberg mit 3000 einzelnen Beobachtungen gelang, die Parallaxe eines Sterns zu messen – also eine scheinbare Positionsveränderung am Himmel bedingt durch die Bewegung der Erde um die Sonne, welche in einem halben Jahr eine um 300 Millionen Kilometer verschobene „Perspektive“ zur Folge hat. Bessel errechnete, damals, dass der Stern 61 Cygni im Sternbild Schwan 10,2 Lichtjahre entfernt ist (ein gutes Ergebnis, tatsächlich sind es 11,3). Damit war erwiesen: Unsere Sonne ist nur ein Stern unter vielen. Tatsächlich gibt es allein in unserer Milchstraße über 100 Milliarden davon – etwa so viele wie Nervenzellen im menschlichen Gehirn, das sowohl diese Sterne, als auch sich selbst zu ergründen versucht.

Dass die Milchstraße eine gigantische Scheibe aus Sternen sei, hat der nach England ausgewanderte Astronom Friedrich

Wilhelm Herschel schon 1785 aus seinen Beobachtungen geschlossen. Und dass viele unscheinbare Lichtfleckchen am Himmel andere Galaxien seien, hatte bereits 1755 der Königsberger Philosoph Immanuel Kant vermutet. Doch noch 1920 fand in Washington „die Große Debatte“ zwischen den amerikanischen Astronomen Harlow Shapley und Heber Curtis statt. Streitpunkt war, ob unsere Milchstraße im Universum dominiert und womöglich das einzige Sternsystem ist („Big Galaxy“-Hypothese) oder aber nur eine Weltinsel unter unzähligen bildet („Island Universe“-Hypothese). Diese Kontroverse hielt nicht lange an: 1924 gelang es Edwin Powell Hubble vom Mount Wilson Observatory und anderen, den Andromeda-Nebel in einzelne Sterne aufzulösen und seine ungefähre Entfernung zu bestimmen. In den 1950er-Jahren verbesserte Walter Baade die Methoden der kosmischen Entfernungsbestimmung so weit, dass alle Zweifel an einem Milliarden Lichtjahre großen Universum verstummt.

Damit war auch klar, dass das Universum aus Myriaden von Galaxien besteht. Und ebenso wenig wie die Erde oder die Sonne das Zentrum des Universums ist, steht unsere Galaxis im Mittelpunkt oder ist außergewöhnlich. Allein im beobachtbaren, das heißt den Teleskopen zugänglichen Bereich des Weltalls gibt es ungefähr so viele Galaxien wie Sterne in der Milchstraße. Sie sind nicht gleichförmig verteilt, sondern bilden Gruppen und Haufen aus Dutzenden bis Hunderten von Mitgliedern. Und diese Ansammlungen schließen sich zu noch größeren Strukturen zusammen: Superhaufen von Galaxien. Im großen Maßstab gleicht das Weltall einem Seifenblasenschaum. Dabei bilden die Superhaufen aus Zehntausenden von Galaxien die Seifenhäute, die typischerweise 40 bis 400 Millionen Lichtjahre große Leerräume umschließen, in denen fast keine Materie existiert. Diese Leerräume machen etwa 95 Prozent des Gesamtvolumens aus. Die Galaxien sind also

wirklich nur kleine leuchtende Inselchen im unermesslichen Ozean der Leere. Einen Mittelpunkt des Universums gibt es nicht.

Große Welt und kleiner Geist

Die kosmischen Größenverhältnisse sind für unseren Alltagsverstand nicht fassbar – und die intergalaktischen, ja sogar interstellaren Distanzen, die in Science-Fiction-Romanen und -Filmen so leicht und hurtig überbrückt werden, sprengen, wenn man ernsthaft darüber nachdenkt, unsere Vorstellungskraft völlig.

Daran würde sich wenig ändern, wenn man das Weltall um den Faktor eine Milliarde verkleinern könnte. Dann wäre die Erde eine ein Zentimeter große Erbse, die in 150 Meter Abstand einen knapp eineinhalb Meter großen Wasserball umkreist, die Sonne. Der Zwergplanet Pluto wäre ein sechs Kilometer entferntes Sandkorn. Der nächste Stern würde mit einer Distanz von 40.000 Kilometern die Anschaulichkeit dieses Maßstabs schon wieder sprengen. Und der Durchmesser der Milchstraße wäre in dieser Miniaturwelt bereits so groß, eine Milliarde Kilometer, dass das Licht eine Stunde vom einen Ende zum anderen bräuchte. Zum Vergleich: In der wirklichen Welt benötigt es eine Sekunde vom Mond zur Erde und gut acht Minuten von der Sonne. Das beobachtbare Universum, das fast 100 Milliarden Lichtjahre groß ist, hätte auch in der milliardenfach verkleinerten Spielzeugwelt einen Durchmesser von mehr als der zwanzigfachen Entfernung der Sonne zu ihrem Nachbarstern Proxima Centauri.

Die Erde als Staubkorn in dieser kosmischen Unermesslichkeit zu bezeichnen, wäre also eine ziemliche Übertreibung. Angesichts dieser Größenverhältnisse verwundert es, wie wich-

tig die Menschen ihr Besitz- und Machtstreben und all die anderen Kleinigkeiten auf der Erde nehmen und sich deshalb nicht selten bis aufs Blut bekämpfen.

Raumschiff Erde

„Heimat. Das war die Erde. Von dort kamen die Menschen her“, heißt es in dem Roman *Contact*, den der amerikanische Astronom und Wissenschaftspopularisierer Carl Sagan 1985 veröffentlicht hat, der auch das Vorwort zur Erstauflage von *Eine kurze Geschichte der Zeit* verfasste. Erst die Raumfahrt hat uns den Blick auf und für die Erde als Heimatplanet geöffnet. Mit Satelliten sowie aus Orbitalschiffen und -stationen wurde seine Schönheit, Vielgestaltigkeit und Fragilität offenkundig – und inzwischen zeigt sich auch immer deutlicher, wie der Mensch ihn verändert und malträtiert, als sei er eine planetarische Hautkrankheit.

Vor allem die Apollo-Flüge zum Mond waren es, die das Bewusstsein für den Blauen Planeten schärften – eine glänzende Murmel im tiefschwarzen All. Mit der Daumenkuppe des ausgestreckten Arms lässt sich dieser „third stone from the sun“ (Jimi Hendrix), der dritte Stein der Sonne, vollständig abdecken, wenn man ihn – wie bislang lediglich zwölf Männer zwischen 1969 und 1972 es konnten – von der staubigen Oberfläche seines kraternarbigen Trabanten aus betrachtet. Bei noch größerer Entfernung ist der „pale blue dot“ (Carl Sagan), das blassblaue Pünktchen, ein fahl schimmerndes Gestirn unter Myriaden von anderen. Diese Perspektive haben erst Raumsonden ein- und aufgenommen, die zu den äußeren Planeten im Sonnensystem reisten.

Die Erde ist ein Leben spendendes Raumschiff, das mit 29,78 Kilometer pro Sekunde (107.200 Kilometer pro Stunde!)

um die Sonne rast, mit dieser beim über 220 Millionen Jahre dauernden Umlauf um das Zentrum der Milchstraße mit knapp 220 Kilometer pro Sekunde in Richtung eines Punkts südwestlich der Wega im Sternbild Leier zustrebt, mitsamt der Milchstraße und ihren Nachbargalaxien mit rund 600 Kilometer pro Sekunde in Richtung des Großen Attraktors gezogen wird, eines 200 Millionen Lichtjahre entfernten gewaltigen Galaxiensuperhaufens in den Sternbildern Wasserschlange und Zentaur, und sich relativ zur Kosmischen Hintergrundstrahlung, dem „Restleuchten des Urknalls“, mit 390 Kilometer pro Sekunde in Richtung Sternbild Löwe bewegt – das alles eingebettet in die seit dem Urknall anhaltende und sich inzwischen sogar beschleunigende kosmische Expansion, die Ausdehnung des Weltraums.

Diese kosmische Dynamik hat, wie die Größenverhältnisse im All und die Vertreibung aus dem vermeintlichen Nabel der Welt, auch eine existenzielle Dimension. „Seit Kopernikus scheint der Mensch auf eine schiefe Ebene geraten“, heißt es in *Also sprach Zarathustra* von Friedrich Nietzsche, „er rollt immer schneller nunmehr aus dem Mittelpunkt weg, wohin, ins Nichts, ins durchbohrende Gefühl seines Nichts?“



Leseprobe aus:

Rüdiger Vaas
Hawking's neues Universum
336 Seiten, ca. 40 Farbfotos
€/D 17,95
ISBN 978-3-440-11378-3

© Franckh-Kosmos Verlags-GmbH & Co. KG
www.kosmos.de

KOSMOS