

Erschienen in:

Theologie für die Praxis Edition Ruprecht, Jg. 34, Heft 2 (2008), und *zur Debatte* Themen der Katholischen Akademie in Bayern, Heft 3, 3 - 6 (2009)

Vom ewigen Kosmos zum Universum in Entwicklung

Das neue Weltbild der Astrophysik

Arnold Benz

1. Das heutige Universum ist nicht im Urknall entstanden, sondern das Resultat einer Entwicklung über 13,7 Milliarden Jahre.

Im beobachtbaren Universum sind zur Zeit ungefähr eine Trillion (10^{18}) Sterne am Entstehen. Dieser Vorgang dauert bei einem Stern mittlerer Größe etwa eine Million Jahre. Als Geburt eines Sterns könnte man den Zeitpunkt nennen, wenn die nukleare Energiefreisetzung im Innern beginnt und der Stern eine stabile Phase der Wasserstoffverschmelzung beginnt. Demnach werden im Universum rund 30'000 Sterne pro Sekunde geboren und vielleicht ebenso viele Planeten. Bei der Entstehung des Universums sollte man daher nicht nur vom Urknall reden. Keines der Dinge im heutigen Universum ist im Urknall entstanden. Selbst die Materie, die chemischen Elemente, alle Galaxien, und natürlich Sonne, Planeten und Lebewesen haben sich erst im Laufe der 13,7 Milliarden Jahre seit dem Urknall gebildet.

Sterne sind exemplarische Vorgänge, wie sich Neues im Universum bildet. Kein Astronom zweifelt daran, dass sie noch heute in Molekülwolken entstehen. Diese interstellaren Wolken von einigen hundert Lichtjahren Durchmesser müssen zunächst in kleinere Strukturen, so genannte Wolkenkerne, fragmentieren, damit Sterne von der Größe der Sonne entstehen können. Wolkenkerne ziehen sich unter der eigenen Schwerkraft langsam zusammen und werden dabei immer dichter. Schließlich wird die Schwerkraft so stark, dass sie kollabieren. Beim Kollaps, der einige hunderttausend Jahre dauert, dreht sich das Gas immer schneller, weil der Drall erhalten bleibt. Schließlich wird die Rotation so schnell, dass sich Fliehkraft und Schwerkraft die Waage halten. Der Kollaps endet in einer rotierenden Scheibe. Infolge von scharf gerichteten Ausflüssen senkrecht zur Scheibe und innerer Reibung wird Drall abgeführt, so dass Gas von der Scheibe ins Zentrum fließt und sich dort langsam ein Protostern bildet. Die Scheibe besteht für einige Millionen Jahre. Diese Zeit steht für Planeten zur Verfügung, um in der Gasscheibe zu entstehen. Äußere Einflüsse wie Nachbarsterne, Sternwinde oder Ultraviolett-Bestrahlung können diesen Vorgang stören.

Das Gas ist mit Staub durchsetzt, der bei der Planetenentstehung wahrscheinlich eine wichtige Rolle spielt. Bei Kollisionen bleiben Staubkörner aneinander kleben und wachsen zu größeren Gebilden. Ab etwa einem Meter Durchmesser zerstören sich solche Gebilde bei Stößen allerdings wieder. Wie Planeten von der Größe der Erde wachsen, ist daher noch nicht bekannt. Simulationen mit Computermodellen lassen vermuten, dass die Planeten eine turbulente Jugendzeit durchleben. Sie stören sich ihren Bahnen, werden abgelenkt, prallen

aufeinander, versinken im Zentralstern, oder werden gar aus dem Planetensystem heraus geworfen.

Auch die Entstehung des Universums im Urknall ist ein physikalisches Phänomen und es gibt dafür Theorien, welche auf mathematischen Formeln beruhen. Die Mathematik ist zwar korrekt, dass sie auf die Wirklichkeit zutrifft, ist nicht anzunehmen. Die Theorien zeigen jedoch, dass es möglich ist, den Anfang des Universums zum Beispiel als eine quantenmechanische Fluktuation des Vakuums zu erklären. Dies lässt immerhin die Vermutung zu, dass auch der Urknall durch mathematische Gesetze und Zufall zu erklären ist.

Das Universum als Ganzes veränderte sich deutlich seit dem Urknall. Die Sterne, die heute entstehen, sind verschieden von jenen im frühen Universum. Temperatur und Dichte des interstellaren Gases haben drastisch abgenommen. Galaxien haben sich zu größeren Einheiten vereinigt. Die schweren Elemente, wie Kohlenstoff und Sauerstoff, sind häufiger geworden. Planetenatmosphären und selbst die Zusammensetzung der Luft, die wir einatmen, ändern sich dauernd. Es sind auch gänzlich neue Dinge entstanden, die eine Entwicklung in neue Dimensionen nach sich zogen. Infolge der veränderten Bedingungen entsteht noch heute grundsätzlich Neues. Zum Beispiel: Das menschliche Bewusstsein entstand erst vor einigen hunderttausend Jahren. Bei der Entstehung des Universums sollte man nicht nur in der Vergangenheitsform denken.

2. Objekte entstehen, entwickeln sich und zerfallen. Alles, was entstand, wird vergehen.

Sterne sind keine ewig leuchtenden Kugeln. Im Zentrum verschmelzen Wasserstoffatome zu Helium und setzen damit die Energie frei, die einen Stern zum Leuchten bringt. Über Milliarden von Jahren sammelt sich Helium im Innern an. Die Brennzone wandert langsam nach außen. Dadurch bläht sich die Sonne auf und strahlt mehr Wärme ab. Es wird heißer auf der Erde, und in anderthalb Milliarden Jahren wird es Orte geben, wo die Temperatur den Siedepunkt des Wassers übertrifft. Das Wasser in den Seen und Flüssen dieser Gegend verdampft in die Atmosphäre. Wasserdampf ist ein weit wirksameres Treibhausgas als das Kohlendioxid, das momentan den Treibhauseffekt in der Erdatmosphäre anwachsen lässt. Wasserdampf wird ihn so verstärken, dass innert kurzer Zeit die Atmosphäre noch heißer, der Treibhauseffekt noch stärker und schließlich die Erde für alle Lebewesen unbewohnbar wird.

Dann wird es Zeit, dass sich die Erdbewohner in der Region jenseits von Saturn ein neues Habitat aufbauen. Auch dieses wird nicht für immer sein. Wenn die Sonne ihren Energievorrat in 7,8 Milliarden Jahren vollends aufgebraucht hat, wird sie zu einem weißen Zwerg zusammenfallen und langsam erkalten. In Billionen von Jahren wird im ganzen Sonnensystem Weltraumkälte herrschen. Sonne, Erde und vielleicht auch das Leben werden ein Ende haben. Die kosmische Entwicklung weckt nicht nur Staunen, sie kann auch erschrecken.

3. Die Entwicklung des Universums ist unergründlich komplex, obwohl alle Grundgesetze bekannt sind.

Die obige skizzenhafte Darstellung will zeigen, wie die kosmische Wirklichkeit weit komplexer ist, als es die Physik der Laboratorien vermuten ließe. Um 1700 stellte sich Isaac Newton die Sternentstehung noch ganz einfach als Kollaps von Gas zu stellaren Leuchtkugeln vor. Heute wissen wir, dass auch magnetische Kräfte, Kernreaktionen, Teilchenbeschleunigung, chemische Vorgänge und die kosmische Vorgeschichte mitspielen. Die Vielzahl von wechselwirkenden Prozessen bilden ein Netzwerk. Das Resultat kann vielerlei Gestalt annehmen. Einen Geschmack davon erhalten wir, wenn wir uns vor Augen halten, wie verschieden die Planeten unseres Sonnensystems sind. Jeder ist ein unverwechselbarer Einzelfall. Die vielen Vorgänge machen es äußerst schwierig, im Detail zu verstehen, wie das Sonnensystem entstand. Selbst wenn wir eines Tages einmal alle einzelnen Vorgänge kennen, bliebe ihr Zusammenspiel ein Rätsel.

Die Komplexität der Vorgänge, dank denen auch nur einer dieser Sterne, die in dieser Sekunde entstehen, ist erstaunlich. Wenn mehrere Prozesse zusammenspielen, wird die Entwicklung nicht-linear und dermaßen komplex, dass sie langfristig weder zu rekonstruieren, noch vorauszusagen ist. Sie ist im physikalischen Sinn chaotisch. Damit wird sie vergleichbar mit dem menschlichen Leben oder der Geschichte der Menschheit, in denen ebenfalls viele Einflüsse gleichzeitig wirken und deren Zukunft daher offen ist. Die kosmische Wirklichkeit ist weit entfernt vom Abbild eines Uhrwerks, dem Paradigma des 18. Jahrhunderts.

Die letztliche Unergründlichkeit muss nicht zu wissenschaftlichem Defaitismus führen, im Gegenteil. Richard Feynman sagte: „Ich kann mit Zweifel, Ungewissheit und Nichtwissen leben. Ich denke, es ist viel interessanter mit Nichtwissen zu leben als Antworten zu haben, die vielleicht falsch sind“. Es ist interessanter, weil noch viel zu entdecken ist.

Die Karte des Wissen ist weißer als früher: das uns bekannte Unwissen ist schneller gewachsen als das Wissen. Die Naturwissenschaft kann die Wirklichkeit nicht ausloten. Das hat unter anderem zur Folge, dass die Entwicklung des Universums nicht prognostizierbar ist. Innerhalb des Rahmens der elementaren Erhaltungssätze ist die Zukunft offen.

4. Der Begriff „Gott“ kommt in der naturwissenschaftlichen Fachliteratur nicht vor.

Von Unergründlichkeit ist auch in der Schöpfungstheologie die Rede. Sprechen wir vom Gleichen? Die Messungen und Beobachtungen, die zu astrophysikalischen Aussagen führen, sind nicht die gleichen wie die Erfahrungen, die in die Theologie einfließen. Hier sind es existentielle Erlebnisse, Gebetserhörungen, mystische Visionen und Offenbarungen. Es sind Wahrnehmungen auf einer anderen Ebene, nicht nur andere Sprachspiele der selben Wirklichkeitserfahrung. Naturwissenschaft und Theologie starten nicht vom gleichen Ort.

Soll man Naturwissenschaft und Theologie so vollständig trennen? Weil sie verschiedene Ursprünge haben, gehen sie in der Folge verschiedene Wege. Man kann sie eigentlich gar nicht trennen, sie sind bereits von Anfang an getrennt. Die Frage ist vielmehr, wie sie sich in eine gemeinsame Perspektive bringen und zueinander in ein Verhältnis setzen lassen. Dies

wird wichtig, wenn wir uns in der Welt orientieren und entscheiden müssen, das heißt, wenn wir die Wirklichkeit als ein Ganzes erfahren.

Die Parallelität auf verschiedenen Ebenen könnte zu Metaphern anregen. Gerade die christliche Tradition mit ihrem offenen Geschichtsbild, ihrer linearer Zeit und nach vorwärts gerichtetem Blick könnte aus diesem neuen Brunnen schöpfen, den die naturwissenschaftliche Erfahrung des sich entwickelnden Universums anbietet. Diese Metaphern wären verständlicher und ansprechender als die Bilder eines *Intelligent Designs*, Gespenster aus dem 18. Jahrhundert.

5. Der Begriff „Schöpfung“ muss neu gefasst werde, wenn er seine Bedeutung behalten soll.

Das Neue entsteht gemäß bestimmter Regeln, seien dies physikalische, chemische oder biologische Gesetze. Hinzu kommt der Zufall, ein Phänomen, das man vom Würfeln kennt. Auch der Zufall befolgt Gesetze: Würfeln Sie 1000 Mal, zählen Sie alle Zahlen zusammen, und Sie werden etwa 3500 bekommen ($\pm 2\%$). Bei vielen Würfeln befolgt der Zufall nämlich ein statistisches Durchschnittsgesetz. Völlig willkürlichen Zufall gibt es nur bei einem einzigen Wurf. Das Würfeln, und der Zufall allgemein, lässt sich als Wahrscheinlichkeitsprozess formulieren und mathematisch beschreiben. Die Vorgänge, die zu Neuem im Universum führen, befolgen eine strenge Regelmäßigkeit von Zufällen und Gesetzen.

Die Theologie ist in zweierlei Hinsicht herausgefordert:

1. Im neuen naturwissenschaftlich geprägten Weltbild der kosmischen Entwicklung, die auch die biologische Evolution auf der Erde einschließt, entstand das Universum nicht vor langer Zeit, sondern entsteht noch heute und vielleicht auch in Zukunft. Schöpfung geschah nicht in mythologischer Zeit, als noch andere Regeln galten. Vorstellungen über die Schöpfung des Kosmos müssen sich heute auf das beziehen, was sich im Universum sichtbar abgespielt hat.

Wegen der endlichen Lichtgeschwindigkeit, erreichen uns heute Bilder von entfernten Galaxien, wie sie vor langer Zeit waren. Die Astronomie kann zurückblicken in die Vergangenheit und findet, dass die Dinge im Universum gemäß den selben Gesetzen entstanden, die noch heute gelten, zum Teil unter veränderten Bedingungen. Das neue Weltbild verlangt, dass sich der theologische Begriff der Schöpfung auf heutige Verhältnisse beziehen lässt. Wenn noch heute Neues entsteht, muss Schöpfung noch heute, und unter den Augen der Naturwissenschaftler, stattfinden.

2. In Schöpfungsberichten erscheinen die neuen Dinge in einer sinnvollen, aber nicht gesetzmäßigen Abfolge. Naturwissenschaftlichen Prozesse hingegen sind regelmäßig oder ein zufällig. In der Naturwissenschaft, insbesondere in der Physik, sind Vorgänge durch quantitative Gesetze geregelt. Sie verbinden Ursache und Wirkung mit mathematischen Formeln, die einen notwendigen oder rein zufälligen Ablauf darstellen. Diese quantitative

Beschreibung der natürlichen Vorgänge umfasst immer größere Gebiete und soll, so die Hypothese oder Befürchtung, eines Tages die ganze Wirklichkeit erfassen.

Diese zweite Herausforderung erscheint mir fundamentaler. Die Gesetze der Physik sind weit strenger und der Zufall reiner, als es die existentielle Lebenserfahrung erwarten würde. Mir ist zum Beispiel keine physikalisch nachgewiesene Verletzung der Energieerhaltung bekannt, und keinen Fall, wo die Grundgleichung der Quantenmechanik, die Schrödinger Gleichung, falsche Resultate lieferte. Zudem sind physikalische Gesetze mathematische Formeln, die keinen Raum lassen für kontingente Ereignisse, die weder streng gesetzmäßig noch rein zufällig sind. Es stellt sich daher die Frage: Ist die Welt ganz von selbst entstanden? oder in der Sprache der Geisteswissenschaft: Hat das Universum seine Existenz aus sich selber? oder in der physikalischen Sprache: Sind die Gesetzmäßigkeiten dieser Entwicklung der kosmische Normalzustand, den man nicht zu erklären braucht?

Hinter diesen Fragen leuchtet ein Weltbild auf, das man als szientistisch bezeichnen könnte. In diesem Bild wird die mathematisch beschreibbare Physik als Grund der Wirklichkeit gedeutet. Dann wäre die ganze Wirklichkeit physikalisch erklärbar. Diese Hypothese ist kaum je zu beweisen, denn physikalischen Messungen schließen zum Beispiel die Lebenswelt der Menschen nicht ein und erschließen weder das menschliche Bewusstsein noch existentielle Erfahrungen, wie Liebe, Kunst und vieles mehr.

6. Schöpfung ist keine Erklärung der naturwissenschaftlichen Resultate, sondern eine von vielen Deutungen. Sie ist nicht zwingend, aber angemessen.

Was würde es heißen, dass Gott das Universum gemacht hat? Hier ist auf die Parallelität mit existentiellen Erfahrungen hinweisen, denn auf dieser existentiellen Ebene wird die Frage gestellt. Die Antwort muss analog sein zur Frage: Was würde es heißen, dass Gott den Menschen oder mich persönlich gemacht hat? Die Antwort kann keine Alternative zur Biologie sein. Es kann auch nicht darum gehen, dass mit dem Begriff „Gott“ eine Lücke der biologischen Erklärungen geschlossen wird, zum Beispiel die Entstehung des Auges, dessen Evolution besonders komplex und unverstanden ist.

Die primäre Schöpfungswahrnehmung ist vielmehr die Erfahrung des geschenkten Lebens. Sie ist bildhaft in der zweiten Schöpfungsgeschichte der Bibel dargestellt: Der Mensch (hebräisch *ʾadam*) besteht aus den Substanzen des Ackerbodens (hebräisch *ʾadama*) und kehrt wieder dahin zurück. Für die Zeit dazwischen schenkt ihm Gott Lebenskraft, Bewusstsein, Identität, und steht ihm hilfreich bei. Adams Leben im Garten Eden wird primär als Geschenk gedeutet, weder als Normalzustand noch als Geworfensein: Die Geschenkdeutung gründet auf existentiellen Erfahrungen in der Gegenwart, die zur Zeit der Entstehung der Geschichte nicht groß verschieden waren von heute: Wir nehmen staunend wahr, dass wir sind und nicht nicht sind, und erschrecken beim Gedanken, dass alles auch anders sein könnte oder einmal anders werden wird. Diese Erfahrungen fließen nicht in die Naturwissenschaft ein.

Die Naturwissenschaften erklären einen Zustand aus den Ursachen, die ihn bewirken. In den exakten Wissenschaften wird der Zusammenhang zwischen Ursache und Wirkung streng mathematisch erfasst. Um diese Art des *Erklärens* kann es sich bei Schöpfung nicht handeln. Es geht vielmehr um die *Bedeutung* der Welt. Beim Deuten erfassen wir die Wirklichkeit mit einem gegebenen Muster. Es sind verschiedene Deutungen möglich. Wird zum Beispiel das menschliche Leben oder die Situation der Menschheit als Geworfensein gedeutet, steht als Urbild der Alptraum dahinter, in einen Urwald mit wilden Tieren verbannt zu sein. Bei der Deutung des Lebens als Geschenk steht ein anderes exemplarisches Erlebnis im Hintergrund: jemand wird von plötzlichem Reichtum, den er nicht verdient hat, überrascht.

7. Die Schöpfungsdeutung ist nur zu verantworten, wenn sie sich letztlich auf teilnehmende Wahrnehmungen bezieht.

Wenn ein Naturwissenschaftler theologische Überlegungen anstellt, drängt sich die Frage auf: Warum spricht er überhaupt von Gott? Diese Frage sollte auch am Anfang jeder Schöpfungstheologie stehen. Hier meldet sich ein Empirismus zu Wort, der mit dem Aufblühen der Naturwissenschaften seit 1600 in unsere Kultur eingeflossen ist. Auch von der Theologie erwartet der Empirismus einen Bezug zu Wahrnehmungen. Wenn das Universum als Schöpfung gedeutet werden soll, muss dies von heutigen Wahrnehmungen ausgehen.

Was für Wahrnehmungen könnten das sein? Nicht von der Art naturwissenschaftlicher Messungen und Beobachtungen! Das Göttliche ließ sich in den vergangenen vier Jahrhunderten seit Galileo Galilei mit der naturwissenschaftlichen Methode nicht dingfest zu machen. Es müssen Erfahrungen sein wie die jene von Adam, die über die naturwissenschaftlichen Phänomene hinaus gehen: die unverdiente Lebenskraft, eine geschenkte Lebenszeit und die immer wieder erfahrene letztendliche Güte. Bietet das Universum solche Erfahrungen an? Es kommt die unfassbare Kreativität in der dynamischen Entwicklung in den Sinn, die immer wieder Neues ermöglicht. Aber auch die fortwährend neue Zeit, die wie aus dem Nichts auf uns zukommt. Zeit wird als nicht selbstverständlich erlebt, wenn uns unsere Endlichkeit bewusst wird. Ferner können die erstaunlich fein abgestimmten Werte der physikalischen Grundkonstanten auch als Ausdruck eines gütigen Schöpfungswillens gedeutet werden. Kreativität, Zeit und Feinabstimmung sind weder als Gottesbeweise, noch als handfeste Fingerabdrücke des Schöpfers zu verstehen. Die Naturwissenschaft lässt jedoch Raum offen. Die drei Beispiele aus der Astrophysik können transparent für das Göttliche werden für einen Menschen, der von seiner primären Schöpfungserfahrung ausgeht. Sie sind dann nicht grundsätzlich anders als die anderen Dinge im Universum, weisen aber wie Ikonen auf Schöpfung hin.

8. Etwas Lebenswichtiges erkennen wir dann als Schöpfung, wenn wir erstaunt wahrnehmen, dass es uns geschenkt wird.

Ist es sinnvoll Sterne als Schöpfung zu deuten? Das Kriterium der Lebensnotwendigkeit erfüllen sie, denn es braucht mindestens drei Generationen von Sternen, bis durch die

nukleare Energieumsetzung genügend schwere Elemente wie Sauerstoff und Kohlenstoff produziert werden. Bei jeder Generation von Sternen werden diese Elemente zum Teil durch den Sternwind oder die finale Supernova-Explosion von massereichen Sternen herausgeschleudert und unter das interstellare Gas gemischt, woraus wieder neue Sterne entstehen. Alle Atome unseres Körpers außer Wasserstoff sind in früheren Sternen entstanden. Ohne Sterne und ohne die Sonne gäbe es kein Leben. Und doch verstehen wir ihre Entstehung nicht vollständig und werden die Entwicklung des Universums vielleicht nie im Detail erklären können. Diese erstaunliche Dynamik ist die kosmische Voraussetzung zu unserer Existenz.

Werden uns Sterne geschenkt? „Geschenk“ ist ein bildhafter Ausdruck für eine Erfahrung, die an ein Geburtstagsgeschenk erinnert. Die alljährliche Situation des Beschenktwerdens liefert das ursprüngliche Bild für die spezielle Erfahrung von Sternen als etwas nicht Selbstverständlichem. Der leuchtende Nachthimmel wird dann nicht als Normalzustand des Universums erfahren. Geschenke sind etwas Besonderes. Es gibt Pflicht- und Verlegenheitsgeschenke. Hier ist jedoch eine Geschenkerfahrung verbunden mit Staunen gemeint. Sie schließt die Faszination über die Größe und Kreativität des Universums ein.

In der Metapher des Geschenks wird der Schenkende zu einer Person. Es soll nicht stören, wenn der Schöpfer menschliche Züge hat. Wie sollte man sonst von der schöpferischen Kraft sprechen, wenn nicht in anthropomorphen Bildern? Es ist jedoch wichtig zu bemerken, dass der Schöpfer keine für sich allein stehende Metapher ist. Wir reden hier nicht vom Universum im Allgemeinen und denken uns Gott hinzu. Der Sterneschenkende gehört ins große Gesamtbild vom Beschenktwerden, zu dem auch die Beschenkten gehören. Sie sind es, die das Geschenk entgegennehmen und es als solches erkennen. Wer beschenkt wird, dankt dem Gebenden. Es gibt Psalmverse, wo Gott gelobt wird inmitten von Verlassenheit. Die letzten Worte von Jesus am Kreuz nehmen eine dieser Psalmstellen auf. Das Wort „Loben“ gehört zur Wortfamilie „lieben“ und kommt von „als lieb erklären“. Loben ist die emotionelle Reaktion auf das Beschenktwerden.

Wer Sterne als Geschenke empfindet, deutet das Universum als Schöpfung. Diese Deutung ist angebracht, wenn wir das eigene Leben als geschaffen deuten. Schöpfungsglauben bedeutet Schöpfungsvertrauen und ist auf die Zukunft ausgerichtet. An Schöpfung glauben heißt, darauf zu vertrauen, dass Gott immer noch das Universum erschafft, und dass es in guten Händen ist. Auch in Zukunft.

Abbildung 1: Ein 5 Millionen Jahre alter Sternhaufen, NGC 602, ist noch von Resten seiner Molekülwolke umgeben, welche die Sternwinde der jungen Sterne wegblasen. Dichte Wolkenkerne, in denen noch Sterne am Entstehen sind, bleiben als Finger-artige Einbuchtungen zurück. Der Durchmesser des Bildes beträgt etwa 200 Lichtjahre. (Foto: Hubble ST, NASA/ESA)

Abbildung 2: Der junge Stern Beta Pictoris in einer Distanz von nur 50 Lichtjahren ist von einer Scheibe umgeben, die wir von der Seite sehen (Im Bild von links oben nach rechts unten). Der innerste Teil mit einem Durchmesser ungefähr so groß wie unser Sonnensystem ist leer. Im Leerraum (hellblau eingefärbt) wurde im Herbst 2008 ein Planet gefunden, der den Stern wahrscheinlich in der Ebene der Scheibe umkreist. (Foto: Europäische Südsternwarte ESO)