

Schöpfung oder Urknall?

Die Frage nach dem Verhältnis von Naturwissenschaft und religiösem Glauben wird in letzter Zeit in der Öffentlichkeit verstärkt diskutiert. Eine Umfrage zu den religiösen Überzeugungen von US-Wissenschaftlern¹ hat auch für die deutsche Diskussion wichtige Impulse geliefert: Im Anschluß daran präsentierte das populäre Wissenschaftsmagazin „Bild der Wissenschaft“ in seiner Dezemberrummer 1999² eine Diskussion zwischen dem Physiknobelpreisträger Steven Weinberg und dem anglikanischen Pastor John Polkinghorne, der wie Weinberg lange als Elementarteilchenphysiker tätig war. Diese Diskussion drehte sich um die Frage, ob der Glaube an einen Schöpfergott mit der modernen Wissenschaft vereinbar ist bzw. ob diese sogar Indizien für Gott liefert.

Die Frage nach der Schöpfung war seit jeher ein Berührungspunkt zwischen Naturwissenschaft und Theologie. Auch heute muß sich die Theologie und die philosophische Gotteslehre den Ergebnissen der Forschung auf diesem Gebiet stellen. Im folgenden sollen kurz die wichtigsten dieser Ergebnisse vorgestellt werden, um sie anschließend philosophisch und theologisch zu reflektieren.

Das Standardmodell der Kosmologie

Von allen Gebieten der Physik ist die Kosmologie das spekulativste. Dennoch sind die grundlegendsten Theorien der Kosmologie mittlerweile so gut bestätigt, daß man sinnvoll von einem kosmologischen Standardmodell sprechen kann. Das wichtigste Stichwort in diesem Zusammenhang ist der „Urknall“. Die moderne Kosmologie datiert diesen Anfang des Universums vor etwa 15 Milliarden Jahre. Der Begriff „Urknall“ deutet an, daß es sich um einen extrem heißen und dichten Anfangszustand gehandelt hat und daß sich das Universum seitdem wie durch eine Explosion beständig ausgedehnt hat. Diese Ausdehnung läßt sich beobachten: Die Galaxien, die für uns sichtbar sind, bewegen sich von unserer Galaxie weg, und zwar um so schneller, je weiter sie von uns entfernt sind. Eine Ausnahme sind die uns direkt benachbarten Galaxien, mit denen wir durch die Gravitationskraft verbunden sind. Diese Ausdehnung wurde schon 1929 von Edwin Hubble entdeckt.

Diese Vorstellung vom Urknall, so selbstverständlich sie heute scheint, wurde von den Kosmologen zunächst gar nicht gerne angenommen. Die von Albert Ein-

stein 1915 entwickelte „Allgemeine Relativitätstheorie“ ist die wichtigste Voraussetzung der modernen Kosmologie. Aus dieser Theorie folgt, daß das Universum eine Entwicklung in der Zeit hat, aber Einstein selbst war dieser Gedanke so fremd, daß er versuchte, seine eigene Theorie schon zwei Jahre später so zu modifizieren, daß sie mit einem stabilen Kosmos vereinbar sein sollte. Dazu führte er in seine Theorie die sogenannte „kosmologische Konstante“ ein. Heute wissen wir, daß im Rahmen der Allgemeinen Relativitätstheorie im wesentlichen nur zwei Szenarien mit dem beobachtbaren Kosmos vereinbar sind: Entweder dehnt sich das Universum nach dem Urknall zunächst aus und fällt dann nach vielen Milliarden Jahren wieder in sich zusammen. Oder das Universum befindet sich in immerwährender Ausdehnung. Welches Szenarium zutrifft, hängt von der Dichte der Materie im Universum ab. Wenn diese größer ist als eine sogenannte kritische Dichte, dann reicht die Gravitationskraft der Massen des Universums aus, um die Ausdehnung irgendwann umzukehren.

Zur Frage, wo und wann der Urknall stattfand, muß noch bemerkt werden, daß gemäß der Relativitätstheorie Raum und Zeit erst mit dem Universum im Urknall entstanden sind. Es gibt also keine Zeit vor dem Urknall, und der Urknall fand nicht an einem bestimmten Ort statt. Die Ausdehnung des Universums geschieht nicht in einen schon vorhandenen Raum hinein, sondern der Raum selbst entsteht erst durch die Ausdehnung. Auch wenn das die Grenzen der Vorstellungskraft sprengt, ist dies doch eine konsistente und unausweichliche Konsequenz der Allgemeinen Relativitätstheorie.

Eine weitere Frage in diesem Zusammenhang ist die nach dem Mittelpunkt der Ausdehnung des Universums. Wenn sich alle Galaxien von uns weg bewegen, ist dann unsere Galaxie nicht ein ausgezeichneter Mittelpunkt der Expansion? Um sich klarzumachen, daß das nicht der Fall ist, kann als Vorstellungshilfe das Aufblasen eines Luftballons dienen. Die Punkte auf einem solchen Ballon entfernen sich alle voneinander. Dabei ist die Beobachtung von jedem Punkt aus die gleiche: Alle anderen Punkte entfernen sich von ihm. Das gleiche gilt für ein Gummituch, das gleichmäßig auseinandergezogen wird.

Mit dem Luftballon ist auch schon ein Modell eingeführt, das zur Veranschaulichung der sogenannten „Raumkrümmung“ in der Allgemeinen Relativitätstheorie dient. Man betrachte eine (zweidimensionale) Fläche, die in einem (dreidimensionalen) Raum gekrümmt ist. Auf einer solchen Fläche gilt nicht die euklidische Geometrie, die uns aus dem Schulunterricht vertraut ist. Man nehme zum Beispiel auf der Erdoberfläche ein Dreieck, das vom Nordpol, von Sumatra (auf dem Äquator, 100° östlicher Länge) und von Gabun (Westküste Afrikas, auf dem Äquator, 10° östlicher Länge) ausgespannt wird. Ein Blick auf den Globus lehrt, daß es in diesem Dreieck drei rechte Winkel gibt. Die Winkelsumme beträgt also 270° , nicht 180° , wie es die euklidische Geometrie lehrt. Trotzdem läßt sich auch auf solchen gekrümmten Flächen Geometrie betreiben, sogar wenn sie ungleich-

mäßig gekrümmt sind. Dazu muß natürlich für jeden Punkt der Fläche die Krümmung bekannt sein. Die Geometrie auf gekrümmten Flächen läßt sich nun auf einen dreidimensionalen Raum und auch auf die vierdimensionale Raumzeit verallgemeinern, was nicht mehr direkt veranschaulicht werden kann. Mit einer solchen Geometrie wird in der Allgemeinen Relativitätstheorie die Gravitation beschrieben. In unserer Alltagswelt sind die Effekte der Raumkrümmung viel zu klein, als daß man sie beobachten könnte. Daher ist die euklidische Geometrie die Grundlage unserer Anschauung.

Für die Kosmologie ist es von Bedeutung, zwischen positiver und negativer Krümmung zu unterscheiden. In einem positiv gekrümmten Raum ist die Winkelsumme in Dreiecken größer als 180° . Ein Universum, das nach der Expansion wieder in sich zusammenstürzen wird (Dichte größer als die kritische Dichte), hat eine solche Struktur. Ein solches Universum hat eine analoge Topologie wie die Oberfläche einer Kugel: Der Raum hat nirgendwo einen Rand, ist aber trotzdem nur endlich groß. (Das gilt jedenfalls in allen einfachen topologischen Modellen.) In einem Raum mit negativer Krümmung beträgt die Winkelsumme in Dreiecken weniger als 180° . Ein solches Universum wird sich ewig ausdehnen (Dichte kleiner als die kritische Dichte). In diesem Fall ist das Universum unendlich groß, wie auch im Grenzfall (Dichte gleich der kritischen Dichte) eines „flachen“ Universums, in dem in großen Abständen die euklidische Geometrie gilt. Die neuesten Beobachtungen weisen darauf hin, daß das Universum „ziemlich“ flach ist.

Die frühe Geschichte des Universums

Gemäß der Allgemeinen Relativitätstheorie war das für uns beobachtbare Universum im Urknall in einem Punkt zusammengezogen und hatte eine unendlich hohe Dichte und Temperatur. Das ist eine Singularität (Unendlichkeit) von physikalischen Größen, die in Widerspruch steht zur gewöhnlichen Auffassung von physikalischen Gesetzen. Man muß aber beachten, daß die moderne Physik davon ausgeht, daß bei extrem hohen Temperaturen, das heißt extrem hohen Energien der Materie, die Allgemeine Relativitätstheorie nicht mehr gültig ist. Zur Beschreibung dieses Zustands braucht man eine Theorie, die Relativitätstheorie und Quantentheorie (bzw. Quantenfeldtheorie) widerspruchsfrei vereint. Diese Theorie ist trotz großer Anstrengungen bisher nicht gefunden worden. Dieses Problem betrifft aber nur die ersten 10^{-43} Sekunden nach dem Urknall (die sogenannte Planckzeit). Diese Zeitspanne ist extrem kurz, viel kürzer als alles, was mit heute auch nur vorstellbarer Technik meßbar ist.

Ein typisches physikalisches Lehrbuch über Kosmologie³ bezeichnet diese Planckzeit selbstironisch als „Mythenära“, um anzudeuten, daß alle Aussagen für

diese Zeit extrem spekulativ sind. Es ist interessant festzustellen, daß manche populäre Bücher über Kosmologie (etwa die von Stephen Hawking) mit dem Anspruch auftreten, über diese Zeit gut Bescheid zu wissen. Hier zeigt sich ein typisches Problem in der populären Vermittlung physikalischer Theorien. Die „Laien“ sind auf Popularisierer angewiesen, die oft (wie Hawking) ihre eigenen spekulativen und in der Fachwelt noch umstrittenen Theorien als anerkannte Erkenntnisse ausgeben.

Der „Mythenära“ folgt eine Zeit, für die wir die Gesetze der Materie nicht kennen, aber einigermaßen sinnvoll extrapolieren können. Diese Zeit muß man bis mindestens 10^{-10} Sekunden nach dem Urknall ansetzen, also ein Zehntel von einer Milliardstelsekunde. Die physikalischen Theorien für diese Zeit sind immer noch spekulativ. Innerhalb dieser Zeit bilden sich aus dem heißen Anfangszustand die Elementarteilchen, die wir heute kennen. Dazu gibt es Modelle, die eine solche „Entstehung von Materie“ sinnvoll beschreiben, die aber bisher durch keine Experimente bestätigt werden können. Viele Kosmologen spekulieren auch, daß es sehr kurz nach dem Urknall (ca. 10^{-34} Sekunden) eine sogenannte „inflationäre Phase“ gab, in der die Expansion des Universums um viele Größenordnungen schneller ablief als vorher und nachher.

Nach 10^{-10} Sekunden war die Materie auf eine Temperatur von 10^{15} Kelvin abgekühlt⁴. Die Materie hatte damit eine durchschnittliche Energie von 100 GeV (100 Milliarden Elektronenvolt), wie sie in den besten heutigen Teilchenbeschleunigern erreicht wird, dem LEP am Europäischen Kernforschungszentrum CERN bei Genf und dem TEVATRON im Fermilab bei Chicago. Daher geben die Experimente an diesen Beschleunigern Aufschluß über den Zustand der extrem heißen Materie in dieser kurzen Zeit nach dem Urknall. Man kann annehmen, daß zu dieser Zeit ein Gas bzw. Plasma aus allen uns bekannten Elementarteilchen entstanden war.

Bis einige Minuten nach dem Urknall lief dann ein Prozeß, der als Nukleosynthese bezeichnet wird: Aus Quarks entstanden Protonen und Neutronen, aus denen sich die Atomkerne von Wasserstoff und Helium sowie in geringem Maß leichte Elemente bildeten. Aus dem Standardmodell der Kosmologie ergibt sich, daß dabei Wasserstoff und Helium im Massenverhältnis von etwa 3:1 entstanden sein muß, was sehr gut mit den astronomischen Beobachtungen übereinstimmt. Dies ist eine wichtige Bestätigung für dieses Modell.

Es dauerte aber noch etwa 300 000 Jahre, bis der Kosmos so weit abgekühlt war, daß Materie von der Art entstehen konnte, wie wir sie auf der Erde vorfinden. Zu diesem Zeitpunkt entkoppelte sich die Materie von der Strahlung im Universum. Die Wärmestrahlung, die damals immerhin noch eine Temperatur von etwa 10 000 Kelvin hatte, ist bis heute auf nur 2,7 Kelvin abgekühlt. Diese Strahlung ist die sogenannte kosmische Hintergrundstrahlung, die aus allen Richtungen gleichmäßig aus dem Weltraum empfangen werden kann. Sie wurde durch

Zufall 1965 entdeckt und ist eine weitere wichtige Bestätigung des kosmologischen Standardmodells.

Im weiteren Verlauf der Geschichte des Universums bildeten sich Galaxien und Sterne. Die Sterne brennen um so heißer und kürzer, je mehr Masse sie haben. Sehr schwere Sterne explodieren am Ende ihrer Lebensdauer in einer Supernova, wobei schwere Elemente erbrütet werden, die zur Bildung von Planeten gebraucht werden. Aus den Überresten einer solchen Explosion ist unsere Sonne mit ihren Planeten als Stern einer zweiten Generation entstanden.

Offene Fragen

Eine offene Frage im Zusammenhang mit dem modernen Standardmodell der Kosmologie betrifft die „kosmologische Konstante“. Diese beschreibt eine gleichmäßige Abstoßung im Raum, die der Gravitation entgegenwirkt. Wie bereits erwähnt, hatte Einstein diese Idee eingeführt, um die Idee einer Entwicklungsgeschichte des Kosmos zu vermeiden. Später verwarf er die Idee wieder, bezeichnete sie sogar als die „größte Eselei“ seines Lebens. Die jüngsten Beobachtungen deuten aber darauf hin, daß es tatsächlich eine solche abstoßende Kraft gibt. Die modernen Theorien der Materie sagen einen solchen Effekt als eine Eigenschaft des Vakuums voraus, allerdings errechnen sie eine viel zu große kosmologische Konstante, die nicht mit den Beobachtungen verträglich ist.

Ein weiteres ungeklärtes Kapitel ist die Frage nach der „dunklen Materie“. Beobachtungen der Rotation von Galaxien sowie der Galaxien in Galaxienhaufen und der Lichtablenkung durch Galaxien erlauben einen Rückschluß auf die Massen, die durch ihre Schwerkraft diese Bewegung beeinflussen. Dabei ergibt sich, daß diese Masse mindestens 30 mal so groß ist wie die aller beobachtbarer Materie, d.h. der Sterne. Selbst wenn man unbeobachtbare Gaswolken und andere kleine unbeobachtbare Himmelskörper berücksichtigt, erreicht man nicht einmal annähernd die notwendige Masse. Man schließt daraus, daß der größte Teil der Masse des Universums in einer Form vorliegt, die uns bisher völlig unbekannt ist. Diese Materie sollte ziemlich gleichmäßig in den Galaxien verteilt sein, und mit der uns bekannten Materie nur durch die Gravitation in Wechselwirkung stehen. Einige spekulative Erweiterungen der Theorien von der Materie sagen zwar Elementarteilchen mit diesen Eigenschaften voraus, aber es ist doch auch ernüchternd festzustellen, daß wir vom größten Teil der Masse des Universums fast nichts wissen. Die dunkle Materie mit eingeschlossen, ist nach den heutigen Beobachtungen die Massendichte im Universum ziemlich genau gleich der kritischen Dichte. Das Universum ist also im Großen flach, nicht gekrümmt.

Dies soll als Abriss des Standardmodells der Kosmologie hier genügen. Ein Begriff ist aber noch von großer Bedeutung: das „anthropische Prinzip“ und die

„Feinabstimmung“. Physikalische Berechnungen zeigen, daß die Entstehung von Planeten, die die Entstehung von Leben ermöglichen, sowie der chemischen Eigenschaften der Biomoleküle extrem empfindlich von den Naturkonstanten abhängen. Man bezeichnet das als Feinabstimmung. Schon durch kleinste Variationen zum Beispiel der Stärke von einer der Wechselwirkungen wäre das Universum in einer solchen Weise verändert, daß eine Entstehung von Leben nicht mehr möglich wäre.

Beispiele dafür sind: Die Entstehung und Freisetzung von schweren Elementen in Supernovae wäre nicht möglich, wenn die „schwache Kraft“ (eine der fundamentalen Kräfte gemäß der modernen Elementarteilchenphysik) nur wenig stärker oder schwächer wäre. Wenn die „starke Kraft“ nur wenig variiert wäre, gäbe es kein stabiles Element Kohlenstoff, das die Grundlage aller irdischen Lebensformen ist, oder es könnte der Brennprozeß der Sterne nicht funktionieren. Ähnliches gilt auch für die elektromagnetische Kraft und die Gravitationskraft. Es sieht also so aus, als sei das Universum gerade so konstruiert, daß eine Entstehung und Evolution von Leben möglich ist.

Schöpfung

Die Frage nach den philosophischen und theologischen Folgerungen aus der modernen Kosmologie sei mit einem Zitat von Arnulf Kanitscheider, einem der konsequentesten Naturalisten unter den modernen Naturphilosophen, eingeleitet:

„Es sind eigentlich nur zwei neuralgische Punkte übriggeblieben, an denen auch heute noch Berührungen des naturalen Universums mit einer möglichen Transzendenz diskutiert werden: der Ursprung des Universums und die Feinabstimmung der Konstanten und kosmischen Parameter, die die notwendigen Bedingungen für die Lebensentstehung liefern.“⁵

Als die Urknalltheorie aufkam, wurde diese in einigen Kreisen der katholischen Kirche⁶ freudig begrüßt. Plötzlich schien naturwissenschaftlich sichtbar zu werden, was „Schöpfung“ heißt: Ein „Schöpfer“ habe den Anfang gesetzt, eben den Urknall, der naturwissenschaftlich nicht mehr erklärbar sei. Nur die weitere Entwicklung sei dann der Naturwissenschaft zugänglich.

Diese Ansicht ist in mehrfacher Hinsicht naiv. Sie folgt einem Schema, das sich in der Auseinandersetzung zwischen Naturwissenschaft und Theologie nicht bewährt hat. Dietrich Bonhoeffer hat die entscheidende Einsicht gut auf den Punkt gebracht:

„Es ist mir ... ganz deutlich geworden, daß man Gott nicht als Lückenbüßer unserer unvollkommenen Erkenntnis figurieren lassen darf; wenn nämlich dann – was sachlich zwangsläufig ist – sich die Grenzen der Erkenntnis immer weiter hinausschieben, wird mit ihnen auch Gott immer wieder weggeschoben und befindet sich demgemäß auf einem fortgesetzten Rückzug. In dem, was wir erkennen, sollen wir Gott finden, nicht aber in dem, was wir nicht erkennen.“⁷

Anhand der Frage nach dem Urknall kann man aktuell studieren, wie dieses Hinausschieben der Erkenntnis vor sich geht. Drei Ansätze sollen beispielhaft vorgestellt werden, um zu zeigen, wie die Physik selbstverständlich versucht, auch den Urknall zu erklären.

Naturwissenschaftliche Erklärungen des Urknalls

Eine populäre Theorie stammt von dem russischen Physiker Andrej Linde. In dessen Theorie ist unser Universum nur eines von vielen, die durch chaotische Quantenfluktuationen und eine daran jeweils anschließende inflationäre Phase aus einem „Mutteruniversum“ hervorgegangen sind. Diese Theorie ist äußerst spekulativ, die Begriffe der Theorie sind aber durchaus sinnvoll. Die Theorie von Linde erklärt den Urknall, verschiebt aber in gewisser Hinsicht das Problem des Anfangs auf das Mutteruniversum. Dennoch hat sie einen Erklärungswert, weil einerseits der Urknall in dieser Theorie keine echte Singularität (Unendlichkeit) darstellt, in der die physikalischen Gesetze durchbrochen werden, und andererseits für das Mutteruniversum kein zeitlicher Anfang postuliert werden muß. Zeit und Raum entstehen mit jedem Tochteruniversum, das Mutteruniversum existiert sozusagen außerhalb der Zeit. Die vielen Tochteruniversen haben in Lindes Theorie keinen kausalen Kontakt miteinander. Von einem wissenschaftstheoretischen Standpunkt aus ist diese Vorstellung fragwürdig, weil die anderen Universen prinzipiell unbeobachtbar sind. Man muß aber beachten, daß es in der kosmologischen Forschung unvermeidbar ist, Naturgesetze in Bereiche zu extrapolieren, wo deren Geltung nicht experimentell überprüfbar ist. Die empirische Überprüfbarkeit ist nur ein Kriterium in diesen Zusammenhängen, wichtig ist auch die Konsistenz im Kontext der physikalisch plausiblen Theorien.

Die schon erwähnte Theorie von Steven Hawking (und Jim Hartle) ist ein zweites Beispiel, wie die moderne Physik versucht, auch den Urknall zu erklären. Dieser Ansatz ist typisch für sogenannte quantenkosmologische Betrachtungen. Diese gehen davon aus, daß in der Anwendung der Quantenmechanik auf die Kosmologie eine Unterscheidung aufgehoben wird, die sonst physikalische Erklärungen durchgängig prägt: die Unterscheidung zwischen Anfangsbedingungen und Gesetzen. Man muß in der gewöhnlichen physikalischen Arbeitsweise sowohl die Anfangsbedingungen eines Systems kennen als auch die Gesetze, denen dieses unterliegt, um Vorhersagen für das System machen zu können. Entsprechend erklären Anfangsbedingungen zusammen mit einem Gesetz dann ein später beobachtetes Verhalten des physikalischen Systems. Der Urknall ist die „erste“ Anfangsbedingung im gegenwärtigen kosmologischen Standardmodell. Quantenkosmologien, zumal die von Hawking, beanspruchen nun, den Kosmos als Gesamtheit mit seiner ganzen Entwicklungsgeschichte aus einem physikali-

schen Gesetz erklären zu können. Das ist eine „zeitlose“ Erklärung. Das entsprechende physikalische Gesetz erklärt nicht nur eine Entwicklung in der Zeit, sondern auch, warum Zeit überhaupt existiert.

In Hawkings Theorie stellt außerdem der Urknall keine Singularität (Unendlichkeit) der physikalischen Parameter dar. Das ist wie folgt zu verstehen: Der Urknall als Anfangspunkt der Zeit ist in einem gewöhnlichen Verständnis natürlich ein besonders ausgezeichneter Punkt. In Hawkings Quantenkosmologie verschmelzen aber Raum und Zeit in der Umgebung dieses Punktes zu einer untrennbaren Einheit. Der Anfangspunkt der Zeit ist nur willkürlich ausgezeichnet durch unsere Wahl der Raum- und Zeitkoordinaten, die in der Umgebung dieses Punktes physikalisch nicht eindeutig bestimmt sind. Das ist analog zur Auszeichnung von Nord- und Südpol auf der Erdoberfläche durch die Wahl der Längen- und Breitengrade: Alle Längengrade laufen dort jeweils zusammen, wodurch sie auf jeder Weltkarte als besondere Punkte erscheinen. Betrachtet man die Erde aber einfach nur als Kugel (ohne ihre Drehachse zu berücksichtigen), dann ist diese Auszeichnung von Nord- und Südpol willkürlich. Sie hängt von unserer Wahl ab, wie Längen- und Breitengrade die Erde überziehen. Ebenso ist in Hawkings Theorie der Anfangspunkt der Zeit nicht physikalisch ausgezeichnet und das Universum hat ebensowenig einen zeitlichen oder räumlichen Rand, wie die Erdoberfläche einen Rand hat. Hawking folgert daraus:

„Wenn das Universum einen Anfang hatte, können wir von der Annahme ausgehen, daß es durch einen Schöpfer geschaffen worden sei. Doch wenn das Universum wirklich völlig in sich selbst abgeschlossen ist, wenn es wirklich keine Grenze und keinen Rand hat, dann hätte es auch weder einen Anfang noch ein Ende: Es würde einfach *sein*. Wo wäre dann noch Raum für einen Schöpfer?“⁸

Die Hawking/Hartle-Theorie ist in keiner Weise bewiesen. Sie widerspricht sogar den neueren kosmologischen Daten⁹. Die Theorien von Linde und Hawking/Hartle sollten nur als Beispiel gesehen werden, daß die Physik danach strebt, die verbleibenden Lücken in der Erklärung zu schließen, und daß durchaus prinzipiell Aussicht besteht, dies zu erreichen, wenngleich nicht abzusehen ist, ob solche Theorien jemals empirisch getestet werden können.

Auch Kanitscheider versucht eine naturalistische Lösung des Anfangsproblems, die aber weniger überzeugend ist. Gemäß seiner Analyse gehört der Urknall als (singulärer) Anfangspunkt in derselben Weise nicht zum Universum und seiner Geschichte, wie in der Mathematik ein offenes Intervall keine Endpunkte hat. Damit sei der Urknall als Singularität selbst gar kein geschichtliches Ereignis, und daher auch nicht erklärungsbedürftig. Kanitscheider folgert daraus:

„Wenn man einen von rationalen Theologen wie Richard Swinburne als adäquat angesehenen Gottesbegriff zugrunde legt, wonach Gott als vernünftiges Wesen anzusehen ist, das gezielt ein bestimmtes Universum schaffen wollte, dann ist diese Voraussetzung nicht in Einklang zu bringen mit dem Resultat der Singularitätsanalyse, wonach das Universum ohne Ursache, ja ohne angebbare Notwendigkeit, ohne Wahrscheinlichkeit, schlichtweg existiert.“¹⁰

Dieses Zitat ist ein guter Ausgangspunkt zur Klärung der Frage, was Schöpfung als philosophischer und theologischer Begriff in Zusammenhang mit der Kosmologie sinnvoll heißen kann. Oben wurde schon festgestellt, daß Gott nicht einfach als Lückenbüßer benutzt werden darf, wenn die naturwissenschaftliche Erkenntnis an Grenzen stößt. Dies ist auch aus theologischen Gründen gefordert. Wenn da, wo keine physikalischen Ursachen bekannt sind, Gott als Ursache eingesetzt wird, dann ist Gott einfach ein Glied in der Kette der Wirkursachen. Dies ist dem Begriff von der Transzendenz Gottes nicht angemessen. In der theologischen Tradition wurde dieses Problem durch die Unterscheidung von Gott als erster Ursache im Unterschied zu den zweiten Ursachen gelöst:

In der Schöpfungstheologie des Thomas von Aquin brauchen „die Tätigkeiten der zweiten Ursache ... die erschaffende, erhaltende und applizierende Tätigkeit Gottes als Fundament und Stütze. Nur in Verbindung mit Gottes Schöpferkraft vermag ein Geschöpf ein komplettes Ding zu erzeugen. Dabei handelt es sich nicht um zwei sachlich voneinander verschiedene, teils von Gott, teils von den natürlichen Ursachen hervorgebrachte Wirkungen, die Wirkung stammt vielmehr *ganz* von jeder der beiden Wirkungen, nur in anderer Hinsicht.“¹¹

Andererseits zeigen gerade die Theorien von Linde und Hawking/Hartle zur physikalischen Erklärung des Urknalls, daß jede naturalistische Erklärung immer nur relativ zu einem neuen physikalischen Gesetz etwas erklärt. Die Naturwissenschaft kann sich nicht selbst erklären, sondern kann immer nur alles auf noch allgemeinere und „einfachere“ Gesetze zurückführen. Letztlich führt das auf die klassische philosophische Frage, warum überhaupt etwas existiert, und nicht vielmehr nichts, selbst wenn in der modernen Physik auf einer fundamentalen Ebene nur ganz allgemeine Symmetriengesetze postuliert werden. Es wurde dargestellt, daß Theologen, die Gott dort ansetzen, wo die physikalische Erklärung versagt, eine Grenzüberschreitung begehen. Das Zitat von Kanitscheider macht deutlich, worin eine Grenzüberschreitung in der umgekehrten Richtung besteht. Selbst Physiker wie Hawking können mit ihren Erklärungen die physikalischen Gesetze immer nur auf noch fundamentalere Gesetze zurückführen, die dann letztlich ohne angebbare Ursache existieren. Daraus kann aber nicht abgeleitet werden, daß es nicht gestattet ist, andere Weisen der Erklärung in Betracht zu ziehen.

Der Schöpfungsbegriff

In der scholastischen Tradition der Theologie wurde der Begriff der Schöpfung mit dem Begriff der „Ursache“ (causa) verknüpft: Gott als die erste Ursache der Welt. Dieser Begriff wird heute zum Ausgangspunkt für viele Mißverständnisse. Die moderne Naturwissenschaft kennt nicht mehr die Vielschichtigkeit des aristotelischen Ursachenbegriffs. Der Ursachenbegriff, der zum Beispiel der Schöpfungstheologie des Thomas von Aquin zugrunde liegt, hängt mit dessen Ontolo-

gie zusammen und bedeutet „eine Verähnlichung, eine Seinsübertragung, Substanzwerdung“¹². Dagegen beschränkt sich die Naturwissenschaft, die keine solche reiche Ontologie voraussetzt, erstens auf Wirkursachen und versteht zweitens diese nur im Sinn einer Aufeinanderfolge von Erscheinungen, die nach einer gewissen Regel vor sich geht.

Um einen angemessenen Schöpfungsbegriff zu entwickeln, stehen nun zwei Möglichkeiten offen: Man kann, das ist die erste Möglichkeit, beklagen, daß die moderne Wissenschaft den Ursachenbegriff zu eng faßt, und versuchen, den traditionellen Schöpfungsbegriff mit der modernen Naturwissenschaft zu vereinen. Das würde aber voraussetzen, auch die Ontologie zu übernehmen, die dem scholastischen Schöpfungsbegriff zugrunde liegt. Die zweite Möglichkeit, und für diese soll hier plädiert werden, besteht darin, einen Schöpfungsbegriff zu entwickeln, der zwar die Verengungen des naturwissenschaftlichen Programms vermeidet, aber doch mit dessen Sprache verträglich ist. Dazu bietet sich an, für das Verständnis von Schöpfung den Begriff der „Ursache“ durch den Begriff der „Erklärung“ zu ersetzen: Gott als „letzte Erklärung“ der Welt. Der Begriff der „Erklärung“ wird auch in der Naturwissenschaft vielschichtiger gebraucht. Oben wurde schon darauf hingewiesen, daß man gerade in der Quantenkosmologie neue Wege geht. Ohne daß es ausdrücklich reflektiert oder gerechtfertigt wird, „erklären“ Quantenkosmologen das Universum nicht mehr nach dem Schema eines zeitlichen Ablaufs, sondern sie postulieren ein grundlegendes physikalisches Gesetz außerhalb der Zeit, das das Universum als raumzeitliche Gesamtheit erklärt.

Ausgehend vom Begriff der „Erklärung“ läßt sich folgendes zum naturalistischen Einwand Kanitscheiders gegen Schöpfung anführen: Der Begriff von Schöpfung, den Kanitscheider zugrunde legt, beruht auf einem primitiven Verständnis von Transzendenz, das allerdings auch dem naiven theologischen Verständnis vom Urknall als Schöpfungsakt zugrunde liegt. Schöpfung ist für Kanitscheider, daß „eine *externe* Ursache als Ursprung des neu geschaffenen Objekts“¹³ agiert. Dabei stellt er den „Schöpfer“ als verursachendes Objekt, und zwar im Sinn einer Wirkursache, neben ein geschaffenes Objekt. Swinburne, den Kanitscheider kritisiert, denkt aber differenzierter. Für ihn ist die Erklärung durch die Gotteshypothese nicht eine Erklärung durch eine weitere Ursache in der naturwissenschaftlichen Ursachenkette, sondern sie ist eine *personale Erklärung*¹⁴.

Der Begriff der „personalen Erklärung“ verdient eine nähere Erläuterung. Eine naturwissenschaftliche Erklärung folgt dem Schema, das oben im Zusammenhang mit den Quantenkosmologien beschrieben wurde: Ein Phänomen gilt als ausreichend erklärt, wenn es aus Anfangsbedingungen zusammen mit einem allgemeinen Gesetz hergeleitet werden kann. In einer personalen Erklärung dagegen „wird das Vorkommen eines Phänomens *B* auf das intentionale Tun eines rational

Handelnden *P* zurückgeführt“¹⁵. Das Handeln von Personen läßt sich einerseits personal, andererseits teilweise auch naturwissenschaftlich erklären. Die personale Erklärung bezieht sich auf die Intention, die hinter der Handlung steht. Die naturwissenschaftliche Erklärung beschreibt dagegen, wie durch Nervenimpulse und Muskelbewegungen die betreffende Handlungsweise zustande kommt. Die beiden Erklärungsweisen gehören also verschiedenen Ebenen an und können nebeneinander existieren. Eine strikt reduktionistische Position behauptet, daß sich personale Erklärungen vollständig auf naturwissenschaftliche reduzieren lassen. Swinburne argumentiert gegen einen solchen Reduktionismus¹⁶, vertritt also die Auffassung, daß personale Erklärungen einen eigenständigen Erklärungswert haben. Wer immer dem Menschen echte Freiheit zugesteht, wird dieser These Swinburnes letztlich folgen müssen. Damit kann man personalen Erklärungen einen eigenständigen und unableitbaren Wert neben naturwissenschaftlichen Erklärungen zubilligen. Eine Erklärung durch das Handeln Gottes ist nun im Sinn einer solchen personalen Erklärung zu verstehen, mit dem Unterschied, daß das betreffende Explanandum in keiner Weise einer naturwissenschaftlichen Erklärung zugänglich ist¹⁷.

Im Rahmen einer christlichen Theologie fällt es natürlich leicht, von einer „personalen Erklärung“ der Welt zu sprechen. Bisher wurde nur gezeigt, daß eine solche Auffassung keinen Widerspruch zur naturwissenschaftlichen Erklärung darstellt. Ein weiterer Schritt ist aber die philosophische Frage, ob sich Schöpfung aufweisen läßt, oder vorsichtiger ausgedrückt, ob die Existenz der Welt auf Schöpfung hinweist. Im letzten Abschnitt dieses Beitrags wird diese Frage noch einmal aufgenommen.

In einem Punkt muß allerdings auch der Begriff der „personalen Erklärung“ noch hinterfragt und präzisiert werden. Dieser Begriff impliziert in einem naiven Verständnis, daß eine verursachende Person, nämlich Gott, neben der Welt steht, die geschaffen wird. Damit setzt man einen übergeordneten Standpunkt voraus, von dem aus Gott und die Welt als nebeneinanderstehend betrachtet werden können und von dem her gesehen Gott ein Objekt zusätzlich zur Welt darstellt. Das entspricht nicht einem entwickelten Transzendenzbegriff, wie ihn das Christentum kennt: Schöpfung ist eine personale Erklärung der Welt, dabei darf „der Schöpfer“ aber nicht als eine Person aufgefaßt werden, die neben oder gar in der Welt existiert wie andere Dinge oder Personen, sondern als „transzendent“ zur Welt.

Das anthropische Prinzip

Bisher wurde die Frage nach Schöpfung in bezug auf eine Erklärung der Existenz der Welt gestellt. Der zweite „neuralgische Punkt“ (Kanitscheider) für die naturalistische Auffassung ist das anthropische Prinzip bzw. die Feinabstimmung der

grundlegenden physikalischen Parameter¹⁸. Diese legt den Gedanken nahe, daß das Universum daraufhin geplant ist, daß Leben und letztlich denkende, selbstbewußte Wesen entstehen. Eine solche Planung ist im Rahmen des Naturalismus eine unsinnige Idee.

In diesem Zusammenhang gibt es zwei naturalistische Lösungsmöglichkeiten. Die erste, eher überzeugende, steht im Rahmen von Modellen, die die Existenz vieler Universen postulieren, wie Lindes Modell von chaotischer Inflation. Wenn es tatsächlich viele Universen gibt und wenn in jedem Universum die Naturkonstanten andere Werte haben (was sich aus diesen Theorien zwanglos ergibt), dann wird es unter all den vielen Universen auch welche geben, bei denen die Feinabstimmung stimmt, so daß denkende, beobachtende und selbstbewußte Wesen entstehen. Nun ist es kein Wunder, daß diese Wesen ein derart fein abgestimmtes Universum vorfinden. Denn nur in den Universen, wo die Feinabstimmung stimmt, entstehen ja solche Wesen. Diese Erklärung ist konsistent, aber nicht besonders einfach.

Eine zweite naturalistische Lösungsmöglichkeit zur Feinabstimmung besteht darin, zu zeigen, daß im Rahmen einer verallgemeinerten Theorie der Physik die Naturkonstanten (aufgrund von Symmetriebedingungen) genau diese Werte haben müssen, die sie eben haben. Damit eliminiert man zwar einen Planer, der vorausschauend alle diese Werte einzeln genau fixiert hat. Aber ein Staunen kann doch bleiben, daß die Symmetrien der Natur gerade so zusammenspielen, daß sie die Entstehung von erkennenden und selbstbewußten Lebewesen ermöglichen.

Zusammenfassend läßt sich sagen: Aufgrund der skizzierten naturalistischen Lösungsmöglichkeiten für das anthropische Prinzip kann zwar auf dieses kein „Gottesbeweis“ im strengen Sinn gestützt werden. Eine Erklärung der Feinabstimmung des Universums durch Schöpfung ist aber in Anbetracht der Kompliziertheit der Modelle, auf die sich die Naturalisten berufen, mindestens ebenso rational wie deren Erklärungen. Nicht die Rationalität leitet in diesem Zusammenhang die naturalistische Erklärung, sondern das Dogma, daß alles naturalistisch erklärbar sein muß. Zugegebenermaßen hat sich dieses Dogma als sehr erfolgreich erwiesen für die Entwicklung der Naturwissenschaft. Aber letztlich müssen die Naturalisten an dieses Dogma einfach glauben, ohne weitere rationale Rechtfertigung.

Perspektiven

Es wurde oben aufgezeigt, daß Schöpfung im Sinn einer „personalen Erklärung“ der Welt nicht im Widerspruch steht zur modernen Kosmologie. Es blieb aber noch die Frage offen, wie weit eine solche Erklärung rational gerechtfertigt ist. Die Feinabstimmung des Universums liefert allerdings schon gute Argumente für

eine solche Erklärung. Es lohnt sich, zum Abschluß und um die Argumentation zusammenzufassen und weiterzuführen, noch einige Positionen zu betrachten, die in den am Anfang erwähnten Artikeln vertreten werden.

Kanitscheider warnt in „Spektrum der Wissenschaft“¹⁹ zu Recht vor einem nur oberflächlichen Arrangement zwischen Wissenschaft und Religion und vor einem Lückenbüßergott, der jeweils alles erklärt, was die gegenwärtige Naturwissenschaft nicht erklären kann. Soweit er aber selbst über dieses Verhältnis spricht, läuft seine Position auf einen glatten Reduktionismus hinaus: Für das, wofür die Naturwissenschaft keine Erklärungen hat, gibt es prinzipiell keine Erklärungen. Da eine Erklärung immer nur etwas mit etwas anderem verknüpfen könne, gebe es auf die Frage, warum es überhaupt etwas gibt und nicht vielmehr nichts, schon aus logischen Gründen keine Antwort. Damit reduziert er Erklärung auf das naturwissenschaftliche Modell der Erklärung durch Wirkursachen. Für die Feinabstimmung im Universum verzichtet Kanitscheider ausdrücklich auf eine Erklärung und zieht sich darauf zurück, daß in der Physik immer ein Rest von Kontingenz verbleibt. Eine Schöpfungstheologie, die auf einer rationalen Erklärung beruht, die über das naturwissenschaftliche Modell hinausgeht, wird von Kanitscheiders naturalistischer Kritik nicht gefährdet. Im Gegenteil, sie wird sich darauf berufen können, letztlich einen umfassenderen Erklärungswert zu haben.

Eine ernsthaftere Kritik der Schöpfungslehre, verstanden als personale Erklärung der Welt, liefert Weinberg in „Bild der Wissenschaft“.²⁰ Diese gipfelt im Satz:

„Wenn wir die Handschrift des Schöpfers irgendwo sehen könnten, dann wohl bei den grundlegendsten Naturgesetzen. Soweit wir sie kennen, sind sie vollkommen unpersönlich und ohne jede Sonderstellung für das Leben.“ Dazu führt Weinberg noch das Theodizeeproblem an und kommt zur Schlußfolgerung, „daß es keine Anzeichen von Güte gibt, die die Handschrift eines Schöpfers zeigen“²¹.

Ob eine Schöpfungstheologie auf das Theodizeeproblem angemessen antworten kann, soll hier nicht untersucht werden. Ansonsten liefert Polkinghorne im Anschluß an Weinberg eine sehr gute positive Grundlegung einer Schöpfungstheologie²². Der Ausgangspunkt ist eine Kritik der Einseitigkeit der naturwissenschaftlichen Perspektive: „Wissenschaft²³ beschränkt sich selbst, indem sie sich nur mit einer bestimmten Art der Erfahrung beschäftigt. Sie handelt, grob gesprochen, von der unpersönlichen Dimension der Wirklichkeit.“²⁴ Dieses Programm der Naturwissenschaft ist sehr erfolgreich, aber es hat auch prinzipielle Grenzen, weil es wichtige Aspekte der Wirklichkeit grundsätzlich ausklammert. Ein einleuchtendes Beispiel ist die Ästhetik: Man kann ein Musikstück vollständig naturwissenschaftlich beschreiben, indem man die Schallschwingungen in der Luft untersucht sowie ihre Wirkungen auf das Ohr. Damit hat man aber den wesentlichen Aspekt von Musik noch gar nicht verstanden. Eine Metaphysik, die ihren Namen verdient, sollte den Anspruch erheben, eine Theorie von allem zu

sein, insbesondere auch der Aspekte des Subjektiven, Persönlichen, die der Naturwissenschaft entgehen. Auf dem Hintergrund einer solchen Betrachtungsweise ist nach Polkinghorne die Physik in ihrer rationalen Schönheit und Verständlichkeit „durchdrungen mit ‚Zeichen des Geistes‘“. Diese Interpretation sowie die Beobachtung der Feinabstimmung und das Phänomen der religiösen Erfahrung führen Polkinghorne zur Schlußfolgerung:

„Ich glaube, eine attraktive, schlüssige und intellektuell zufriedenstellende Erklärung dafür ist, daß es tatsächlich einen göttlichen Geist hinter der wissenschaftlich erkannten rationalen Ordnung des Universums gibt.“²⁵

Zusammenfassend läßt sich sagen: Die Schöpfungstheologie wird von der modernen Kosmologie nicht wirklich bedroht. Und sie muß auch nicht versuchen, einen tradierten Schöpfungsbegriff (Gott als Ursache der Welt) künstlich mit der Auffassung der zeitgenössischen Naturwissenschaft zu versöhnen. Allerdings, das zeigt Polkinghornes Argument, beruht die Rationalität eines modernen Schöpfungsbegriffs, also eine personale Erklärung der Welt, zwar nicht notwendig auf einer traditionellen scholastischen Metaphysik, aber doch auch auf einer bestimmten Ontologie. Der Naturalist beschränkt sich auf die unpersonale Dimension der Wirklichkeit. Logisch ist es dann ein Zirkelschluß, wenn er keine personale Erklärung der Welt als rational gelten läßt. Er kann sich dabei nur auf den „Erfolg“ des modernen naturwissenschaftlichen Programms berufen, ist aber immer damit konfrontiert, daß seine Erklärungen irgendwann abbrechen. Im Rahmen einer Metaphysik, die nicht nur Unpersönliches als Realität akzeptiert, sondern auch das Subjektive und Personale, liefert dagegen gerade die physikalische Erklärung in ihrer „rationalen Schönheit und Verständlichkeit“ (Polkinghorne) und insbesondere das Phänomen der Feinabstimmung einen rationalen Hinweis auf Schöpfung. Schöpfung im Sinn einer personalen Erklärung der Existenz der Welt ist damit kein Notbehelf oder Lückenbüßer, wo eine naturwissenschaftliche Erklärung (noch) nicht ausreicht. Schöpfung bedeutet eine Erklärung der Welt auf einer anderen Ebene, und diese Erklärung ist reicher als jede naturwissenschaftliche Theorie.

ANMERKUNGEN

¹ Spektrum der Wissenschaft, November 1999, 74–78.

² Bild der Wissenschaft, Dezember 1999, 42–47 u. 48–51.

³ H. Goenner, Einführung in die Kosmologie (Heidelberg 1994).

- ⁴ Temperaturen werden in der Kosmologie sinnvollerweise in Kelvin gemessen, das ist die Temperatur in Celsiusgraden über dem absoluten Nullpunkt bei -273°C .
- ⁵ B. Kanitscheider, *Im Inneren der Natur: Philosophie u. moderne Physik* (Darmstadt 1996) 165.
- ⁶ Ein Beispiel: Die Adresse von Pius XII. an die Päpstliche Akademie im Jahr 1951. Angeführt in: *Bild der Wissenschaft*, Dezember 1999, 43.
- ⁷ D. Bonhoeffer: *Widerstand u. Ergebung* (Gütersloh ¹³1985) 155.
- ⁸ S. Hawking, *Eine kurze Geschichte der Zeit* (Reinbek 1988) 179.
- ⁹ Hawking geht von einem geschlossenen Universum aus. Die aktuellen astronomischen Beobachtungen deuten darauf hin, daß das Universum flach und offen ist.
- ¹⁰ Kanitscheider (A. 5) 170.
- ¹¹ H. Meyer, Thomas v. Aquin (Paderborn 1961) 342.
- ¹² Ebd. 336.
- ¹³ Kanitscheider (A. 5) 166.
- ¹⁴ R. Swinburne, *Die Existenz Gottes* (Stuttgart 1987). In diesem Zusammenhang ist vor allem das zweite Kapitel „Das Wesen der Erklärung“ von Bedeutung.
- ¹⁵ Ebd. 39.
- ¹⁶ Vgl. ebd. 45ff.
- ¹⁷ Vgl. ebd. 55.
- ¹⁸ Das anthropische Prinzip wird auch von Kanitscheider (A. 5) 118ff. ausführlich diskutiert. Was im folgenden als anthropisches Prinzip bezeichnet wird, ist das sogenannte schwache anthropische Prinzip: Das Universum ist so beschaffen, daß sich in ihm Leben und intelligente Beobachter entwickeln können. Davon sind das „starke anthropische Prinzip“ und das „partizipatorische anthropische Prinzip“ zu unterscheiden, die in unserem Zusammenhang aber nicht relevant sind.
- ¹⁹ *Spektrum der Wissenschaft*, November 1999, 80–83.
- ²⁰ *Bild der Wissenschaft*, Dezember 1999, 48f.
- ²¹ Ebd. 48.
- ²² Ebd. 49–51.
- ²³ „Wissenschaft“ ist hier die Übersetzung von „science“, also „Naturwissenschaft“.
- ²⁴ *Bild der Wissenschaft*, Dezember 1999, 50.
- ²⁵ Ebd.