Agemus Nachrichten – Wien, Nr. 30 – Dezember 1992
Internes Informationsorgan der Arbeitsgemeinschaft Evolution, Menschheitszukunft und Sinnfragen

DER URSPRUNG DES UNIVERSUMS

Eine Beschreibung des Universums ist unvollständig, wenn sie nichts darüber aussagt, wie es letztlich entstanden ist. Zur Zeit ist das sogenannte „Aufblähungsszenario" in Mode.

Nach dieser Theorie entstand das Universum im wesentlichen ohne Materie und Energie. Währen eine Version der Theorie behauptet, die Raumzeit sei infolge einer Quantenfluktuation spontan aus dem Nichts aufgetaucht, hat sie sich nach einer anderen Version kurz nach dem Anfang gewissermaßen in „Raum" verwandelt, und daher hat man es nicht mit dem Auftreten des dreidimensionalen Raumes an einem bestimmten Punkt in der Zeit zu tun, sondern mit einem vierdimensionalen Raum. Wenn man nun annimmt, daß dieser Raum gekrümmt ist und ein ununterbrochenes Kontinuum bildet, dann gibt es überhaupt keinen richtigen Ursprung: Was wir für den Anfang des Universums nehmen, ist ebensowenig ein physikalischer Ursprung, wie der Nordpol der Beginn der Erdoberfläche ist.

Wie dem auch immer sein mag, nachdem der neugeborene Raum ganz still angefangen hatte, begann er mit einer phantastischen, sich ständig beschleunigenden Geschwindigkeit anzuschwellen, bis er kosmisches Ausmaß erreichte, ein Vorgang, der nur etwa 10^{-32} sec. in Anspruch nahm. Dies ist die „Aufblähung", nach der das Szenario benannt ist. Sie macht aus einem kleinen Knall den bekannten „Urknall", den Big Bang.

Während der Aufblähungsphase wurde sehr viel Energie erzeugt, aber diese Energie war unsichtbar, in Quantenform im leeren Raum eingesperrt. Als die Aufblähung endete, wurde diese ungeheure Energiemenge in Form von Materie und Strahlung freigesetzt. Anschließend entwickelte sich das Universum in der bekannten Weise.

Während der Aufblähungsphase befand sich das Universum in einem Zustand vollständiger Symmetrie. Es bestand aus einem völlig homogenen und isotropen leeren Raum. Außerdem war, wegen der völlig gleichbleibenden Expansionsgeschwindigkeit, ein zeitlicher Moment vom anderen nicht zu unterscheiden. Das Universum war, anders gesagt, unter Zeitumkehr und Zeittranslation symmetrisch. Es hatte ein „Sein", aber kein „Werden". Das Ende der Aufblähung war gleichbedeutend mit der ersten großen Symmetriebrechung: Der gestaltlose Raum wurde plötzlich von Myriaden von Teilchen bevölkert, was einer ungeheuren Zunahme der Entropie bedeutete. Das war ein ganz und gar irreversibler Schritt, der dem Universum einen bis heute bestehenden Pfeil der Zeit aufprägte. Für Anhänger der Aufblähungs- oder einer ähnlichen Hypothese hat das Universum also mehr oder weniger mit Nichts angefangen, und das

Universum, das wir heute beobachten, hat sich Schritt für Schritt durch eine (?) Folge von Symmetriebrechungen entwickelt. Jeder dieser Schritte ist in hohem Maße irreversibel, und erzeugt eine Menge Entropie, aber er ist auch schöpferisch, insoferne als er neue Möglichkeiten und Komplexitätssteigerungen der Materie freisetzt. Die Schöpfung ist jetzt nicht mehr ein Vorgang, der einmal für allemal stattfand und abgeschlossen ist, sondern ein fortgesetzter, immer noch unvollendeter Prozeß.

Blase oder Urknall?

Das Urknall-Szenario, diese ungeheure Explosion, in der Materie und Kräfte geboren wurden und dann in alle Winde zerstoben, um ein immer noch expandierendes Universum zu bilden, weist einige zweifelhafte Faktoren auf, mit denen sich die theoretischen Physiker bis heute nicht so richtig anfreunden können. Den einen macht die Singularität am Anfang Kummer, während einigen anderen beim Urknall keine hinreichende Erklärung für die Gleichförmigkeit der Hintergrundstrahlung ausreicht.

Die Vorstellung, das Universum habe als Blase begonnen, so Hawking, bietet für viele dieser Probleme eine einfache Lösung. Die 1981 entwickelte Blasentheorie beseitigt die meisten Mängel der Urknalltheorie, während sie natürlich gleichzeitig andere Probleme aufwirft. Der Grundgedanke ist, daß nicht eines, sondern mehrere Universen aus Blasen entstanden sind. Ausgangspunkt war ein ungleich verteiltes Gemisch von Energieflecken, jeder heißer als eine Billion Billiarden Grad. Die Ausdehnung die daraufhin folgte, ergab, daß sich Wärme verlor und eine Unterkühlung einsetzte.

Das Ganze geschah nach der Plank'schen Mauer bei 10^{-43} sec., als sich die Gravitation von den drei Quantenkräften losgelöst hatte. Ungefähr 10^{-35} sec. nach Beginn des Prozesses erhalten die unterkühlten Regionen einen enormen Energieschub, möglicherweise infolge eines Rucks von negativer Gravitation und blähten sich zu Blasen auf.

Das falsche Vakuum ist der Schlüsselbegriff zu dieser Theorie. Wenn dann die aus dem falschen Vakuum entstandenen Blasen weiter abkühlen, trennen sich die elektromagnetischen und die schwachen Kräfte und existieren fortan unabhängig voneinander. Die Energie in einer dieser Blasen — unserem Universum — kondensiert zu Teilchen wie Leptonen und Quarks. Am Ende der inflationären Epoche — 10^{-32} sec. nach dem Uranfang — ist unser Universum, das jetzt die Materie für alle Sterne, Galaxien, Planeten und Menschen enthält, ungefähr so groß wie eine Grapefruit. Von diesem Punkt an gilt wieder das bekannte Urknallszenario.

Welche Probleme bleiben im Blasen-Szenario noch zu klären? Nun, nach meiner Meinung eine Menge. Denn viele Astrophysiker stellen die Frage: Wie kommt es zu den Materieklumpen in der Blase, die zum Universum wurde? Und andere haben wieder Schwierigkeiten mit der Vorstellung, daß im gleichen Augenblick eine Vielzahl von Universen entstanden sein soll. Werden wir diese Dinge jemals genau in Erfahrung bringen? Die Inflation erklärt, warum die Expansion des Universums in diesem Zeitraum so reibungslos ablief. Einerseits konnte das Universum so rasch expandieren, wie es das getan hat, ohne wie ein Schwarzes Loch in sich zusammenzustürzen. Anderseits wäre die Materie so fein verteilt worden, daß sich keine Galaxien hätten bilden können.

Hier ergibt sich auch noch die Frage nach der Zeit? Läßt sich mit Hilfe der oder einer Singularität die Blasen-Theorie erklären? Kopfzerbrechen der Wissenschafter ist z.Zt. die Antwort: wenn schon Blasen, bilden sie sich aus einem ganz bestimmten Raum; so nach Wille de Sitter, der 1917 als erster dies untersucht hat. Dieser Raum stellt eine besondere Lösung der Feldgleichungen aus Einsteins allgemeiner Relativitätstheorie dar und konstituiert ein unendlich gekrümmtes Universum, das sich in steter Ausdehnung befindet. Eine andere Version, nach R. Gott läßt die Urblase sich reibungslos aus dem umgebenden De-Sitter-Raum bilden. Ein merkwürdiger Aspekt der Gott'schen Kosmologie ist indessen die Anwendung der Hawking-Strahlung auf das Frühstadium des Universums. Unter Berücksichtigung der Wechselbeziehung zwischen Gravitation und Quantenmechanik kam Gott zu der Überzeugung, daß die Ereignishorizonte der schwarzen Löcher eine ständige thermische Strahlung erzeugen müßten.

Seine Berechnungen führten zu einem interessanten Ergebnis: Der Ereignishorizont erzeugt Hawking-Strahlung. Die Strahlung wird zu dem Fluidum, das bewirkt, daß sich das Blasenuniversum ausdehnt.

Die sich im Kreis bewegende Hypothese gilt nur für den Fall, daß die Hawkingstrahlung extrem heiß, mehr als 10^{31} Grad — und unvorstellbar dicht — 10^{93}g Materie pro cm^3 — ist.

Während dieses Zeitraums dringt aus den expandierenden De-Sitter-Raum Hawking-Strahlung in die Blase ein und verwandelt sich blitzartig — in 10^{-42} sec. — in normale Materie. Nach dieser Auffassung verbirgt sich — so die Astrophysiker — hinter dem was man heute als Urknall bezeichnet, diese plötzliche Umwandlung von Strahlung in Materie.

Das Wagnis dieses Modells liegt darin, daß es darüber keine Auskünft geben kann, was auf der anderen Seite der Plank'schen Mauer bei 10^{-44} sec. oder gar früher gegeben hat. Doch würden wir auch nie in der Lage sein, eines dieser anderen Universen zu beobachten. Im De-Sitter-Raum gibt es eine thermische Strahlung, und diese ist wichtig für die Blasen. In den Streit um Blase und Urknall mischte sich Hawking Ende 1981 ein und reiste aus Intersse an der Sache nach Moskau um mit Starobinski und Linde die Spielarten der Blasentheorie zu diskutieren. Im Juni 1982 luden Hawking und Gibbons in Cambridge zu einer Tagung über die früheste Phase des Universums ein. Die erste Sekunde der Existenz des Universums. Das Universum ist nämlich im großen Maßstab homogen, nicht aber im kleinen Maßstab, enthält es doch Materieklumpen in Form von Galaxien, Sternen und Galaxien-Clustern.

Doch als das Szenario mathematisch zu Ende gerechnet wurde, ergab sich, daß sich diese Materieklumpen vor Beginn der Zeit herausgebildet haben müßten und fast sofort zu schwarzen Löchern kollabiert wären und ein schwarzes Universum zurückgeblieben wäre. In einem rasch anwachsenden jungen Universum hätte die Materie so dicht gepackt sein können, daß es wie ein schwarzes Loch einfach in sich zusammengestürzt wäre. Oder die Materie wäre zu fein verteilt gewesen, als daß sie sich zu Galaxien hätte ballen können, sodaß sie frei im Raum geblieben wäre. Obwohl sich unser Universum noch in der Blüte seiner Jugendjahre befindet, beschäftigen sich die Theoretiker der Physik schon seit geraumer Zeit mit seinem Ende. Wird sich

die gegenwärtige Expansion endlos fortsetzen und schließlich zu einer solchen Streuung der Materie führen, daß die Sterne einfach einer nach dem anderen verlöschen? Oder leben wir in einem geschlossenen Universum? Wird das Universum eines Tages beginnen, in sich zusammenzufallen? Sodaß sich der Urknall umkehrt und zu einem endzeitlichen Zusammensturz wird, den die Astrophysiker als „Big Crunch" bezeichnen? Alles Fragen über Fragen, die wir heute noch nicht beantworten können. Man vermutet, daß die Wahrheit zwischen Zusammensturz und Ausdehnung liegt. Aber wie gesagt, das ist nur eine Vermutung.

Aber legt nicht die Vorstellung von Blasen-Universen, die Seite an Seite existieren, den Gedanken an ein offenes Universum nahe, an eine ewige Expansion, die sich schließlich in endloser Kälte und Dunkelheit verliert?

Die Vorstellung, daß es zahllose Universen nebeneinander gibt, hat nicht unbedingt etwas mit dem Begriff des offenen Universums zu tun. Es läßt sich mehr als ein rein klassisches Problem betrachten. Man muß auch die Quantenmechanik dabei berücksichtigen — mit all ihren Wahrscheinlichkeiten. Um mit Wittgenstein zu sprechen: Daß das Universum mit einer Wahrscheinlichkeit, die nicht gleich Null ist, eine Vielfalt von Formen aufweist. Also eine Wahrscheinlichkeit, daß es offen oder geschlossen ist.

Noch ein Wort zur Ansicht eines kosmischen Ballons. Man stelle sich vor, der Ballon möge das Universum darstellen. Auf seiner Oberfläche markieren wir Punkte, die Sterne und Galaxien darstellen sollen. Wird der Ballon jetzt Stück für Stück aufgeblasen, entfernen sich die Punkte voneinander. Aber nicht nur das, es entstehen auch Dellen und Fältchen auf der Oberfläche.

Nach Einstein verursacht die Anwesenheit von Materie und/oder Energie eine Krümmung der Raumzeit.

Die Oberfläche ist also wie gekräuselt, d.h. die Oberfläche vibriert, verschwimmt — und hier erinnern wir uns an die Unschärferelation, wo bekanntlich die Position eines Teilchens nicht gleichzeitig mit der Geschwindigkeit bestimmt werden kann. Für die Oberfläche des Ballons bedeutet das, daß bei sehr starker Vergrößerung die Quantenfluktuation so chaotisch wird, daß man sagen kann, es gibt eine gewisse Wahrscheinlichkeit für alle Möglichkeiten. Auch gewöhnliche Ballons haben solche Unregelmäßigkeiten die dann zum Platzen des Ballons führen. Diesen Vorgang könnte man dann auch wenn auch etwas spektakulär, als die Geburt eines „Babyuniversums" ansehen. Wir würden aber niemals einem solchen Prozeß beiwohnen können, denn so etwas geschieht nur in einer imaginären Zeit, die nicht die reale Zeit ist. Die wahrscheinlichste Größe für die Verbindung zwischen unserem Universum und einem Babyuniversum — die Nabelschnur — wenn man so sagen will ist nur etwa 10^{-33} cm dick. Die Öffnung — man sagt auch Wurmloch — ist ein kleines schwarzes Loch, welches plötzlich entsteht und nach unvorstellbar kurzer Zeit wieder verschwindet (siehe dazu auch Hawking-Strahlung). Sind nun schon aus unserem Universum Babyuniversen entstanden und groß geworden? Vielleicht fragt man sich auch, ob unser Universum mit einer solchen Ausbeulung begonnen hat? Fragen über Fragen, die sich hier auftun.

ZOBODAT - www.zobodat.at

Zoologisch-Botanische Datenbank/Zoological-Botanical Database

Digitale Literatur/Digital Literature

Zeitschrift/Journal: Agemus Nachrichten Wien - Internes Informationsorgan der Arbeitsgemeinschaft Evolution, Menschheitszukunft und Sinnfragen, Naturhistorisches Museum Wien

Jahr/Year: 19##

Band/Volume: 30

Autor(en)/Author(s): diverse

Artikel/Article: Der Ursprung des Universums 1-4