

Der Urknall

- das kosmologische Standardmodell

Die Frage nach der Entstehung des Kosmos ist äußerst schwierig, aber überaus interessant. Hier treffen einander exakte Forschung und philosophische Überlegungen. H. Alven schreibt z.B. 1969: „*Der große Kompromiß muß heißen: vom Augenblick der Schöpfung an war die Wissenschaft zuständig. Die Schöpfung erfolgte durch übernatürliches Eingreifen.*“

Adalbert Apolin

Kosmologische Modelle

Die Urknallkosmologie erhebt nicht den Anspruch, die einzig mögliche Beschreibung der Entwicklung des Universums zu sein, sie vermag aber vieles zu erklären, was Astronomen beobachten und sie ist die beste Theorie, die derzeit die Kosmologie anbieten kann und wird von vielen Physikern akzeptiert. Hawkins sagte, danach zu fragen, was vor dem Urknall war, sei die Frage nach einem Punkt, der nördlich des Nordpols liege.

Es hat sich in der Astronomie immer wieder gezeigt, daß die Vorgänge am Himmel den gleichen Gesetzen gehorchen wie sie auf der Erde gültig sind. Atome entfernter Sterne senden die gleichen Spektrallinien aus, wie Atome, die im Labor untersucht wurden.

Nahezu jeden Monat findet ein internationaler Kongreß über Kosmologie statt, wobei es immer nur um den „heißen“ Urknall geht.

In der Folge sollen zuerst mehrere Alternativen zur Urknallkosmologie untersucht werden, und dann etwas ausführlicher die Urknallhypothese selbst.

Gegenmodelle

Es gibt Forscher, die einen Schöpfungsakt ablehnen, und selbst auf Fachtagungen über eine „Entstehung des Alls aus dem Nichts“ sprechen. Es ist deshalb gut, „Alternativen“ zum Standardmodell anzuführen, wobei es nach R. Breuer schwer ist, die Grenze zwischen seriösem Gegenmodell und rechthaberischer Spinnerei zu finden, und ein Standardmodell, das sich gegenüber Alternativmodellen nicht behaupten kann, ist „keinen Schuß Pulver wert“.

- 1 Eine Kosmologie, die die Rotverschiebung nicht durch Expansion des Weltalls, sondern durch Lichtermüdung erklärt, geht ganz andere Wege. Lichtquanten verlieren bei ihrer Durchquerung des Weltraumes von entfernten Galaxien Energie und infolgedessen kommt es zu einer Rötung. Diese Theorie wird von den meisten Kosmologen ausgeschlossen, weil sie weder den Ursprung der Hintergrundstrahlung noch die Häufigkeit der leichten Elemente erklären kann.
- 2 Eine andere Erklärung für die Rotverschiebung hat der amerikanische Astronom Halton Arp. Seine Überlegungen stellen ebenfalls die Expansion in Frage. Für ihn ist die Rotverschiebung in den untersuchten Objekten, Galaxien und Quasaren selbst zu suchen und nicht in der Entfernung.

Viele Astronomen lehnen jedoch auch diese Deutung ab.

- 3 Eine weitere Theorie ist die Steady-State-Kosmologie aus dem Jahre 1948. Ihre Schöpfer sind Hoyle, Bondi und Gold. Sie besagt, daß sich das Universum im Mittel in einem unveränderlichen Zustand befindet. Ein Anfang und ein Ende des Universums ist nicht zwingend. Hoyle sagte, daß die Bezeichnung Steady-State ihm nie gefallen habe, sie sei ihm von Bondi und Gold aufgedrängt worden.

Heute kann man diese Theorie so gut wie ausschließen, weil sie unter anderem die Hintergrundstrahlung nicht erklären kann.

- 4 Ein weiterer Versuch, die Urknallhypothese zu vermeiden, ist die Annahme einer Symmetrie von Materie und Antimaterie. Nach dieser Ansicht begann das Universum in Form von langsam kontrahierendem Gas aus gleichen Mengen von Materie und Antimaterie.

Die Hintergrundstrahlung kann mit dieser Vorstellung nicht erklärt werden, und es treten noch weitere Schwierigkeiten auf, weil irgendein Mechanismus die Gebiete aus Materie und Antimaterie trennen muß. Die meisten Astrophysiker betrachten diese Theorie mit Skepsis.

- 5 Mit der Erwähnung einer Vorstellung eines schrumpfenden Universums, mit einer Schrumpfung der Atome und der damit verbundenen Rotverschiebung soll diese kurze Aufzählung von Gegenmodellen abgeschlossen werden.

Diese letzte Theorie zeigt extremen Scharfsinn, ist aber ein mathematisches Modell mit wenig Bezug zur Wirklichkeit, und es existiert überhaupt keine experimentelle Basis.

Urknallmodell

Die Grundidee des Urknallmodells stammt vom russischen Mathematiker A.Friedmann aus dem Jahre 1922. Nach seinen Überlegungen, die eine Folgerung der Einsteinschen Gleichungen der allgemeinen Relativitätstheorie sind, zeigt der Kosmos ein dynamisches Auseinanderstreben. Den Beweis dafür lieferte E.Hubble. Er wies 1928 nach, daß die Rotverschiebung, die selbst eine Folge der sich entfernenden Galaxien ist, mit der Entfernung derselben zunimmt. Die Rotverschiebung sagt aus, daß die Linien im Spektrum einer sich von uns entfernenden Galaxie aufgrund des Doppler-Effekts nach Rot verschoben sind. Der Grad der Verschiebung hängt also von der Geschwindigkeit der Galaxie ab. Denkt man sich die Expansion des Weltalls zurückgespult wie einen Film, dann gelangt man zu einem Ausgangspunkt einer Singularität, einem Urknall, der den Namen Big Bang erhielt.

Wie war dieser Ausgangspunkt beschaffen, heiß oder kalt?

Beim kalten Urknall beginnt das Universum als reines Wasserstoffgebilde in festem Zustand mit der Temperatur des absoluten Nullpunktes. Der hauptsächlichste Widerstand gegen dieses Modell beruht auf einem Versagen bei der Erklärung der Hintergrundstrahlung, auf die später noch eingegangen wird. Der später noch einmal angeführte Satellit COBE bestätigte einwandfrei eine heiße Frühphase des Universums.

Kürzlich wurde die Hypothese aufgestellt, der zweite Hauptsatz der Thermodynamik sei eine Folge des Urknalles, welchen man als „Null Entropie Ereignis“ bezeichnen könne.

Der Urknall beginnt mit der Zeit Null. Einer der Pioniere des heißen Urknalls war R.C. Tolmann. Eine Auswirkung dieser Theorie ist die kosmische Hintergrundstrahlung. G. Gamow und seine Mitarbeiter sagten sie in den Vierzigerjahren voraus und 1965 wurde sie entdeckt. 1990 hat der Satellit COBE (Cosmic Background Explorer) Meßergebnisse von einer Mikrowellen - Hintergrundstrahlung mit einer Temperatur von 2,735 Kelvin geliefert. Genau das sagte die Theorie des heißen Urknalls voraus. Diese Hintergrundstrahlung ist gewissermaßen ein Wiederhall des Urknalls.

Heute ist eine Erklärung für diese Strahlung, die sich nicht auf den Urknall beruft, sehr schwer vorstellbar. Bei diesem Urknall muß eine Kernsynthese stattgefunden haben, bei der gewisse leichte Elemente, bzw. ihre Kerne gebildet wurden.

Wie weit liegt dieser heiße Urknall zurück?

Diese Frage ist nicht genau zu beantworten, weil der genaue Wert der Hubble-Konstante nicht bekannt ist. Je größer diese Konstante angenommen wird, umso rascher expandiert das Weltall. Die meisten Astronomen nehmen einen Wert zwischen 50 und 100 km pro Sekunde pro Megaparsec an. Der Moment, als das Universum mit dem Urknall begann, liegt vielleicht 10 oder 12 oder 15 Milliarden Jahre zurück.

War das Universum in den ersten Minuten nach dem Urknall gleichförmig und homogen?

Der Urknall erzeugte Wasserstoff, Helium und Lithium durch Kernreaktionen. Ein inhomogener Urknall fasziniert die Astronomen, weil er erklären könnte, warum sich in der Galaxis keine Sterne finden, die ausschließlich aus Wasserstoff, Helium und Lithium bestehen.

Zusammenfassend kann man sagen, daß die Häufigkeit der leichten Elemente, die Fluchtbewegung der Galaxien und die kosmische Hintergrundstrahlung die drei Säulen darstellen. auf denen die Urknalltheorie beruht.

Es sieht so aus, als hüte der Urknall seine Geheimnisse, weil in die ersten Sekundenbruchteile von Raum und Zeit kein Teleskop vorzudringen vermag.

Schwierigkeiten hat die Urknallhypothese, die Bildung von Galaxien und Galaxienhaufen zu erklären. Vielleicht haben sie sich aus kleinen Gravitationsstörungen entwickelt. „*Ich muß schon zugeben*“, sagte G. Börner vom Münchner Max-Planck-Institut für Astrophysik, „*daß die Frage der Galaxi-*

entstehung im Rahmen der Urknalltheorie zur Zeit ungelöst ist“.

1992 konnte COBE Urkeime für große kosmische Gebilde nachweisen. Eine Schwankung der Hintergrundstrahlung von ca. 30 Mikrokkelvin konnte entdeckt werden.

Die sogenannte „Prähistorie“ des Universums ist ziemlich genau beschreibbar. Die erforderlichen Kenntnisse wurden aus Experimenten mit Beschleunigern gewonnen, die Teilchenstrahlen auf sehr hohe Energie bringen können. Die größten dieser Maschinen befinden sich im Kernforschungszentrum CERN in Genf und in Batavia (Illinois/ USA).

- 10⁻⁴³ Sekunden nach dem Urknall befand sich der Kosmos in einem Zustand extrem hoher Materiedichte. Elementarteilchen, wie wir sie heute kennen, gab es nicht, der „überschaubare“ Bereich hatte einen Radius von 10⁻³³ cm. Jenseits dieser Distanz gab es keine kausalen Zusammenhänge.
- 10⁻³⁵ Sekunden nach der Zeit 0 trat neben der Gravitation auch die starke Wechselwirkung als selbständige Kraft in Erscheinung.
- Nach 10⁻³⁴ Sekunden hatte das Universum eine Temperatur von 10²⁸ Kelvin.
- Nach 10⁻¹⁰ Sekunden trennten sich die schwache Wechselwirkung und die elektromagnetische Kraft. Eine Mikrosekunde nach dem Urknall muß die Temperatur etwa 10¹⁶ ausge-macht haben.
- 1 Sekunde nach dem Urknall betrug die Temperatur 10 Milliarden Kelvin. Der Raum war von einem Plasma erfüllt, bestehend aus H- und He-Kernen sowie ihren Elektronen und einem sehr dichten Gas aus Elektronen und Positronen.
- In den ersten Minuten nach dem Urknall war das Universum ein riesiger Fusionsreaktor.
- Als das Universum 300000 Jahre alt war, hatte es eine Temperatur von 1000 Kelvin. Wir können Materie sehen, die älter als 300000 Jahre ist. Jüngere Materie bleibt uns wegen der Lichtundurchlässigkeit verborgen.
- Die Zeitspanne 300000 Jahre nach dem Urknall bis heute ist eine Periode observabler Geschichte des Universums.
- 300 Milliarden Jahre nach dem Urknall wäre die Temperatur der Hintergrundstrahlung auf 0,27 Kelvin gefallen. Die Intensität der Strahlung wäre um einen Faktor 1000 zurückgegangen und ein Empfänger müßte 1000mal empfindlicher sein. Ein Kosmologe, der zu diesem Zeitpunkt leben würde, hätte diese Hintergrundstrahlung vielleicht gar nicht entdeckt und vielleicht auch keine Urknalltheorie entwickelt.

Verwendete Literatur

R.BREUER: Immer Ärger mit dem Urknall Hamburg 1993

H.ALFFEN: Kosmologie und Antimaterie, Stockholm 1909

W.HAWKING: Eine kurze Geschichte der Zeit, Hamburg 1994