

Galaxien

Galaxien

Nach Hubble (Hubbleklassifikation) unterscheidet man elliptische Systeme, normale Spiralen, Balkenspiralen und irreguläre Systeme. Unsere Milchstrasse ist eine Balkenspirale, der Andromedanebel ist eine normale Spiralgalaxie, die Magellanschen Wolken sind irreguläre Systeme. Einige Mitglieder der lokalen Gruppe, dazu gehören auch Begleiter der Andromedagalaxie, sind elliptische Galaxien.

Galaxien gruppieren sich zu Haufen und Superhaufen (Clusters). Dazwischen befinden sich weitgehend leere Räume, auch Hubble-Blasen genannt. Hubble entdeckte zusammen mit Humason, dass die Spektrallinien in den Galaxienspektren um so mehr nach dem roten Ende verschoben sind, je kleiner und lichtschwächer die Galaxien erscheinen, je weiter sie also von uns entfernt sind. Deutet man diese Rotverschiebung mittels des Dopplereffekts als Galaxienflucht, was bisher die physikalisch einzig sinnvolle Erklärung ist, dann ist die positive Radialverschiebung um so größer, je weiter die Galaxien entfernt sind. Die Galaxien „fliehen“ also vor uns, und zwar um so schneller, je weiter sie entfernt sind. Das Weltall dehnt sich aus.

Hubble entdeckte, dass die Rotverschiebung proportional zur Entfernung einiger Galaxienhaufen war.

$$\text{Hubble-Beziehung: } v = H_0 r$$

v Geschwindigkeit in km/s

r Entfernung in Mpc

Der Wert für die Hubble-Konstante H ist noch sehr ungenau bestimmt. Ein gängiger Mittelwert beträgt:

$$H = 60 \text{ km/(sMpc)}$$

Das heißt: Pro Mpc Entfernung nimmt die Fluchtgeschwindigkeit um 60 km/s zu

Ein Modell für dieses Phänomen muss erklären, dass von jeder Galaxie aus sich alle anderen Galaxien entfernen und dass die Hubble-Beziehung gilt. Wenn man annimmt, dass das Universum im Urknall vor langer Zeit entstanden ist und nicht die Galaxien in einem Raum auseinanderfliegen, sondern der Raum selbst expandiert, erhält man eine gute Erklärung für die Beobachtungen. Man kann dieses Modell mit einem Rosinenkuchen vergleichen, die Rosinen sind die Galaxien, die sich überall im Hefeteig, der aufgeht, voneinander fortbewegen. Dabei gilt auch, dass weit voneinander entfernte Rosinen sich schneller voneinander fortbewegen.

Physikalisch stellt man sich unseren dreidimensionalen Raum eingebettet in einen höherdimensionalen Raum vor, so wie die zweidimensionale Oberfläche eines Luftballons, auf dem Galaxien aufgemalt sind, wobei diese Fläche sich im dreidimensionalen Raum befindet. Das Phänomen der Galaxienflucht entsteht beim Aufblasen des Luftballons.

Diese Modelle berücksichtigen, dass kein Punkt der Welt, insbesondere die Erde, besonders ausgezeichnet ist.

Aus der Modellvorstellung kann das Alter des Universums abgeleitet werden.

Wenn es den Urknall gegeben hat, so muss das Universum ein Alter t haben. Dann hat eine Galaxie in der Zeit t die Entfernung r erreicht. Folglich gilt:

$$r = v t = (H r) t, \text{ also } t = H^{-1}$$

Der Kehrwert der Hubblekonstanten ergibt also das Alter des Universums:

Mit dem ersten Wert von Hubble 580 km/s Mpc ergab sich das Alter von 1,7 Mia Jahren, der jetzige gängige Wert von 60 ergibt 16 Milliarden Jahre.

Nach den neuesten Messungen (Mai 2009) beträgt das Alter des Weltalls 13,855 Milliarden Jahre, die Hubble- Konstante hat einen Wert von $74,2 \pm 3,6$ [Km s⁻¹ Mpc⁻¹] liegt.

Bei der Bestimmung von H sind aber einige Unsicherheiten enthalten, so dass das Alter des Universums mit einem relativen großen Fehler angegeben wird.

In Wirklichkeit dürfte das Alter des Universums eher geringer sein, da die Expansion zu Beginn wohl größer war als jetzt.

Als um 1960 die Technik der Radiointerferometrie Radioquellen genauer lokalisieren konnte, wurden am Ort der Radioquellen sternähnliche Objekte nachgewiesen, die aber wegen der extrem breiten und hellen Emissionslinien im Spektrum keine Sterne sein konnten. In der Folgezeit hat sich die Bezeichnung Quasar für quasistellare Objekte eingebürgert. Alle Quasarspektren zeigen sehr starke Rotverschiebungen, die einer Radialgeschwindigkeit von fast wesentlichen Prozent der Lichtgeschwindigkeit entsprechen. Wenn man die Hubblebeziehung auch für Quasare anwendet, ergibt sich eine Entfernung von 15 Milliarden Lichtjahren. Die entferntesten Quasare beobachtet man also in einem Frühzustand des Universums. Viel Quasare zeigen Intensitätsschwankungen von wenigen Tagen oder Wochen. Hieraus folgert man, dass Quasare Strahlungsquellen mit geringem Durchmesser von nur einigen Lichttagen sind. Die enorme Strahlungsleistung aus sehr kleinen Quellen lässt sich nur durch Umwandlung von Gravitationsenergie erklären. Riesige Massenkonzentrationen in den Aktivitätszentren, möglicherweise schwarze Löcher, saugen Materie an. Dabei wird in noch unbekanntem Vorgängen Energie freigesetzt.

