

Die Entdeckung der Galaxienflucht bildet die Grundlage für die Urknalltheorie (Big Bang Theory) und damit für unser aktuelles Bild von der Entwicklungsgeschichte des Universums.

Nach Edwin Hubble ist auch das erste nicht-erdgebundene Teleskop benannt, das heute aus dem Orbit perfekte Aufnahmen von weit entfernten Sternen und Galaxien liefert.

2.4 Kosmologie
Galaxienflucht:

Edwin Hubble bestimmte 1924 mit Hilfe der
die
für die zuvor Vesto Slipher bereits die
mit Hilfe des gemessen hatte.

Auf Basis der groben Datenlage vermutete er, dass sich Galaxien
umso
je

Die Hubble-Beziehung erlaubt die Entfernungsbestimmung von Galaxien
aufgrund ihrer

Der Proportionalitätsfaktor H_0 (Hubble-Konstante) konnte in den letzten Jahren immer genauer bestimmt werden:

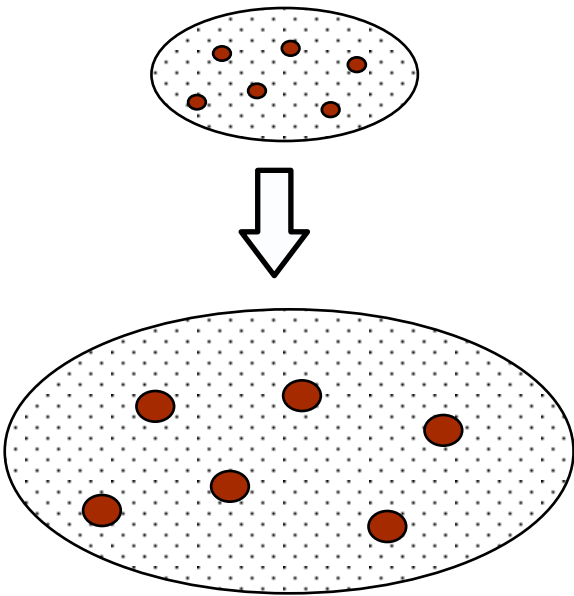
(H hat sich in Laufe der Entwicklungsgeschichte des Universum tatsächlich verändert, mit H_0 wird ihr aktueller Wert bezeichnet)

Die Interpretation der Galaxienflucht als Ausdehnung des Raumes wirkt für uns etwas künstlich, da wir aus der Alltagserfahrung lieber mit einer Bewegung der Galaxien in Bezug auf den Raum argumentieren würden. Die moderne Interpretation impliziert vor allem, dass der Raum (und auch die Zeit) erst entstanden sind (wobei dieser Prozess immer noch andauert). Die Hintergrundstrahlung, die einem schwarzen Körper von 3 K Temperatur entspricht, ist quasi der feinverteilte Rest der Explosion.

Expansion des Universums:

Die von Hubble gefundene Galaxienflucht fand eine vorläufige Interpretation im Paradigmenwechsel durch Lemaitre:
Die Galaxien bewegen sich nicht etwa innerhalb eines statischen Raumes,

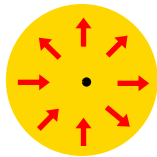
(dadurch nimmt der Abstand der Galaxien zu → Rosinenkuchenmodell/Luftballonmodell).



The Big Bang Theory:

Idee: Man könnte den von Hubble beobachteten Expansionsprozess

.....
Ergebnis: Ausgangspunkt der Expansion war ein



.....
Interpretation: Start des Universums als

"Nachhall":

Die Bestimmung des Alters des Universums ist überaus simpel (wenn man das Verfahren kennt). Hier wird deutlich, wie wichtig es für die Astronomen ist, die Hubble-Konstante möglichst genau zu bestimmen. Wir gehen aber davon aus, dass diese selbst nicht konstant über die Zeit war.

Das Alter des Universums

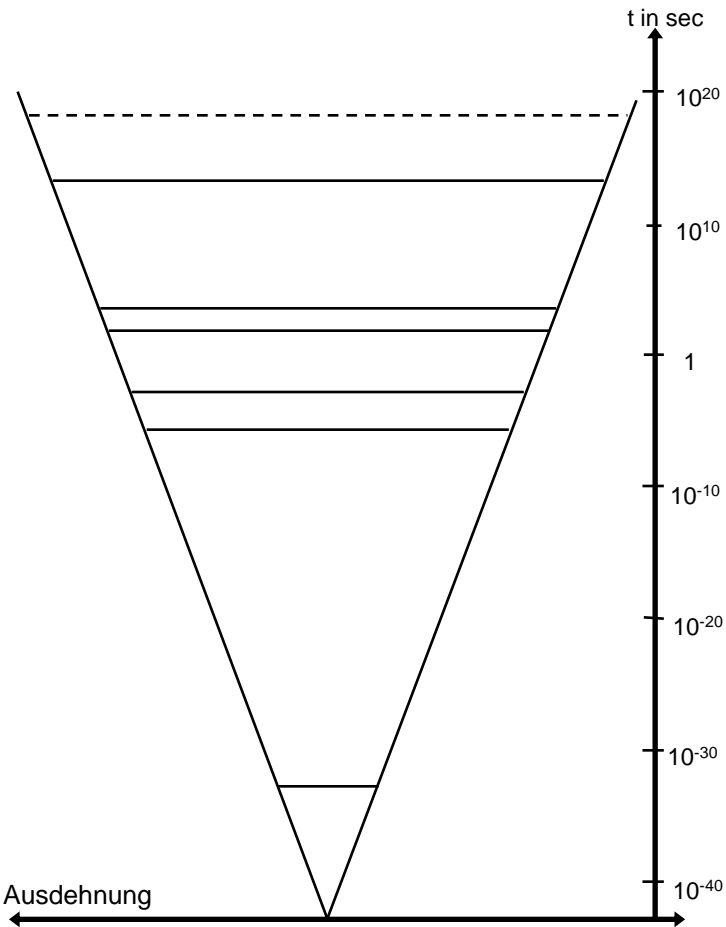
Die Expansionszeit lässt sich leicht aus den Abständen und Geschwindigkeiten von Galaxien berechnen, das Hubble-Gesetz führt dann zu einer interessanten Schlussfolgerung:

Das Alter des Universums ist der

Aus den Beobachtungen des Universums und den physikalischen Theorien, die wir an Hand von Experimenten auf der Erde entwickelt haben, ergibt sich mittlerweile ein sehr umfassende Bild der kosmologischen Entwicklung. Im Dunkeln liegen noch die ersten Bruchteile von Sekunden.

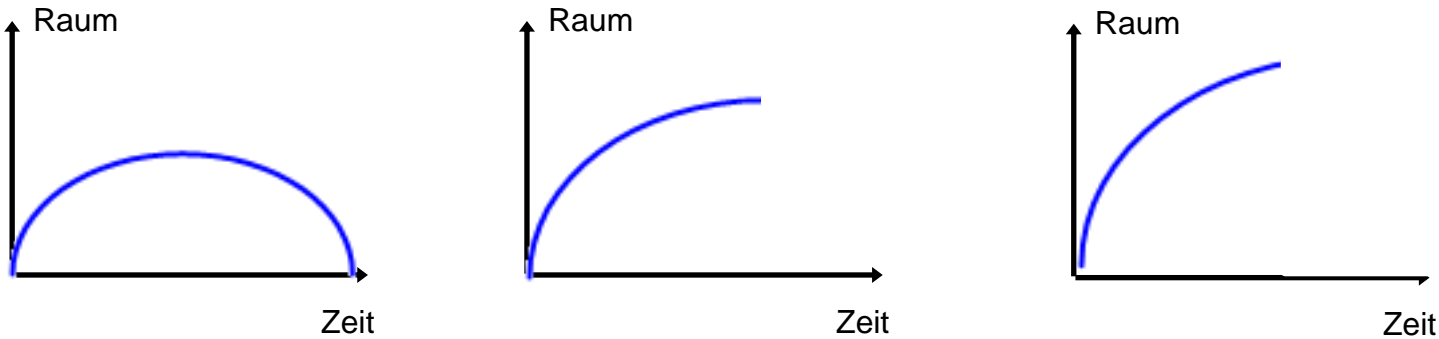
Die Entwicklung des Universums

Die Strukturen, die wir heute im All beobachten können, haben sich erst im Laufe der Zeit aus der Energie des Urknalls entwickelt. Typisch dafür ist, dass zu Beginn zunächst die kleinsten Teilchen entstanden sind und nach und nach daraus immer größere Objekte wurden.
Beachte die **logarithmische Zeitskala in der Graphik.**



Der russische Mathematiker Friedmann modellierte basierend auf der Gravitationskraft und der kinetischen Energie drei mögliche Szenarien für die räumliche Entwicklung des Universums. **Beschreibe die in den Diagrammen dargestellten räumlichen Entwicklungen.**

Weitere Entwicklung des Universums: Die Friedmann-Modelle



Durch aktuelle Messungen konnten alle drei Modelle widerlegt werden.

Tatsächlich wird die Expansionsgeschwindigkeit
(Erklärung mit "dunkler Energie").

- Selbst-Check:**
- Galaxienflucht und Hubble-Gesetz
 - Expansion des Universums und Urknall
 - Alter des Universums
 - Entwicklung des Universums

Nachbereitung:
Wie wär's mit einer Folge Big-Bang-Theory? ☺