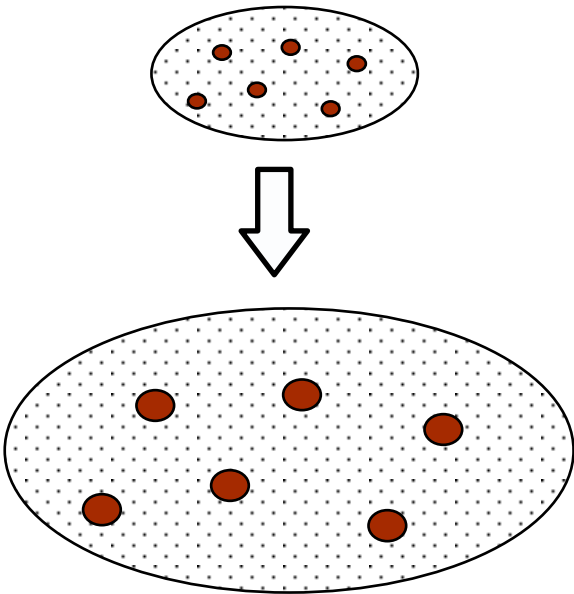


Die Interpretation der Galaxienflucht als Ausdehnung des Raumes wirkt für uns etwas künstlich, da wir aus der Alltagserfahrung lieber mit einer Bewegung der Galaxien in Bezug auf den Raum argumentieren würden. Die moderne Interpretation impliziert vor allem, dass der Raum (und auch die Zeit) erst entstanden 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.

5.3 Kosmologie
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,

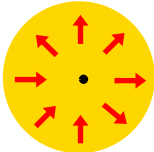
(dadurch nimmt der Abstand der Galaxien zu → Rosinenkuchenmodell/Luftballonmodell).



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.

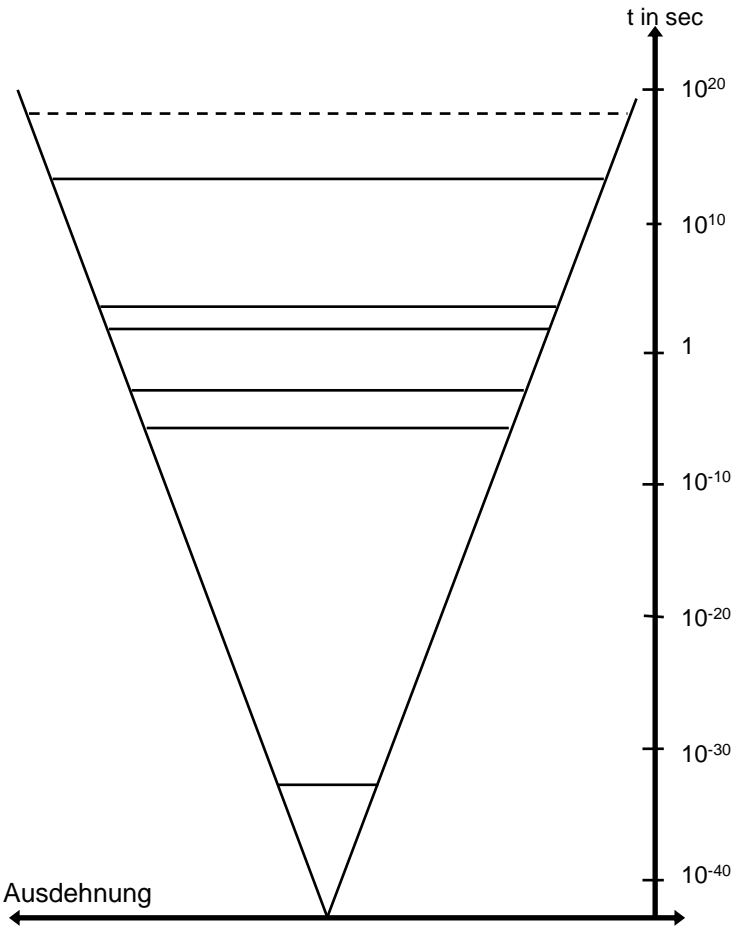
Das Alter des Universums

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

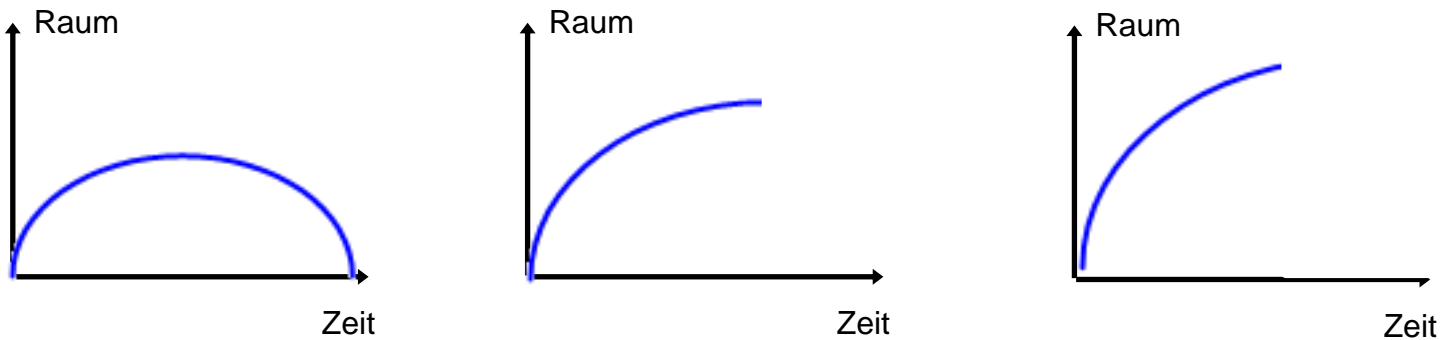
Die Entwicklung des Universums

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.

Weitere Entwicklung des Universums: Die Friedmann-Modelle



Durch aktuelle Messungen konnten alle drei Modelle widerlegt werden.

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

Galaxienhaufen

Die Galaxien sind im Universum verteilt,
sondern häufen sich in bestimmten Bereichen → Galaxienhaufen.

Der Haufen, in dem unsere Milchstraße liegt, heißt

Viele Galaxienhaufen bilden wieder größere Strukturen →
(die lokale Gruppe ist Teil des Virgo-Superhaufens)

Ein schönes Hubble-Bild von einem Galaxienhaufen gibt's auf wikipedia, Suchbegriff „galaxienhaufen“

Quasare sind die hellsten, größten, schnellsten und entferntesten Strahlungsquellen, die wir messen können und erlauben uns, die Ausdehnung des Universums so weit wie möglich zu ermitteln.

Quasare:

- "quasi stellare Objekte,,

- sehr **hell** (etwa heller als eine Galaxie)
- große Rotverschiebung

- Mechanismus:

Damit haben wir alle Methoden zur Entfernungsbestimmung durch. Einen guten Überblick über die "kosmische Entfernungsleiter" gibt die Tabelle im Buch S. 163.

- eignen sich zur Messung sehr großer Entfernungen (Hubble-Gesetz)

Selbst-Check:

- Expansion des Universums und Urknall
- Alter des Universums
- Entwicklung des Universums
- Galaxienhaufen
- Quasare

Übungsaufgabe:

Eine Übungsaufgabe zu den Quasaren findest Du im Buch S. 162.