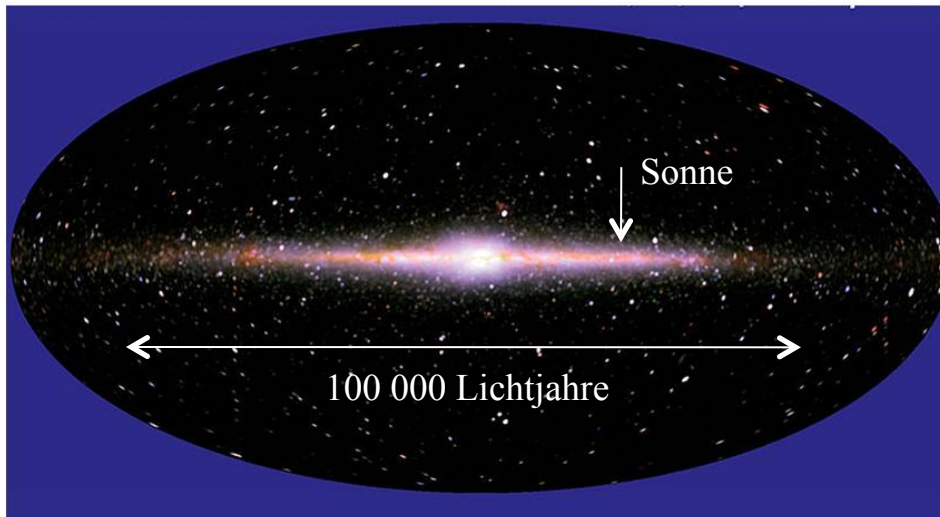


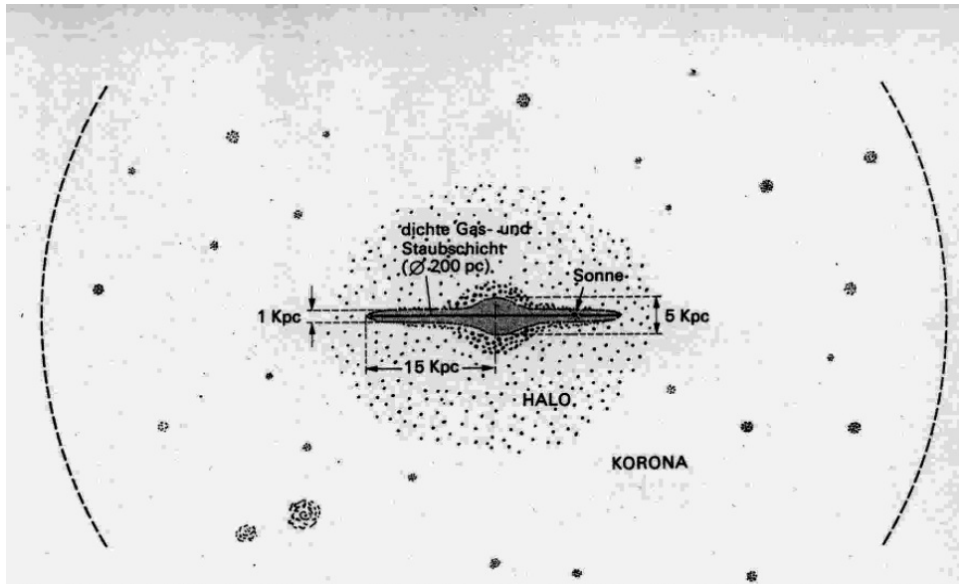
Das Universum

1. „The Great Debate“: Eine oder viele Galaxien?
2. Die Expansion des Universums
3. Edwin Hubble – Leben und Persönlichkeit
4. Urknall (Big Bang)
5. Kosmische Hintergrundstrahlung
6. Dunkle Materie und dunkle Energie
7. Die Zukunft unseres Universums
8. Georges Lemaitre – Leben und Persönlichkeit

Seitenansichten unserer Milchstraße.



Seitenansicht der Milchstraße im infraroten Licht. Sie erscheint als schmales Band mit einer Auswölbung im zentralen Bereich.



Schematische Darstellung der Milchstraße und ihrer Umgebung. Die Maße sind in kpc angegeben: 1 kpc \approx 3000 Lichtjahre

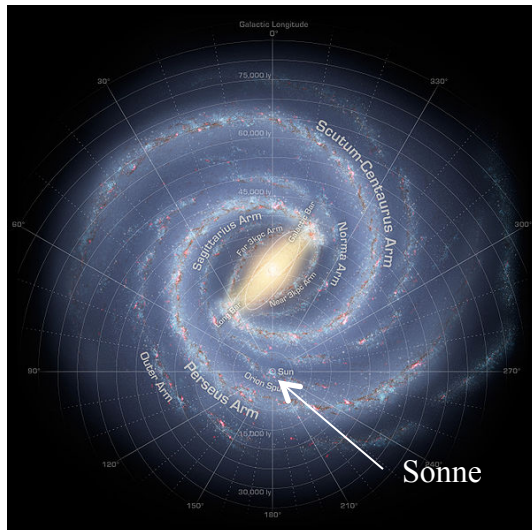
Verschiedene Galaxien



Whirlpool Galaxie (M 51)



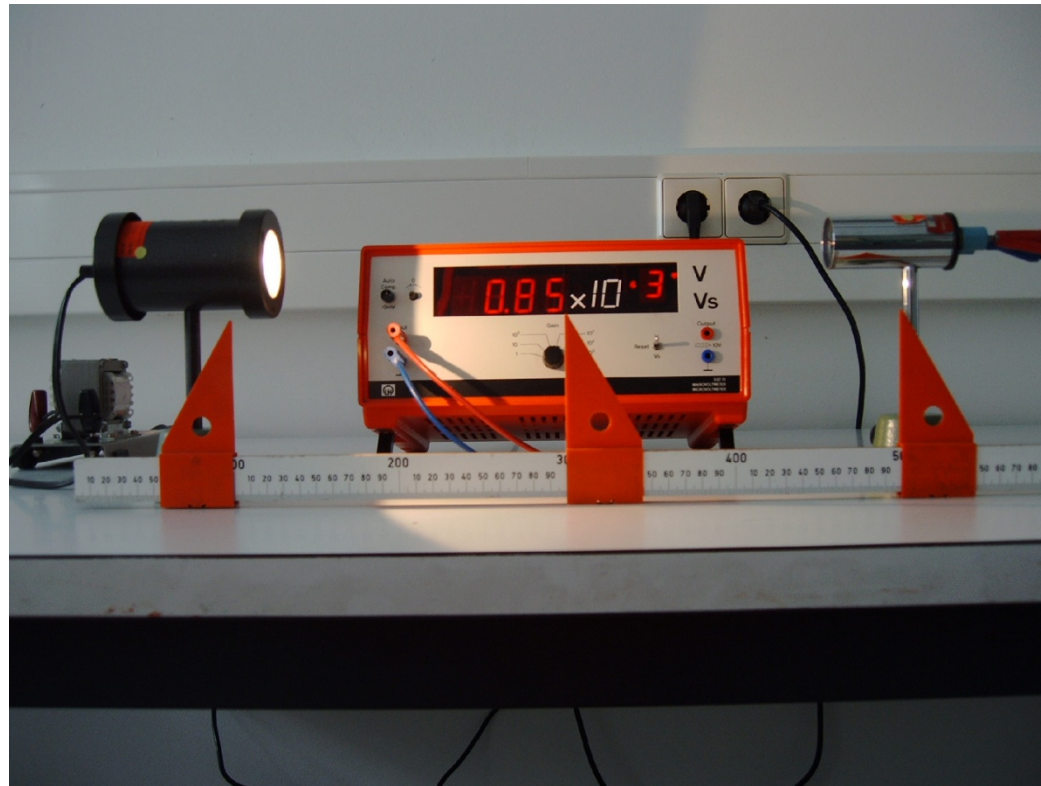
Balkenspiralgalaxie NGC 1300



Unsere Milchstraße

Die beiden oberen Aufnahmen wurden mit dem Hubble Weltraum Teleskop gemacht, das linke Bild ist eine schematische Darstellung .

Abhängigkeit zwischen scheinbarer Helligkeit und Entfernung



Die Magellanschen Wolken

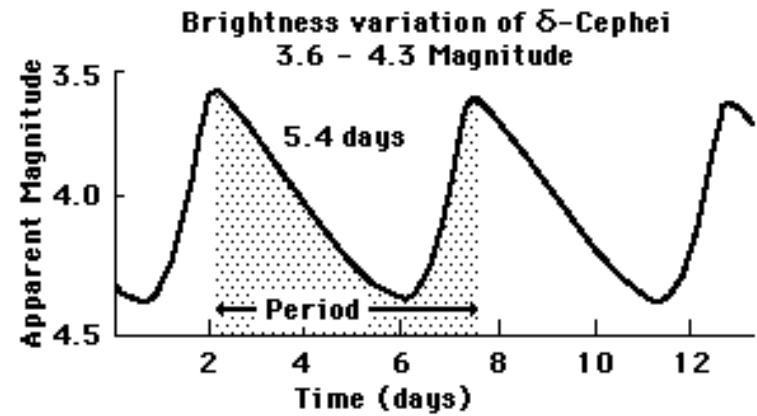


ESO, 27.08.2009

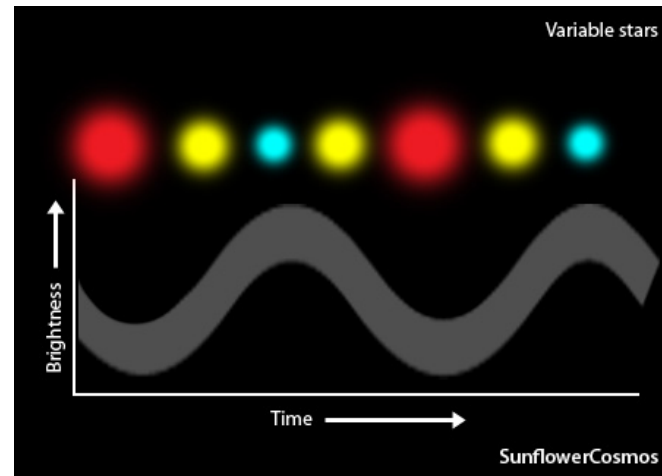
Perioden-Leuchtkraft-Beziehung von Cepheiden



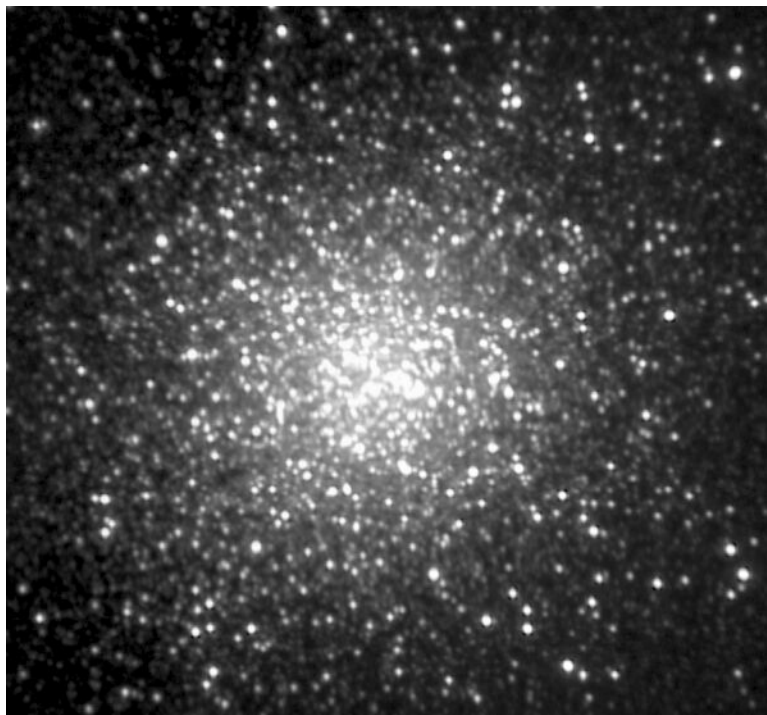
Henrietta Leavitt (1868 – 1922)



Kleine Magellansche Wolke (SMC)



Kugelsternhaufen

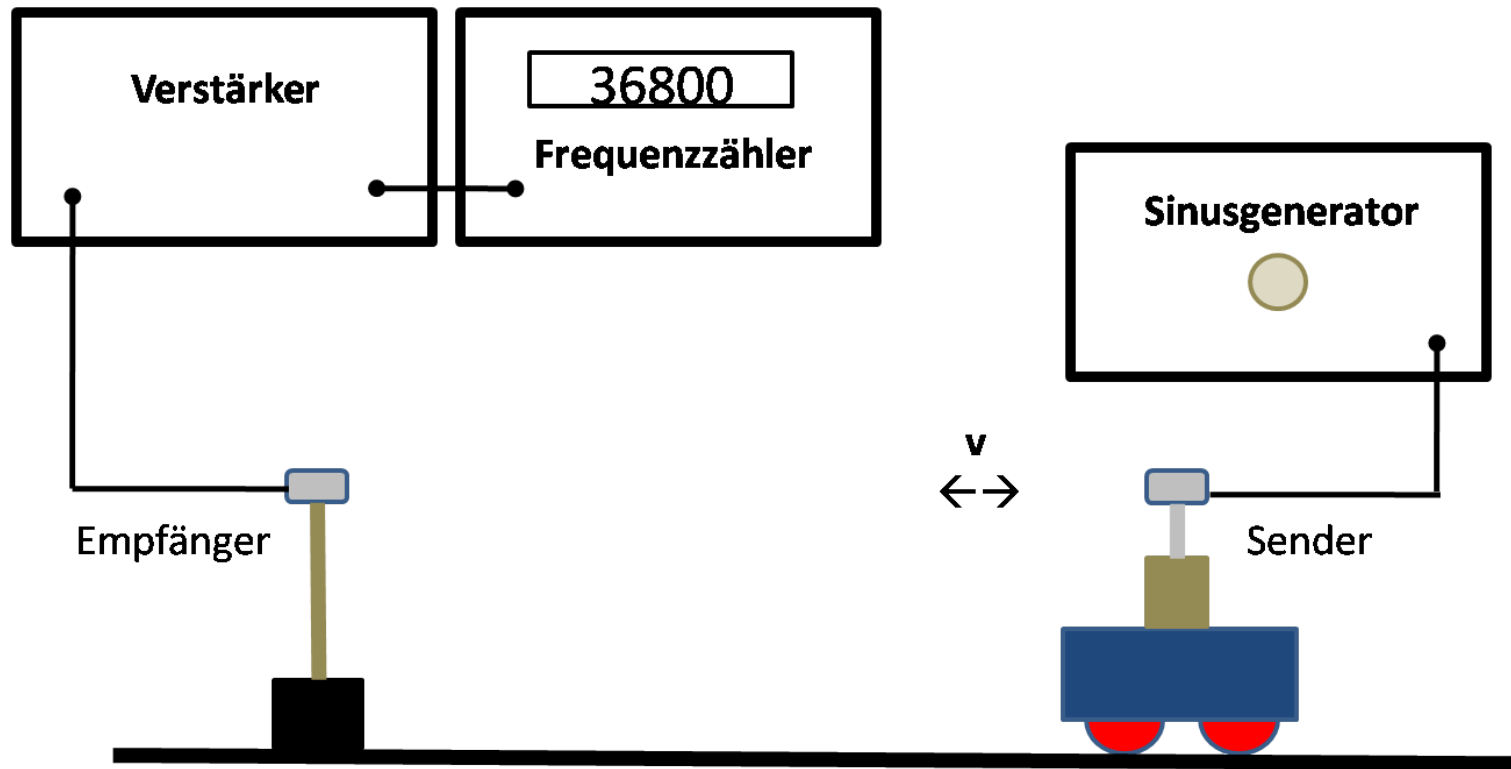


M 13



M 53

Prinzip des Aufbaus zur Messung der Frequenzverschiebung beim Dopplereffekt

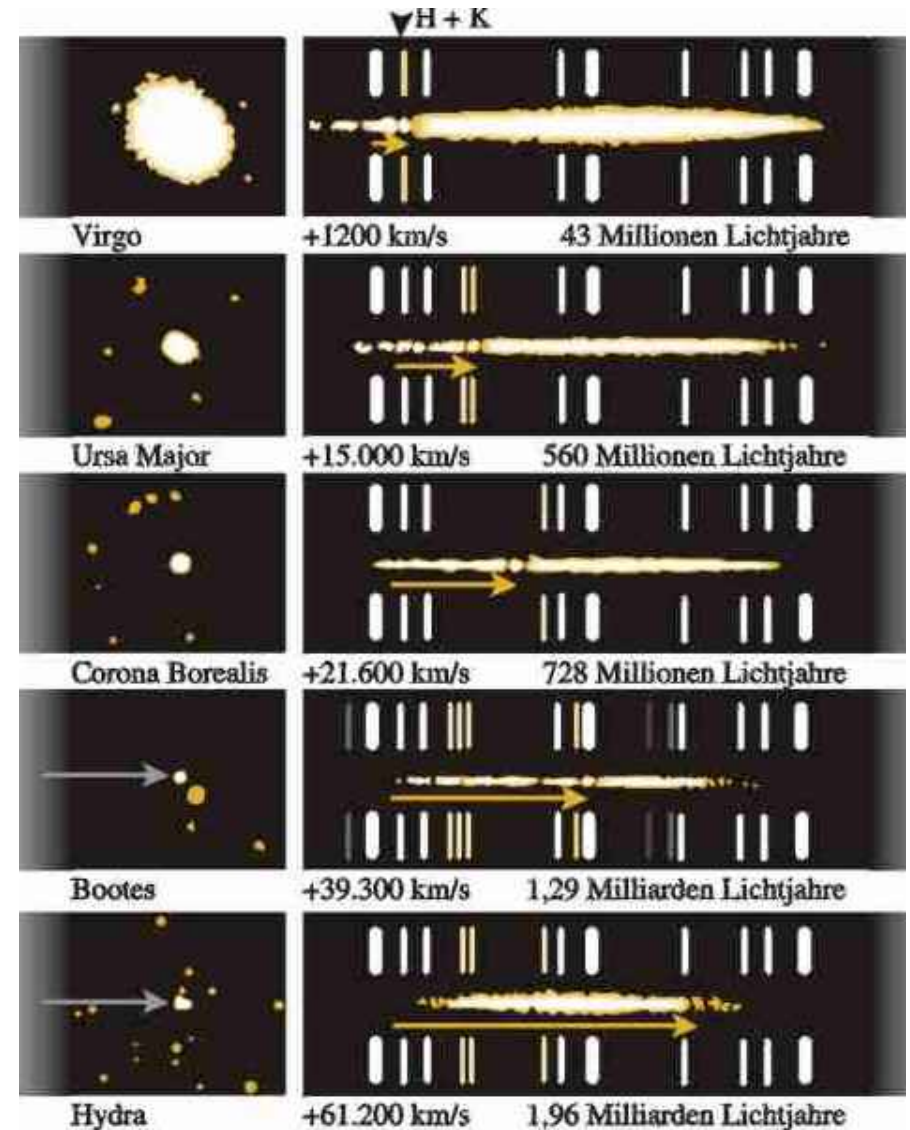
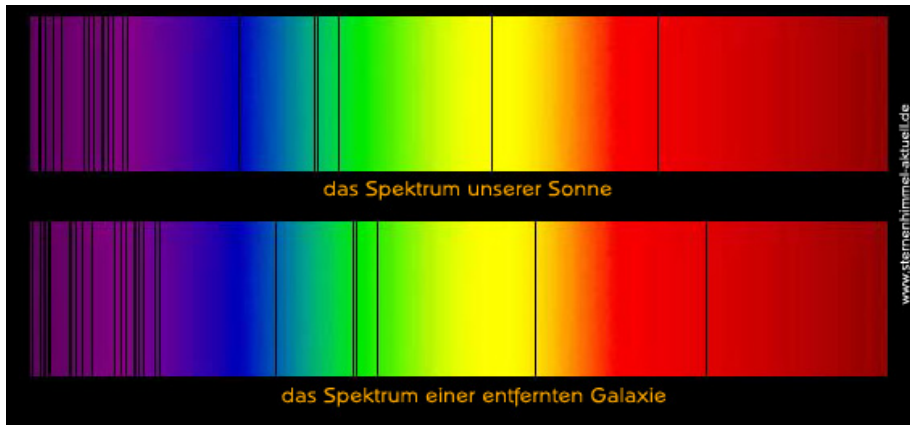


<http://library.thinkquest.org/19537/java/Doppler.html>

Experiment zum Doppler Effekt

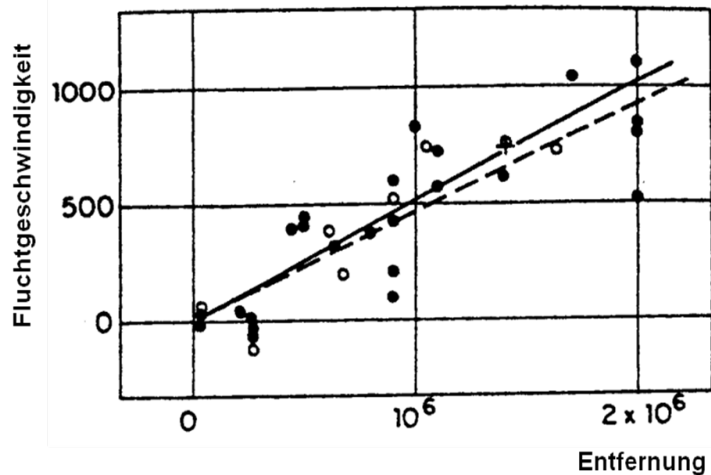


Rotverschiebung von Linien bei verschiedenen astronomischen Objekten



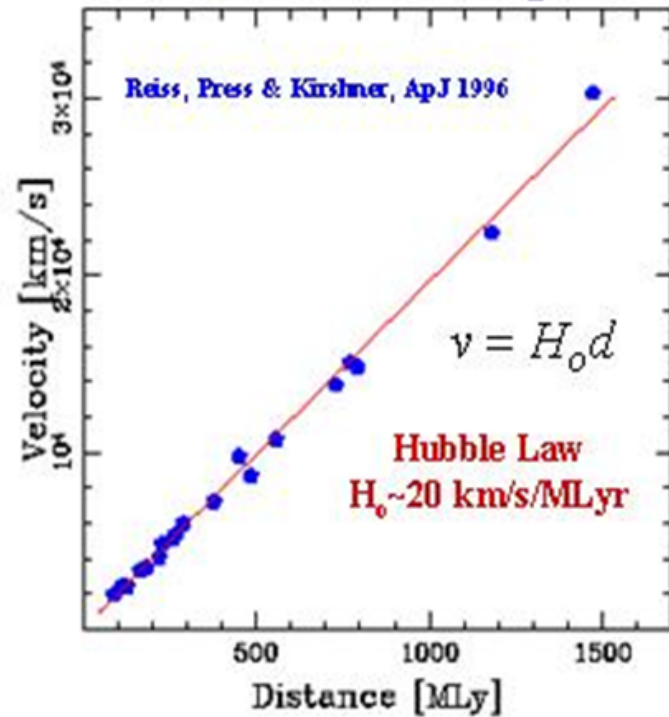
Hubble Diagramme

Hubbles Originaldiagramm,
Messungen an Cepheiden

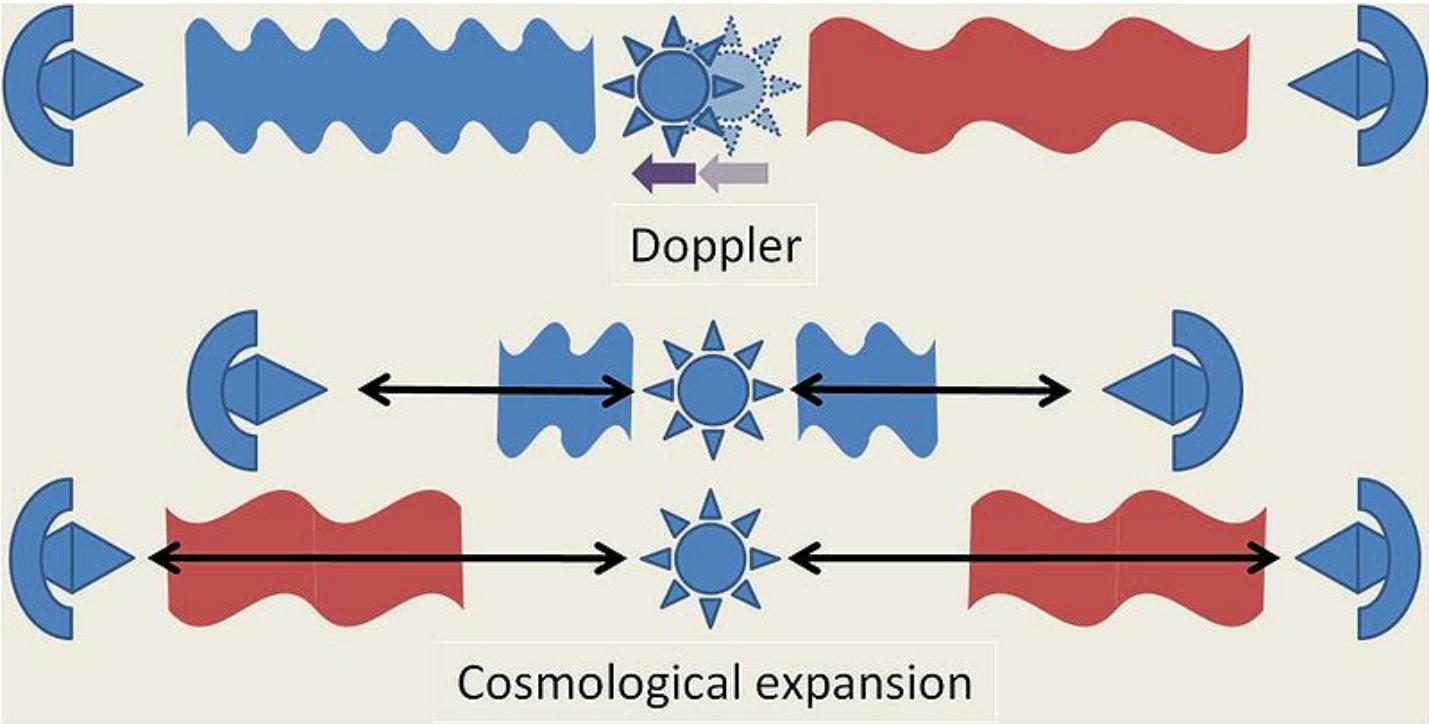


Die Geschwindigkeiten sind in km/s, die
Entfernungen in Parsec angegeben.
(1 Parsec = 3,26 Lichtjahre)

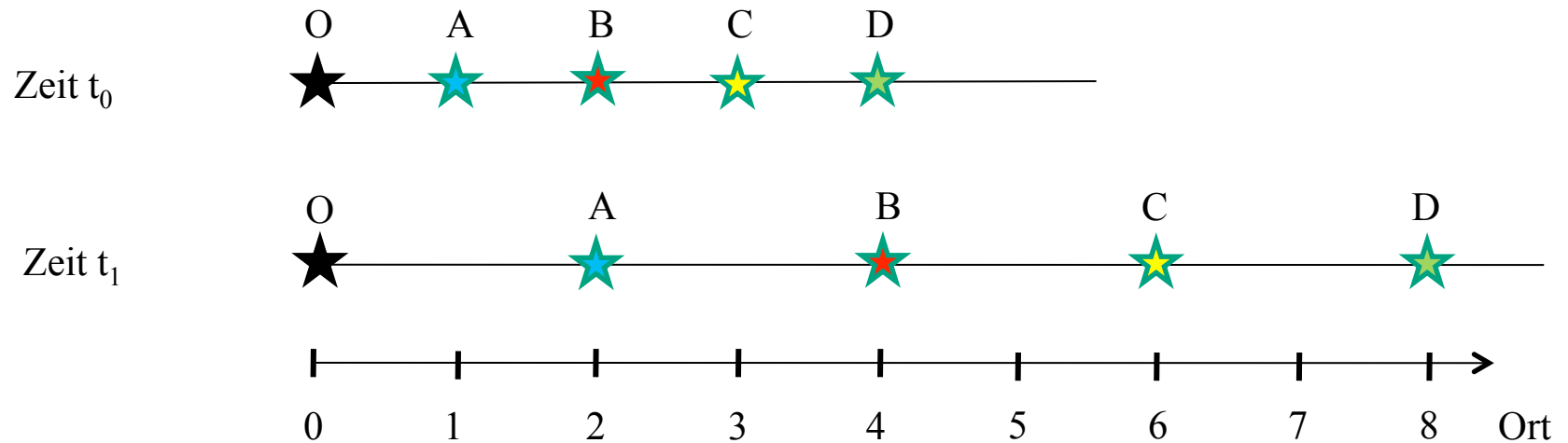
Moderne Messungen an Supernovae



Verschiedene Ursachen der Rot- bzw. Violettverschiebung

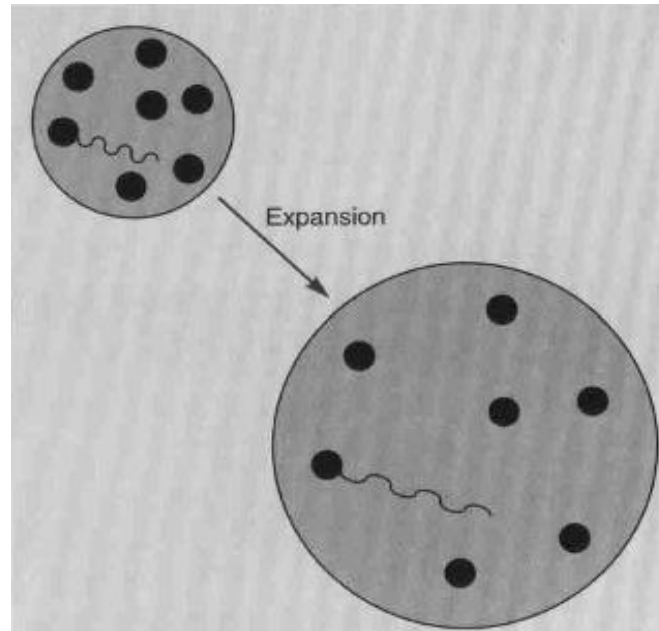


Das Hubblesche Gesetz erklärt an einem Gummiband



In der gleichen Zeit haben sich A um eine Einheit und B um zwei Einheiten verschoben, also bewegt sich B doppelt so schnell wie A.

Modell für ein expandierendes Universum



Die schwarzen Punkte stellen Galaxien dar. Während ihre Größe gleich bleibt, wachsen ihre Abstände. Mit eingezeichnet ist ein Wellenzug des Lichts, dessen Wellenlänge sich ebenfalls vergrößert.

Edwin Hubble (1889 – 1953)



- 1889 Geboren in Marshfield, Missouri
- 1906 Studium der Mathematik, Naturwissenschaften, Englisch und Latein
- 1910 Jurastudium in Oxford
- 1914 Doktorarbeit in Astronomie an der Universität von Chicago
- 1919 Arbeit am Observatorium auf dem Mount Wilson
- 1929 Hubblesches Gesetz
- 1953 Gestorben in San Marino, Kalifornien

Das Hubble Weltraum Teleskop



Start: 1990

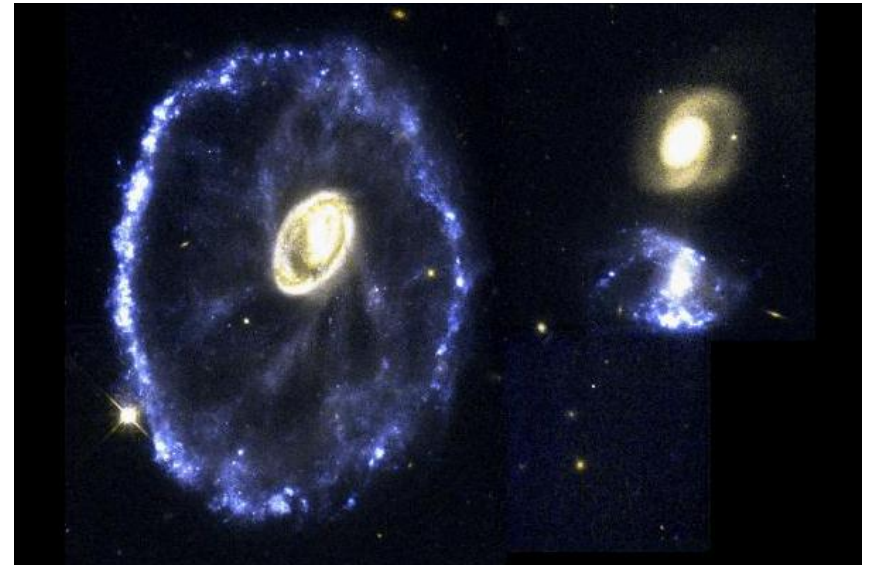
Bahnhöhe über der Erde: 590 km

Länge: 13,1 m

Max. Durchmesser: 4,3 m

Masse: 11,6 t

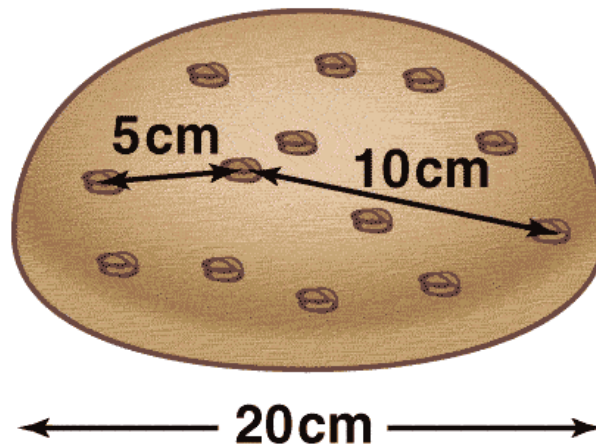
Durchmesser des Hauptspiegels: 2,4 m



„Deep field“ Aufnahme des Hubble Teleskops



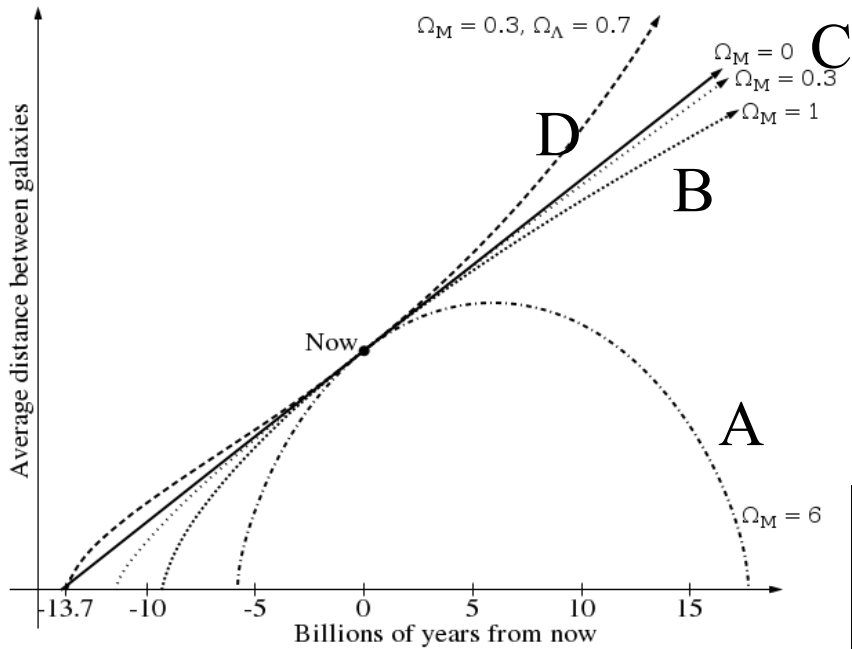
Rosinenkuchenmodell des Universums



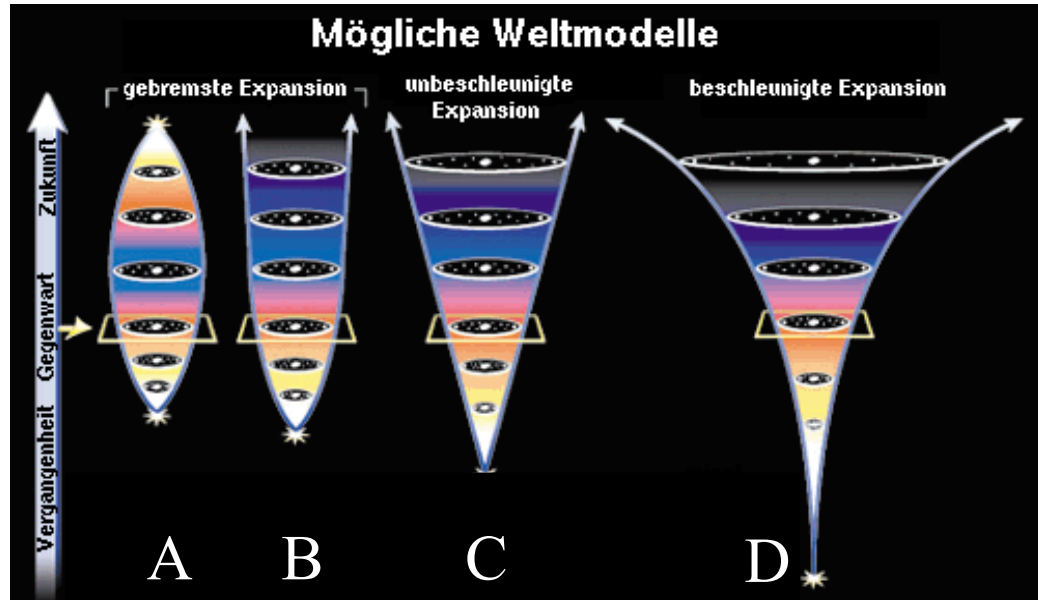
MAP990404

Die Rosinen in einem aufgehenden Hefeteig verhalten sich wie die Galaxien im expandierenden Universum.

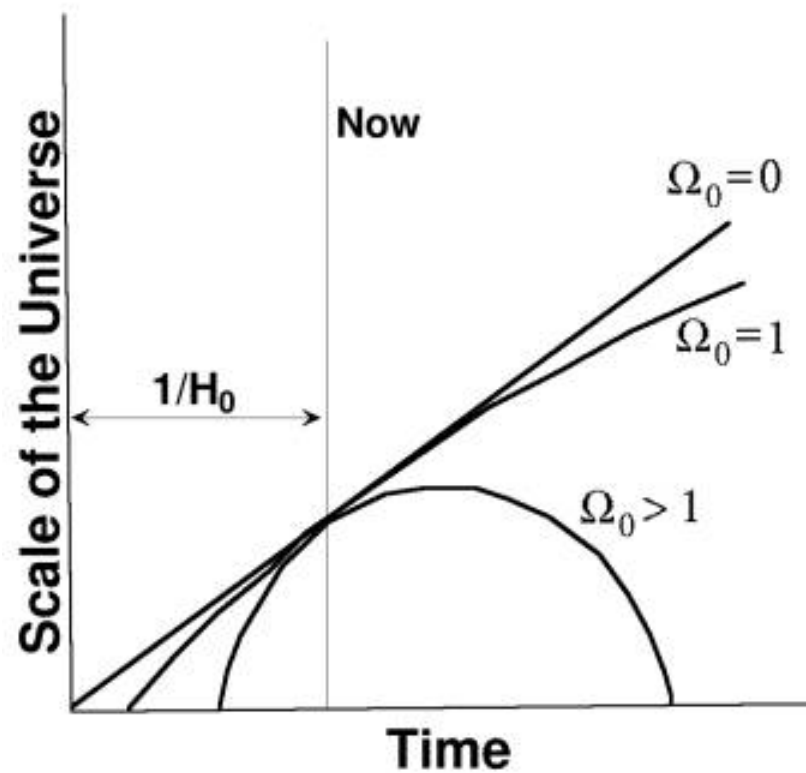
Die Expansion des Universums in verschiedenen Szenarien



Die Werte von Ω_M und Ω_Λ beziehen sich auf die relativen Anteile von Materie und dunkler Energie.

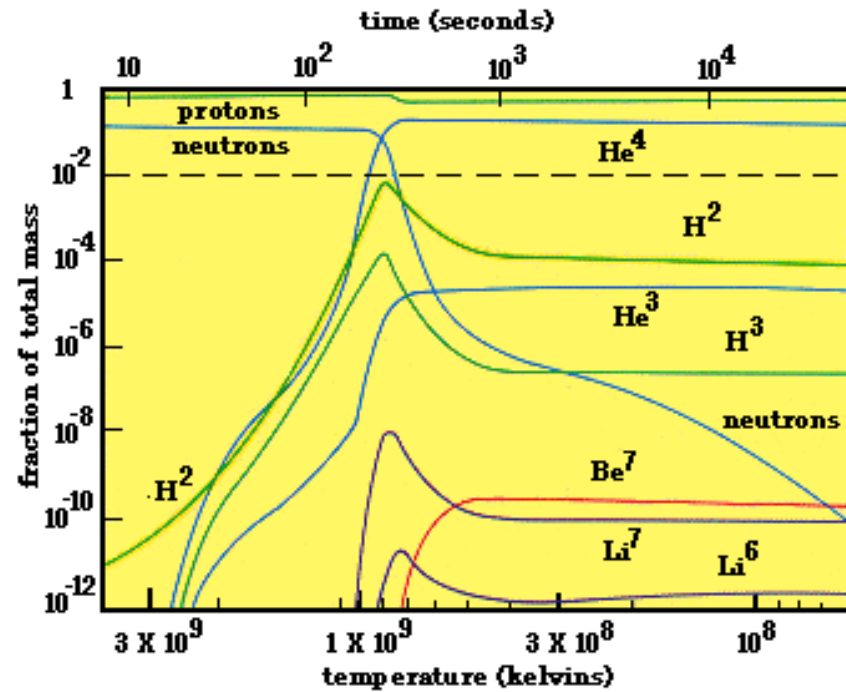


Mögliche Szenarien für die Expansion des Universums

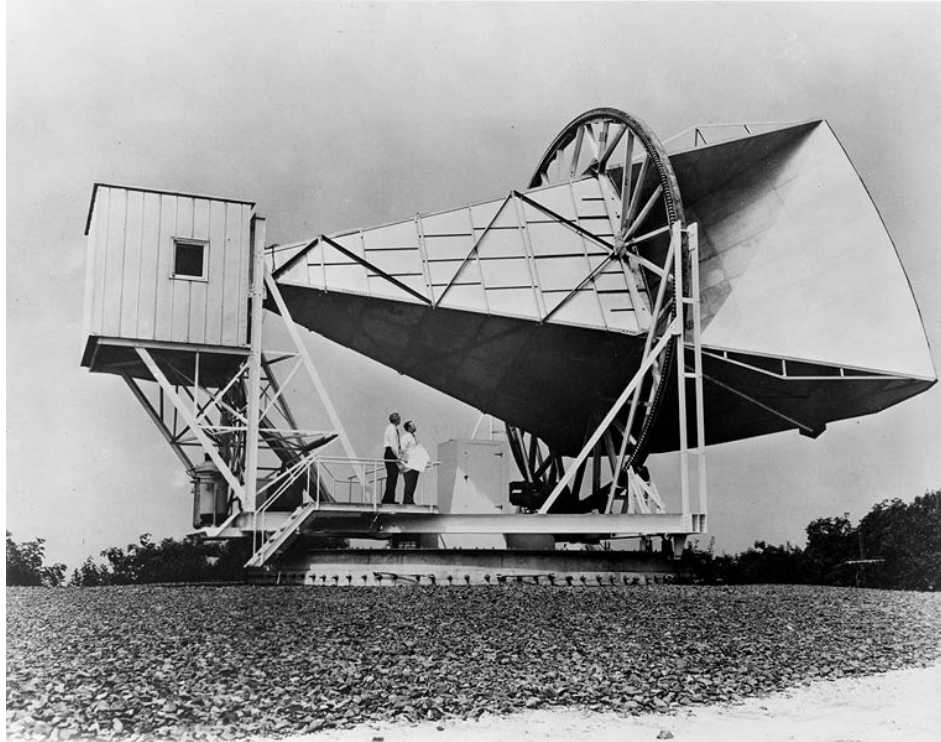




George Gamow
(1904 – 1968)



Die Entstehung der ersten Elemente in den ersten 10 Minuten nach dem Urknall



Hornantenne, mit der die kosmische Hintergrundstrahlung entdeckt wurde

Kosmische Hintergrundstrahlung

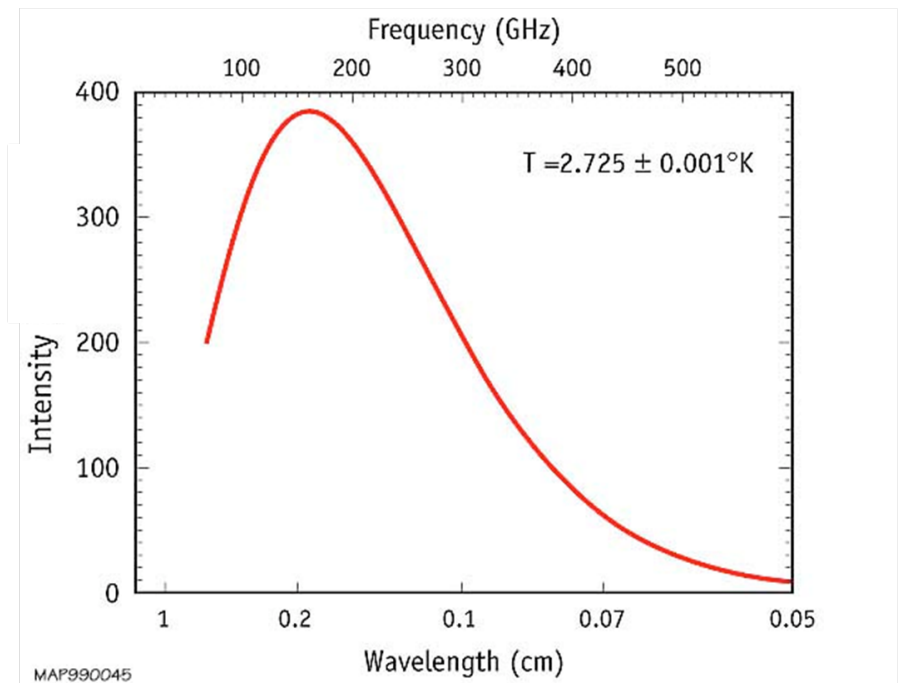
1948 von Gamow vorhergesagt.
1965 von Penzias und Wilson
zufällig entdeckt.

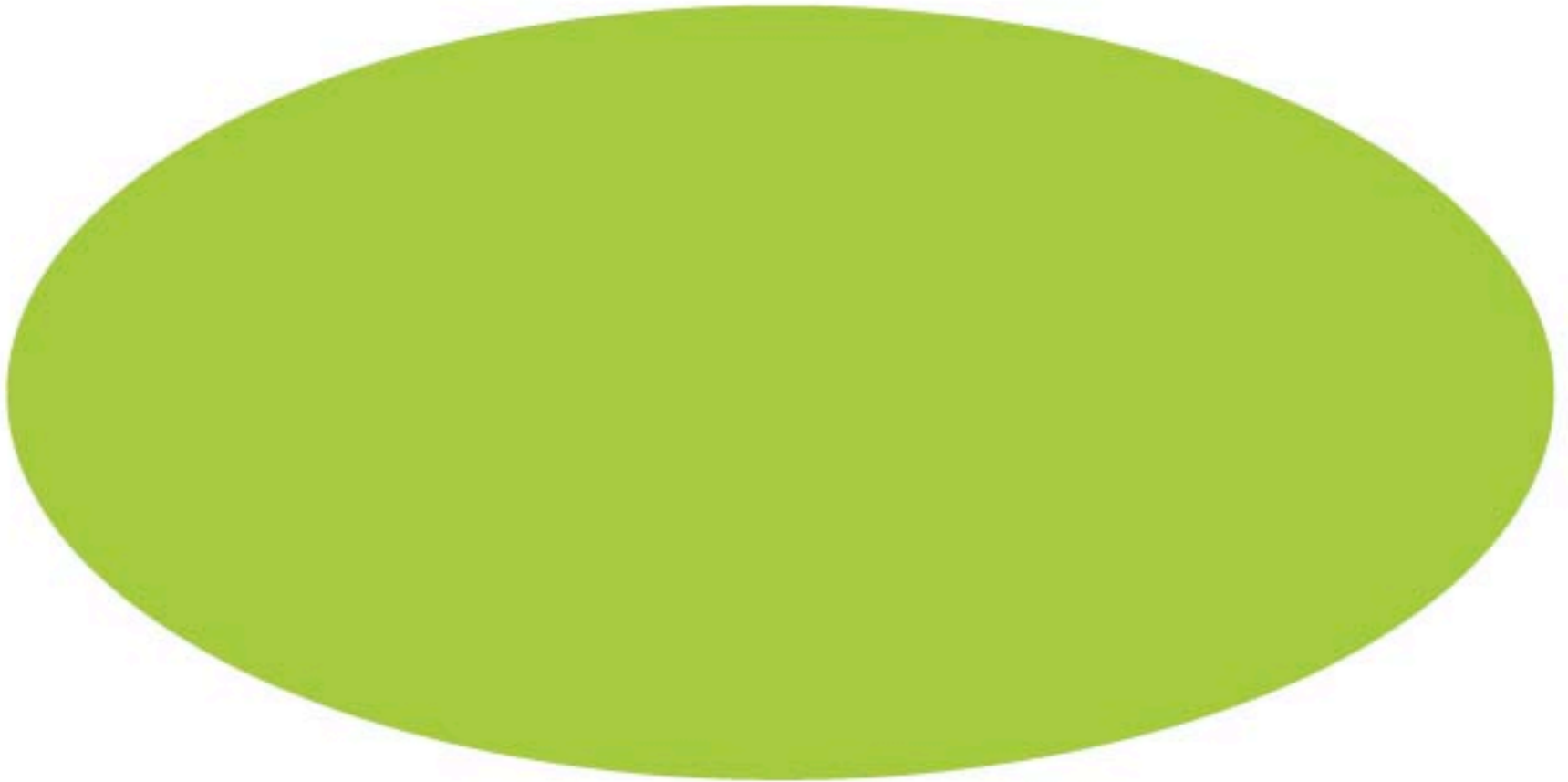
Wärmestrahlung von 2,725 K

Eigentlich: Wärmestrahlung von 3000K
jedoch rotverschoben um Faktor 1100

Ausgesandt bei $t = 400\,000$ a als der Kosmos
durchsichtig wurde. Frühestes
Signal vom Urknall.

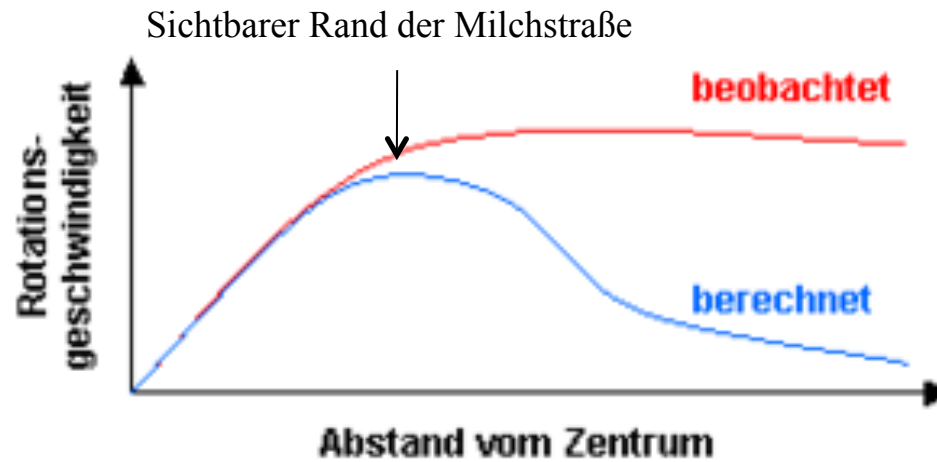
Spektrum der kosmischen Hintergrundstrahlung



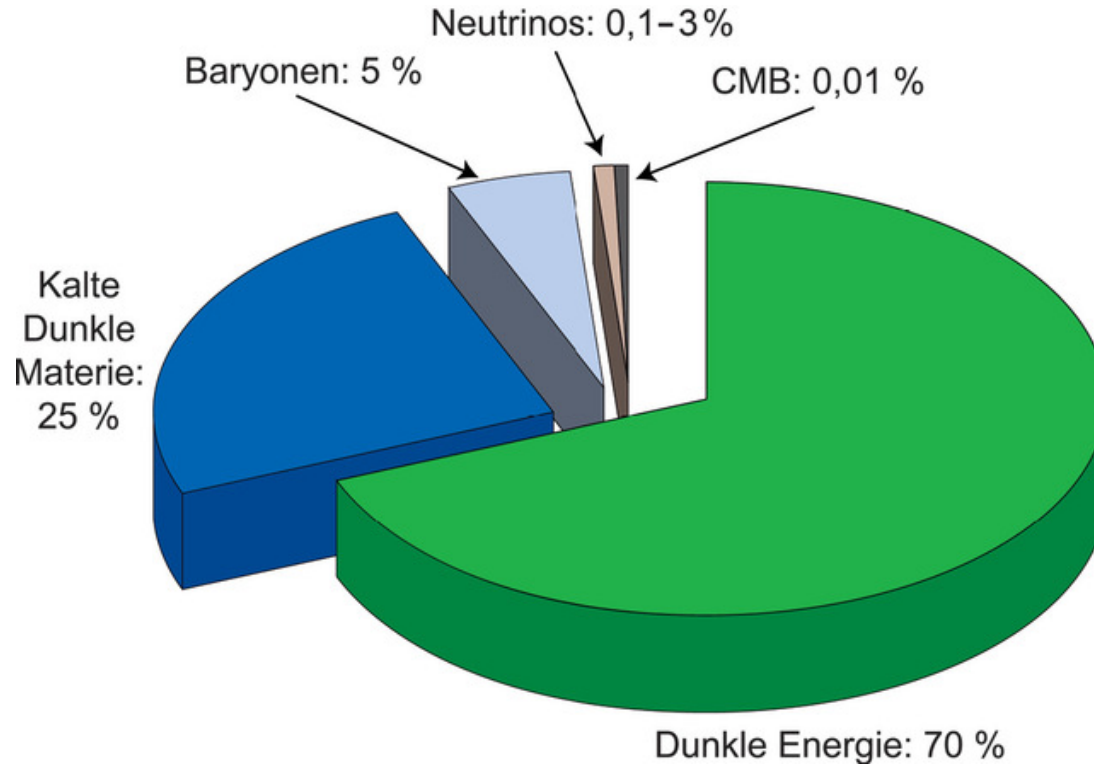


Räumliche Verteilung der Temperatur der
Hintergrundstrahlung am Himmel

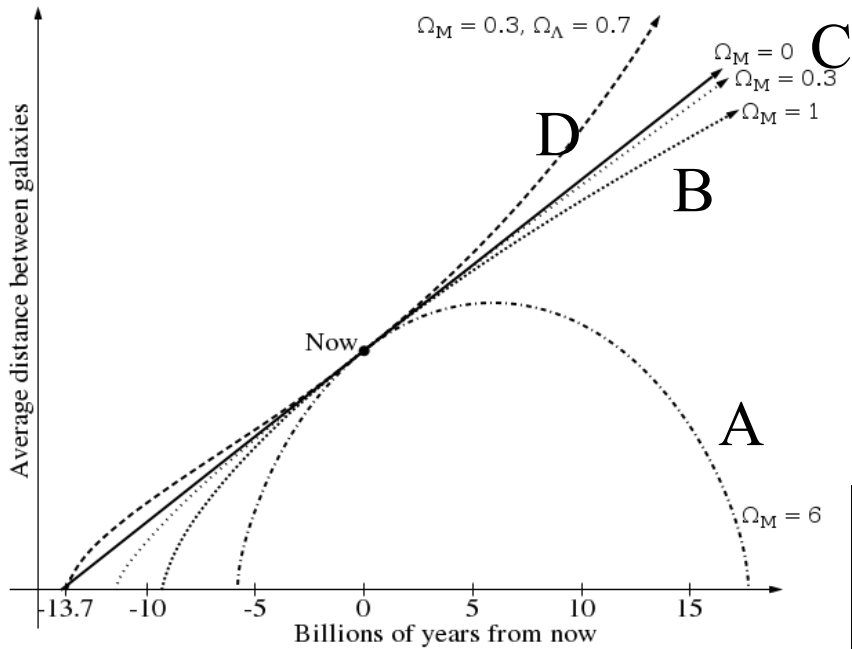
Hinweis auf dunkle Materie



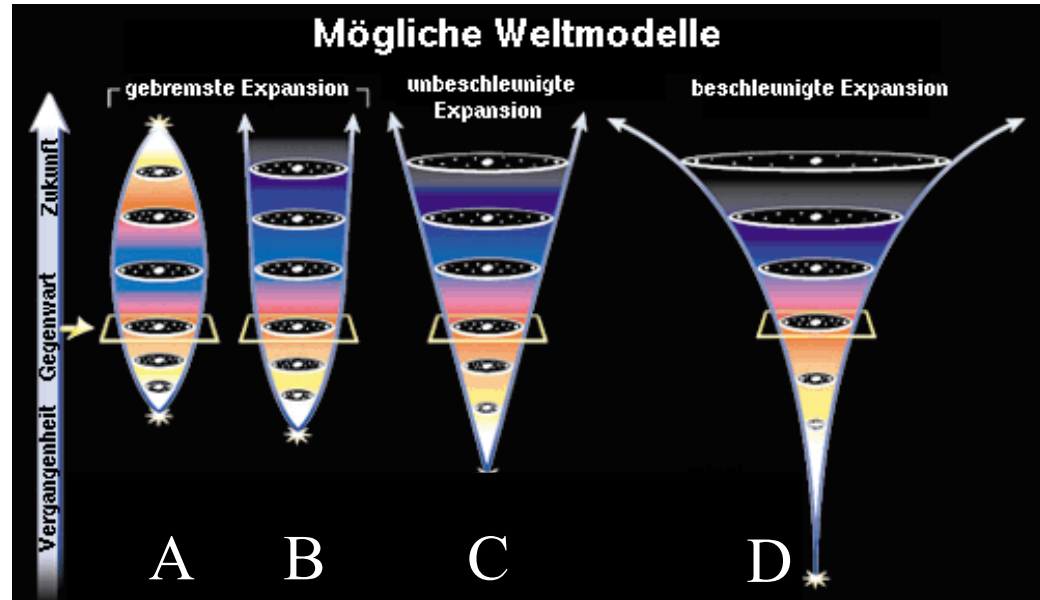
Masse – Energieverteilung im Kosmos

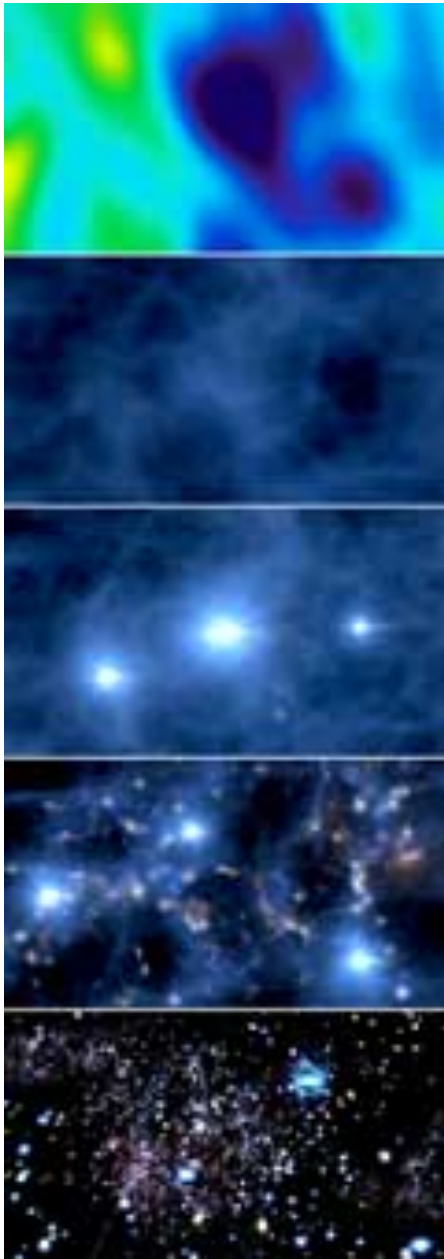


Die Expansion des Universums in verschiedenen Szenarien



Die Werte von Ω_M und Ω_Λ beziehen sich auf die relativen Anteile von Materie und dunkler Energie.





Von den Inhomogenitäten in der kosmischen Hintergrundstrahlung zur Verteilung der Galaxien im heutigen Universum

[www.rzuser.uni-heidelberg.de/
~q61/wmap.html](http://www.rzuser.uni-heidelberg.de/~q61/wmap.html)

Nasa

Der „Kalender“ des Universums

(1 Jahr entspricht dem Alter des Universums)

Vergangenheit

1. Januar, 0:00 Uhr	Urknall, Entstehung der Elemente H und He
1. Januar, 0:14 Uhr	Entkopplung von Strahlung und Materie, erstes „Foto“ des Universums
5. – 13 Januar	Erste Sterne und Schwarze Löcher entstehen
20. bis 23. Januar	Älteste bekannte Galaxien und Quasare
1. September	Entstehung der Sonne und der Erde
4. September	Älteste Mineralien auf der Erde: Zirkon in Westaustralien
29. September	Älteste Fossilreste: Bakterienabdrücke
16. – 19. Dezember	„Urknall der Evolution“ (Kambrische Explosion; alle Tierarten)
25. Dezember	Säugetiere entstehen
29. Dezember	Aussterben der Dinosaurier
31. Dezember, 20 Uhr	Erste Vorfahren des Menschen; Australopithecus
- 6 Minuten	Moderner Mensch; Homo sapiens
- 4.6 Sekunden	Jesus Christus
- 0,23 Sekunden	Unser Leben (100 Jahre)

Zukunft

9. Februar	Die Erde wird zu heiß zum Leben
16. April	Unsere Milchstraße wird vom Andromeda Nebel verschluckt
10. Juli	Die Sonne bläht sich zu einem Roten Riesen auf
Im weiteren Verlauf	Die Lichter im Weltall erlöschen. Der Raum dehnt sich weiter aus.

Georges Lemaitre (1894 – 1966)

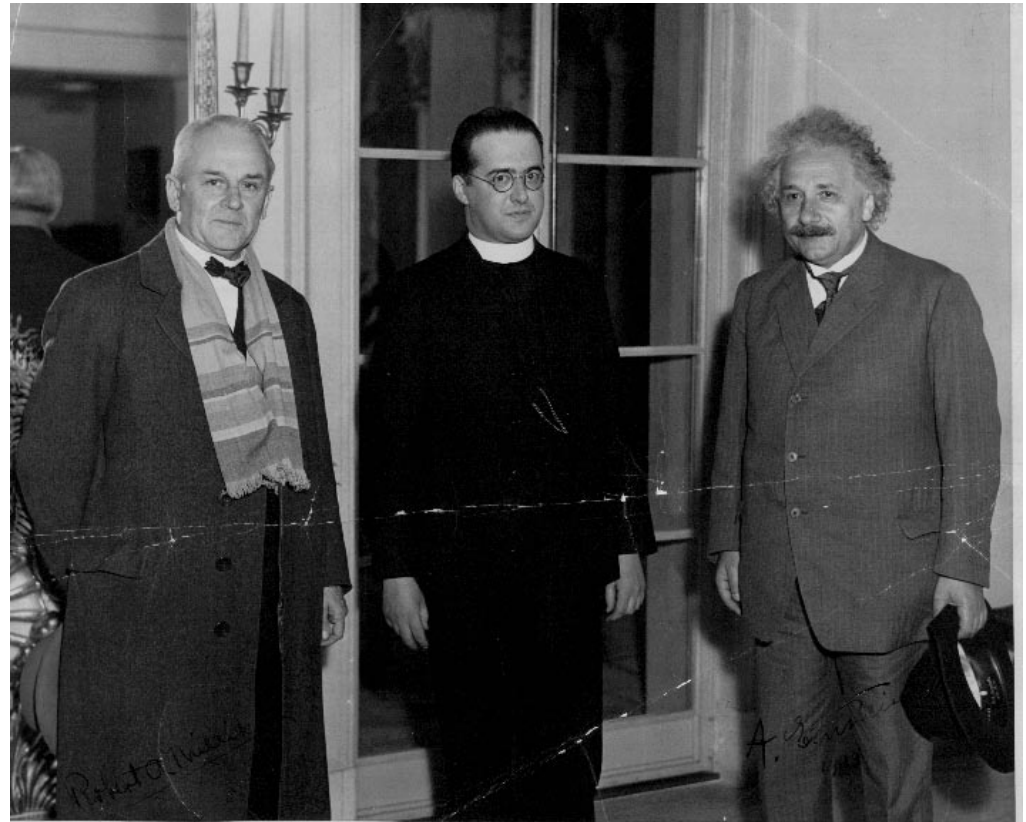


- 1894 Geboren in Charleroi
- 1911 Studium der Ingenieurwissenschaften an der Universität zu Leuven
- 1914 Freiwilliger Kriegsdienst in der belgischen Armee
- 1918 Studium der Physik, Mathematik und Theologie, Promotion in Mathematik
- 1923 Ordination zum Priester, Beginn von Studien der Astronomie in Cambridge (GB) und Cambridge (USA), zweite Doktorarbeit in Naturwissenschaften
- 1927 Voraussage eines expandierenden Universums
- 1936 Mitglied der päpstlichen Akademie der Wissenschaften
- 1966 Gestorben in Leuven

Georges Lemaitre (1894 – 1966)

“This is the most beautiful and satisfactory explanation of creation to which I have ever listened”.

Albert Einstein, 1935



Lemaitre mit Robert Millikan und Albert Einstein