

Die Bestimmung der Hubblekonstanten

J. Pernpeintner, L. Burtscher

24. April 2003

1 Hubble-Konstante, Hubble-Zeit, Rotverschiebung, Hubble-Funktion

- 1923-24 Hubble: Entfernungsmessung des Andromeda Nebel
- 1929 Hubble: Entdeckung der Proportionalität von Rotverschiebung und Abstand
- Proportionalitätskonstante: Hubblekonstante H : $z = H_0 \cdot \frac{1}{c} \cdot r$, $50 < H_0 < 100$, $[H_0] = \text{km s}^{-1} \text{Mpc}^{-1}$
- Für $v \ll c$: $z = \frac{v}{c} \rightarrow v = H_0 \cdot r$
- Beschreibung einer Expansion \rightarrow Hubble-Konstante eigentlich Hubble-Parameter H , da nicht konstant, heutiger Wert von H , Hubble-Funktion: $H(t)$
- Hubble-Zeit: $\rightarrow 10Gy < T < 20Gy$, Obere Grenze für das Weltalter
- Nutzung der Hubble-Konstante zur Entfernungsmessung aus der Rotverschiebung für große Entfernungen

2 Schwierigkeiten bei der Messung

- Problem: Hubble-Fluss ist überlagert durch Pekuliarbewegungen aufgrund inhomogener Massenverteilung, d.h. Messung von Galaxien in großer Entfernung: ca. ab $100Mpc$, d.h. Schwierige Entfernungsbestimmung
- Ausgezeichnetes System: kosmischer Mikrowellenhintergrund: ca. $360km/s$ auf $(264, 7 \pm 0, 8)^\circ$, $(48, 2 \pm 0, 5)^\circ$ (galaktische Koordinaten), nach Goenner (1992)
- Problem: Kalibrierung der Methoden der Entfernungsmessung, einigermaßen genaue Entfernungsbestimmung mit bodengebundenen Teleskopen bis $4Mpc \rightarrow$ wenige Galaxien zum Kalibrieren \rightarrow Hubble Space Telescope ca. $20Mpc$

3 Cosmic distance ladder

Unter der Cosmic distance ladder versteht man die sukzessive Entfernungsbestimmung von kosmologischen Objekten in immer größeren Entfernungen. Dabei dienen Methoden der Entfernungsbestimmung in der näheren kosmologischen Umgebung als Kalibratoren für weiterführende Methoden.

3.1 Parallaxen der Hyaden (50 Pc)

Mittels der Eigenbewegung der Hyaden (Offener Haufen in Tau), die sich uns als Fluchtbewegung auf einen Punkt zeigt, kann die Parallaxe der Hyaden-Sterne bestimmt werden.

3.2 Hauptreihenvergleiche (50 Kpc)

Durch Vergleich des HRD einer Sternpopulationen unbekannter Entfernung mit einem HRD aus bekannter Entfernung (z.B. dem der Hyaden), lässt sich die Entfernung der unbekannt Gruppe ermitteln.

3.3 Eichung der Cepheiden (bis 10 Mpc)

Eichung der Cepheiden Periode-Leuchtkraft-Beziehung (P-L-Beziehung) in Umgebungen mit bekannter Entfernung (z.B. LMC). Problematisch ist, dass die P-L-Beziehung von der Metallizität, also dem Anteil der Elemente schwerer als Wasserstoff und Helium an der Sternenmasse, entscheidend abhängt.

Mit dem Astrometrie-Satelliten HIPPARCOS (seit 1989 im Orbit) lassen sich die Parallaxen entfernter Cepheiden direkt bestimmen, so dass die umständlichen und fehlerbehafteten Parallaxenbestimmungen aus Eigenbewegungen und Hauptreihenvergleiche wegfallen.

3.4 Weiterführende Methoden (bis 100 Mpc)

- Supernovae Ia: maximale Leuchtkraft \leftrightarrow Abklingdauer
- Tully-Fisher Relations (TF): HI-Bandbreite \leftrightarrow Helligkeit von Spiralgalaxien
- Globular Cluster Luminosity Functions (GCLF): Maximum der M/N(M)-Kurve ist Standardkerze
- Surface Brightness Fluctuations (SBF): Anzahl der Sterne pro Pixel im CCD-Chip gibt Aufschluss über die Entfernung von Objekten
- Planetary Nebula Luminosity Functions (PNLF): Planetarische Nebel haben eine Maximalhelligkeit
- Gravitationslinsen: Aus den Laufzeitdifferenzen des direkten und des fokussierten Strahls kann man bei bekannter Entfernung der Gravitationslinse und bei Beobachtung eines Ereignisses im Hintergrundquasar direkt die Entfernung des Quasars bestimmen.

3.5 Die Hubble-Konstante

$$H_0 = v/r \approx 70 \pm 7 \text{ km s}^{-1} \text{ Mpc}^{-1} \text{ (Quelle: PhysicsWeb, 1999)}$$

4 Literatur

- Goenner: Einführung in die Kosmologie, Spektrum-Verlag, 1994
- Jacoby et al.: A Critical Review of Selected Techniques for Measuring Extragalactical Distances. PASP, 1992, 599
- Karttunen, Kröger, Oja, Poutanen, Donner: Fundamental Astronomy
- Kennicutt et al.: Measuring the Hubble Constant with the Hubble Telescope, AJ, 1995, 1476
- Unsöld, Baschek: Der neue Kosmos, Springer, 2002