

Quasare

Die ältesten (entferntesten) beobachteten Galaxien besitzen eine Rotverschiebung bis $z = 12$. Das Maximum der Quasare liegt bei $z = 2$. Die Population bricht bei größeren Rotverschiebungen als $z = 2$ recht schnell ab, sodass es scheint, als gäbe es keine Quasare aus einer früheren Epoche. Es gibt einige ältere bis $z \approx 7.5$. Nach Gleichung (52.52) wurde das Licht dieser Quasare zu einem Zeitpunkt ausgesendet als das Weltall einen Radius von 4.6 Mrd. Lj ($z = 2$) bzw. 1.06 Mrd. Lj ($z = 12$) hatte.

Ferner leitet sich aus dieser Gleichung für $z = 2$ [12] die Temperatur von $T = 8$ [35] K ab. Unter der Annahme, dass die Masse des Universums damals genauso groß war wie heute, ergibt sich hieraus die mittlere Dichte. Bei einem Weltradius von nur $1/3$ [$1/13$] des heutigen Wertes muss die Dichte das $3^3 = 27$ fache [$13^3 \approx 2200$ fache] des heutigen Wertes betragen haben.

Kosmische Hintergrundstrahlung

Nachdem zunächst die Existenz der kosmischen Mikrowellen-Hintergrundstrahlung¹ mit etwa 3 K Strahlungstemperatur entdeckt wurde, galt diese noch als isotrop im Rahmen der Messgenauigkeit. Das heißt, der Strahlungsstrom ist aus allen Richtungen gleich groß. Mit COBE (1989–1993) wurde erstmalig die Temperatur der Hintergrundstrahlung genau vermessen und zu 2.725 ± 0.002 K bestimmt. Die räumliche Auflösung (Halbwertsbreite der Antenne) von COBE betrug 7° und war ausreichend, um Schwankungen des Sachs-Wolfe-Effekts nachzuweisen. Die Messungen ergaben Schwankungen bis $35 \mu\text{K}$ auf Winkeldistanzen von 7° und $30.5 \mu\text{K}$ bei Winkeldistanzen von 10° .

¹ engl. *cosmic microwave background (CMB)*
Penzias & Wilson, 1965

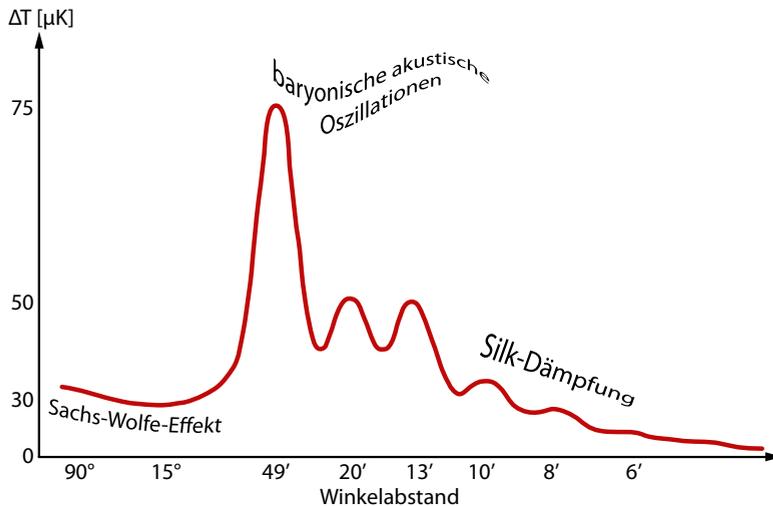


Abbildung 52.15 Winkelleistungsspektrum der Fluktuationen in der Temperatur der kosmischen Hintergrundstrahlung, verursacht durch den Sachs-Wolfe-Effekt, die baryonischen akustischen Schwingungen und die Silk-Dämpfung.