

Astronomie II - Zusammenfassung Kapitel 16.4

Geschichte des Universums

Expansion: Universum beginnt sich nach Urknall exponentiell auszudehnen. Diese **exponentielle Expansion** wird von virtuellen Teilchen-Antiteilchen vorangetrieben, die auf Grund der **Heisenberg'schen Energieunschärfe** existieren dürfen, sich aber direkt wieder zerstrahlen. Aus diesem exponentiellen Wachstum kann man auch herleiten, dass unser Universum flach erscheint, da durch das Wachstum die Krümmung bis heute lange abgeflacht wäre.

Frühphase des Universums Die unmittelbare Zeit nach dem Urknall:

- $t < 10^{-35} s$ Symmetriebrechung der Materie und Antimaterie
- **Hadronen-Ära:** $t < 10^{-4} s, T > 10^{12} K$ erste Neutronen und Protonen entstehen
- **Leptonen-Ära:** $t < 10^{-1} s, T > 10^9 K$ Neutrinos entkoppeln sich vom Rest und würden sichtbar werden. Außerdem entstehen Elektronen.
- **Hadronen-Ära:** $t < 1 s$ bis $380000 a, T > 2970 K$ Materie entkoppelt sich von Strahlung

Hieraus folgt, dass das Universum für $t < 1 s$ ($\Rightarrow z = 1089$) nicht einsehbar ist, da dort das Universum optisch dick war.

Cosmic Microwave Background (CMB): Zum einen existiert eine kosmische Hintergrundstrahlung und diese ist mit leichten Abweichungen auf dem gesamten Himmel gleich. Die sehr große Ähnlichkeit scheint den Ursprung unter anderem auch in der exponentiellen Expansion zu haben. Unterschiede sind z.B. durch Gravitations-Instabilitäten entstanden, in die im weiteren Verlauf immer mehr Materie eingefallen ist. Hieraus folgt, dass **frühe Strukturen müssen aus dunkler Materie sein**, denn vor Entkopplung wurde „Verklumpung“ verhindert

Reionisation: Heute ist das Universum auf großen Skalen ionisiert, während es bei der Entkopplung neutral war. Die erste Reionisation trat bei $z \approx 17$ auf. Daraus kann man folgern, dass es bereits Sterne gab, die vor den ersten Galaxien existiert haben (Population III).