

**Übungen zur Vorlesung „Astronomie und Astrophysik 2“, SS 2022**

## 5. Übungsblatt vom 21.06.2022

Abgabe der schriftlichen Übung am 28.06.2022 nach der Vorlesung oder bis spätestens 17:00 elektronisch an

patric.rommel@itp1.uni-stuttgart.de (Gruppe 2) bzw. clara.roth@arcor.de (Gruppe 3)

**Aufgabe 8: Homogenität der Hintergrundstrahlung (schriftlich, 15 Punkte)**

In dieser Aufgabe sollen Sie den Winkeldurchmesser von Regionen der kosmischen Hintergrundstrahlung abschätzen, die bis zur Entkopplung ohne Annahme einer inflationären Phase kausal verknüpft sein können. Um ein durchrechenbares Modell zu erhalten, wollen wir annehmen, dass das Universum bis zum Zeitpunkt der Entkopplung *strahlungsdominiert* war. Dies ist eine grobe Näherung, denn wir haben in der Vorlesung gesehen, dass das Universum sich ab  $z \approx 3000$  materiedominiert ausdehnte. In diesem Modell werden Sie jedoch zumindest eine *Abschätzung* für den Winkeldurchmesser der kausal verknüpften Regionen auf der Himmelskugel erhalten.

Im strahlungsdominierten Universum gilt  $a(t) \propto t^{1/2}$ , d. h. mit dem heutigen Wert  $a(t_0) = a_0$

$$a(t) = a_0 \sqrt{t/t_r} \quad (1)$$

mit einer noch zu bestimmenden Referenzzeit  $t_r$ .

- Um den Wert der in (1) auftretenden Referenzzeit  $t_r$  zu bestimmen, lösen Sie die Friedmann-LeMaître Gleichung für  $q = 0$  mit  $\sigma = \sigma_r(t)$ . Warum dürfen Sie das kosmologische Glied vernachlässigen? (Anmerkung: Mit  $\Omega_{r0} = 8,4 \cdot 10^{-5}$  aus (26.64) ergibt sich  $\sigma_{r0} \approx 7,6 \cdot 10^{-31} \text{ kg m}^{-3}$ ).
- Berechnen Sie den Weg, den Licht vom Urknall bei  $t = 0$  bis zur Entkopplung in diesem Modell zurücklegen konnte.
- Wählen Sie als Entfernung, aus der wir diese Strecke heute sehen, die Hubble-Distanz  $d_0 = cH_0^{-1} = 1,41 \cdot 10^{10} \text{ ly}$  aus (23.12) und berechnen Sie damit den Winkel, unter dem wir diese Strecke sehen.
- Ab  $z \approx 3000$  expandierte das Universum materiedominiert. Warum reduziert sich dann daher der Wert dieses Winkels?