

1. Was ist ein "nicht-Kopernikanischer" Beobachter?

Kopernikanisches Prinzip: Wir Menschen nehmen keine außergewöhnliche Rolle im Universum ein.
 $\Rightarrow$ Wir befinden uns in einer typisch durchschnittlichen Stelle im Kosmos.

Hat Kopernikus dieses Prinzip niedergeschrieben?

$\hookrightarrow$ Nein. Hermann Bondi hat den Namen eingeführt (1960).

Kopernikus hat allerdings stark dazu beigetragen die europäische Astronomie von geozentrischen zum heliozentrischen Weltbild zu bewegen $\rightarrow$ auch "die kopernikanische Wende" genannt.

Ein "nicht-Kopernikanischer" Beobachter befindet sich somit an einer nicht durchschnittlichen Stelle im Universum.

2. Anhand der CMB-Messungen, erwarten wir ein nicht-Kopernikanischer Beobachter zu sein?

Beobachtungen von dipolaren Modulation in der CMB Temperatur lassen auf eine eigenartige Bewegung ("peculiar motion") schließen. Damit ist gemeint, dass unsere lokale Gruppe von Galaxien eine Geschwindigkeit von $620 \pm 75 \text{ km/s}$ gegenüber der Expansion des Universums hat.

Dies beruht auf lokalen Inhomogenitäten und Anisotropien der uns umgebenden Strukturen. Allerdings sollte diese Geschwindigkeit mit $\frac{1}{r}$ abnehmen, was bisher bis $\sim 300 \text{ Mpc}$ noch nicht der Fall ist.

Die Wahrscheinlichkeit, dass das reine Zufall ist, liegt bei $< 1\%$.

3. Wie wird der Entschleunigungsparameter mit Hilfe der SNIa Verteilung bestimmt?

Was ist der "deceleration parameter q "?

$\hookrightarrow$ Dimensionsloser Parameter in der Kosmologie

$\hookrightarrow$ Ein Maß für die kosmische Beschleunigung der Expansion des Raums

$\hookrightarrow$ In der Friedmann-Lemaître-Robertson-Walker Metrik

$\hookrightarrow$ Definition: $q := -\frac{\ddot{a}a}{\dot{a}^2}$ mit a als Skalenfaktor. Oder: $\frac{\ddot{H}}{H^2} = -(1+q)$ mit $H(a) = \frac{\dot{a}(a)}{a(a)}$

Siehe Papier: $H(a) = H_0 \sqrt{\Omega_M (1+z(a))^3 + \Omega_K (1+z(a))^2 + \Omega_\Lambda}$

Ist uns also der zeitliche Verlauf $H(a)$ bekannt, können wir daraus q bestimmen. Dazu benötigen wir natürlich die Rotverschiebung $z(a)$ welche wir aus der Verteilung der SNIa bekommen.

$\Rightarrow$ Im Falle einer positiven Beschleunigung $\ddot{a}$ ist $q < 0$.

Der Name und das Vorzeichen haben historische Gründe, da ursprünglich angenommen wurde, dass $\ddot{a} \leq 0$ ist.

$\hookrightarrow$ Die heutige "Entschleunigung" wird mit q angegeben und ist $q_0 = \frac{1}{2}\Omega_M - \Omega_\Lambda \approx -0.55$ (siehe Wikipedia) nach Schätzungen der Planck Daten.

4. Worauf bezieht sich ein Monopol-Anteil in q ? Was ist die Erwartung für Λ CDM?

q_0 bezieht sich darauf wie sehr q für uns aussieht wie ein Monopol. Ist dieser Wert größer als q_0 , so ist ein Monopol wahrscheinlicher.

In den Λ CDM würden wir (nach lokalen Korrekturen) einen Monopol erwarten. (Da wir dann ein kopernikanischer Beobachter wären)

Wovon beobachten wir einen Dipol in q ? Ist der hier beobachtete Dipol in Übereinstimmung mit dem CMB Dipol?

Wenn unsere lokale Gruppe ein kopernikanischer Beobachter ist, könnten wir durch eine einfache Geschwindigkeits-Korrektur den Parameter q konstant bestimmen. Die Tatsache, dass dies nicht funktioniert, deutet darauf, dass wir in einer "bevorzugten"-Lage im Universum sind.

In diesem Papier wurde eine 3.9σ Signifikanz für eine Übereinstimmung von CMB und "Entschleunigungsparameter" gefunden.

$\hookrightarrow$ Dies ist auch zu erwarten, wenn die lokale Anisotropie bis zu den beobachteten SNIa reicht.