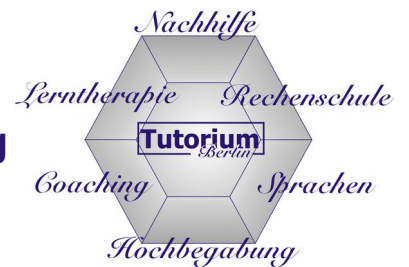


kosmische Mikrowellenhintergrundstrahlung

weitere Experimente unter
forschen.Tutorium-Berlin.de



Nachhilfe-TUTORIUM ist ein Unternehmen der Gruppe
TUTORIUM Berlin Hasenmark 5 in 13585 Berlin

Entstehung

Nach dem Urknall war das Universum sehr kompakt und sehr heiß. Etwa 10^{-43} Sekunden hatte das Universum eine Temperatur von 10^{32} Kelvin. Deshalb konnte sich zunächst keine stabile Materie bilden sondern das gesamte Universum war mit einem Plasma aus freien subatomaren Teilchen gefüllt. Entstehende Strahlung wurde von diesen Teilchen sofort wieder absorbiert.

Während das Universum sich ausdehnte und abkühlte kondensierte die Materie zunächst zu einem **Quark-Gluonen-Plasma** (10^{-30} s nach dem Urknall).

Nach 10^{-6} s war die Temperatur auf 10^{13} K gesunken und die Quarks begannen sich zu **Protonen** und **Neutronen** zu verbinden.

10 Sekunden nach dem Urknall, bei Temperaturen unterhalb von 10^9 K, vereinigten sich einige Protonen und Neutronen durch Kernfusion zu ersten Deuterium-**Atomkernen**, welche sich wiederum zu Helium vereinigten. Etwa 75% der Protonen fanden jedoch keinen Partner, sie wurden später zu den Kernen von Wasserstoffatomen. Die Temperatur war immer noch so hoch, dass die Materie als Plasma vorlag, ein Gemisch aus freien Atomkernen, Protonen und Elektronen.

Es dauerte etwa 400.000 Jahre bis die Temperatur bis auf ca. 3000 K abgesunken war. Erst dann konnten die Elektronen mit den Atomkernen stabile **Atome** bilden (**Rekombination**). Licht konnte nun große Distanzen zurücklegen ohne gestreut oder absorbiert zu werden, das Universum wurde damit durchsichtig.

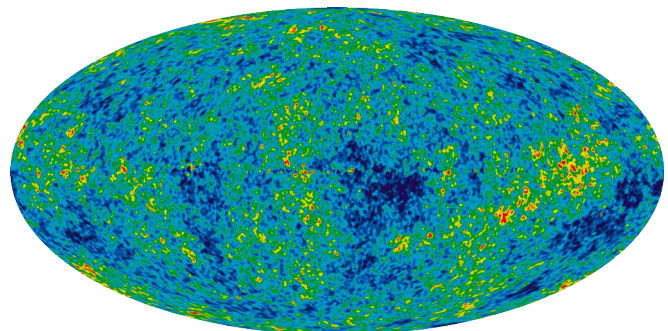
Als das Plasma zu Atomen kondensierte wurde überall im Universum Energie in Form von **sichtbarem Licht** frei. Dieses Licht strahlte daher nahezu gleichmäßig von jedem Punkt des Universums aus in jede Richtung.

Die weitergehende Expansion des Universums verursachte durch die Dehnung der Raumzeit auch eine Dehnung der Wellenlänge dieses Lichts, also eine Rotverschiebung. Wir beobachten daher dieses Licht heute als kosmische Hintergrundstrahlung im Mikrowellenbereich. Sie ist in jeder Richtung des Himmels auf normalen Skalen in etwa gleichförmig.

Entdeckung

Eine Strahlung aus dem intergalaktischen Raum wurde bereits 1933 von Erich Regener vorhergesagt. Die Entdeckung erfolgte aber zufällig 1964 durch Arno Penzias und Robert Woodrow Wilson beim Test einer neuen empfindlichen Antenne, die für Experimente mit künstlichen Erdsatelliten gebaut worden war.

Da die erdgebundenen Beobachtungsmöglichkeiten im Mikrowellenbereich aufgrund der atmosphärischen Absorption eingeschränkt sind, wurde die Satellitenmission COBE ins Leben gerufen.



Temperaturschwankungen in der Hintergrundstrahlung, aufgenommen durch die Raumsonde WMAP (Mission 2001–2010). Die maximalen Abweichungen in der Hintergrundstrahlung betragen nur $\pm 0,001\%$ vom Mittelwert (2,725 Kelvin).

TUTORIUM Berlin Nachhilfe -TUTORIUM

Inhaber u. Pädagogischer Leiter: **Holger Schackert**
Diplom-Mathematiker, Lerntherapeut,
Psychologischer Berater u. Personal Coach

Hasenmark 5 in 13585 Berlin-Spandau, Büro: Gartenhaus 1.Etage

Anmeldung, Beratung und Informationen:

Montag - Freitag: 14.30-17.00 Uhr

und / oder nach Vereinbarung unter

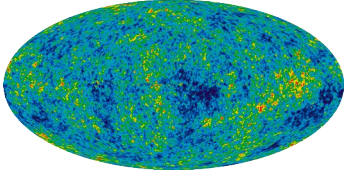
☎: 030 – 85018820 und 030 – 353 053 20

www.Tutorium-Berlin.de

E-Mail: info@tutorium-berlin.de

www.Nachhilfe-Tutorium.de

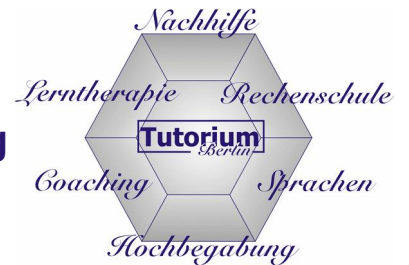
E-Mail: info@nachhilfe-tutorium.de



kosmische Mikrowellenhintergrundstrahlung

2

weitere Experimente unter
[forschen.Tutorium-Berlin.de](https://www.forschen.tutorium-berlin.de)



Eigenschaften

Die Temperatur des Mikrowellenhintergrundes ist über den gesamten Himmel sehr gleichförmig.

Die stärkste Abhängigkeit von der Beobachtungsrichtung beträgt nur etwa 0,1 % und entsteht aufgrund der Bewegung der Milchstraße (und damit der Erde) relativ zum Mikrowellenhintergrund. Durch den Dopplereffekt werden Photonen, die aus der Bewegungsrichtung kommen, leicht blauverschoben während Photonen aus der Gegenrichtung leicht rotverschoben sind.

Die geringe Schwankungen in der Hintergrundstrahlung machte deutlich, dass die Materie zum Zeitpunkt der Rekombination außerordentlich homogen verteilt war.

Verschiedene Kollaborationen suchen derzeit in der Feinverteilung der gemessenen Hintergrundstrahlung nach Hinweisen auf die Inflation und Gravitationswellen aus der Frühzeit des Universums.

Weißes Rauschen und die Hintergrundstrahlung

Früher gaben analoge Fernseher und Radios ein Rauschen wieder wenn sie nicht auf einen bestimmten Kanal eingestellt waren. Einem beliebtem Mythos nach konnte man damit die kosmische Hintergrundstrahlung sehen oder hören.

Allerdings bleibt das Rauschen auch unverändert wenn man die Antenne komplett entfernt. Das Rauschen stammt hierbei nahezu vollständig aus der Elektronik der Geräte selbst, der Anteil von externen Strahlungsquellen am Rauschen ist sehr gering.

Nur extrem empfindliche Antennen sind in der Lage auf der Erde überhaupt ein messbares Signal aus der Hintergrundstrahlung aufzuzeichnen, da die Strahlung sehr schwach ist und größtenteils durch die Atmosphäre absorbiert wird.

Quellen:
<https://de.wikipedia.org/w/index.php?title=Hintergrundstrahlung&oldid=236841470>
llc_9yr_moll4096.png: NASA / WMAP Science Team, Public domain, via Wikimedia Commons

TUTORIUM Berlin Nachhilfe -TUTORIUM

Inhaber u. Pädagogischer Leiter: **Holger Schackert**
Diplom-Mathematiker, Lerntherapeut,
Psychologischer Berater u. Personal Coach

Hasenmark 5 in 13585 Berlin-Spandau, Büro: Gartenhaus 1.Etage

Anmeldung, Beratung und Informationen:

Montag - Freitag: 14.30-17.00 Uhr

und / oder nach Vereinbarung unter

☎: **030 – 85018820** und 030 – 353 053 20

www.Tutorium-Berlin.de

E-Mail: info@tutorium-berlin.de

www.Nachhilfe-Tutorium.de

E-Mail: info@nachhilfe-tutorium.de