

Der Sunyaev-Zeldovich-Effekt

Daniel Durzinsky

January 25, 2012

Der SZ-Effekt 1

- 1 Elektronen in dem heißen Gas eines Galaxienhaufens können an Photonen der CMB streuen, allerdings ist die Streuwahrscheinlichkeit sehr gering.
- 2 Durch die Streuung wird das Photon uns nicht erreichen.
Aber: CMB ist isotrop \Rightarrow statistisch existiert ein weiteres Photon, welches in die Sichtlinie gestreut wird.
- 3 Also ist die Anzahl der Photonen, die uns erreicht, erhalten.
- 4 Der Streuprozess verändert die Energie und somit die Frequenz der Photonen \Rightarrow höhere Frequenz nach Streuung.
- 5 Hier findet inverse Compton-Streuung statt: Ein hochenergetisches Elektron streut an einem niederenergetischen Photon \Rightarrow Energieübertragung auf das Photon.

Der SZ-Effekt 2

- 1** Konsequenz: Reduzierung der Zahl niedrigenergetischer Photonen und die Erhöhung höherenergetischer Photonen relativ zum Planck-Spektrum der kosmischen Hintergrundstrahlung in heißem Gas in Galaxienhaufen (SZ-Effekt).
- 2** Das CMB-Spektrum, gemessen in der Richtung von einem Galaxienhaufen, weicht von dem Planck-Spektrum ab. Der Grad dieser Abweichung hängt von der Temperatur und der Dichte des Galaxienhaufens ab.
- 3** Entlang der Sichtlinie eines Galaxienhaufens erscheint der CMB dunkler bei niedrigen Frequenzen und heller bei höheren Frequenzen, mit einem Übergangswert bei 217 GHz.

Der SZ-Effekt 3

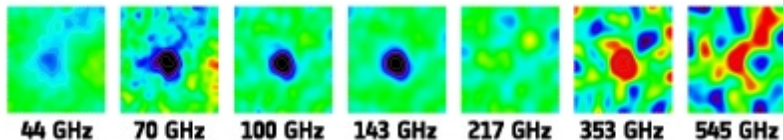


Figure: Beobachtung des Galaxienhaufens Abell 2319 durch SZ-Effekt mithilfe des Planck-Satelliten. Bild genommen von <http://sci.esa.int/science-e/www/object/index.cfm?fobjectid=48231>

Der SZ-Effekt 4

- 1 Der SZ-Effekt ist unabhängig von der Rotverschiebung des Galaxienhaufens \Rightarrow Cluster können sowohl bei niedriger als auch hoher Rotverschiebung gleich gut detektiert werden.
- 2 Mit Hilfe des SZ-Effekts werden Distanzen zu Galaxienhaufen gemessen und die Hubble-Konstante wird bestimmt.
- 3 In dem Rayleigh-Jeans-Bereich des CMB-Spektrums werden Photonen herausgelöst durch den SZ-Effekt \Rightarrow Änderung der RJ-Intensität:

$$\frac{\Delta I_{\nu}^{RJ}}{I_{\nu}^{RJ}} = -2y \quad (1)$$

- 4 y ist der Comptonstreuungsparameter.

Der SZ-Effekt 5

1

$$y = \int dl \frac{k_B T_G}{m_e c^2} \sigma_T n_e \quad (2)$$

- 2 Hier ist T_G die Gastemperatur, n_e die Elektronendichte und $\sigma_T = \frac{8\pi}{3} \left(\frac{e^2}{m_e c^2}\right)^2$ der Thompsonstreuungsquerschnitt.
- 3 y ist proportional zu der optischen Tiefe mit Respekt zur Comptonstreuung, zu der Gastemperatur $\Rightarrow y$ ist proportional zu dem Integral über den Gasdruck $p = nk_B T$ entlang der Sichtlinie durch den Galaxienhaufen.
- 4 Über y lässt sich die Entfernung zum Galaxienhaufen und daraus die Hubble-Konstante bestimmen.

Der SZ-Effekt 6

- 1 Mit Hilfe des SZ-Effekts werden Informationen die räumliche Dichte und die Temperaturverteilung gewonnen.

- 1 Peter Schneider: "Extragalactic Astronomy and Cosmology", Springer-Verlag.
- 2 <http://sci.esa.int/science-e/www/object/index.cfm?fobjectid=48231>.
- 3 www.wikipedia.org