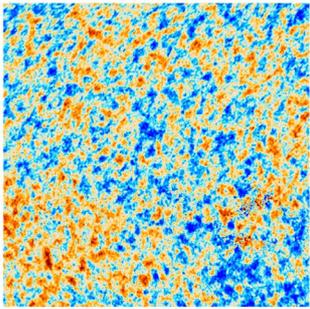
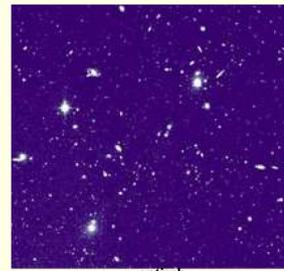


# Sunyaev-Zel'dovich Effekt

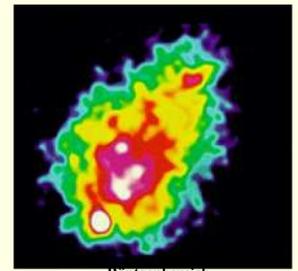


## Kosmischer Mikrowellenhintergrund (CMB)

Als vor 13.7 Milliarden Jahren die Atome entstanden sind, wurde Strahlung frei, die wir heute als kosmischen Mikrowellenhintergrund messen können. Die Intensität der Strahlung sorgt dafür, dass im Weltraum die Temperatur an den kältesten Stellen niemals unter  $-270^\circ$  Celsius fällt. Versucht man ein Bild dieser Temperaturstrahlung aufzunehmen, sieht man noch die Reste der Plasmawolken, in denen die Atome erzeugt wurden.



optisch

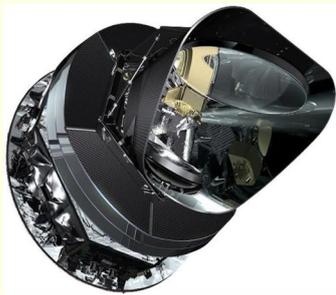
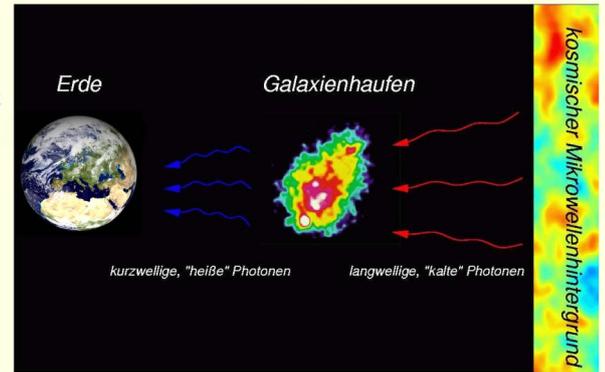


Röntgenbereich

Im Zentrum von Galaxienhaufen Abell 1367 (links) befindet sich eine Blase aus sehr heißem Gas (rechts). Typische Temperaturen erreichen Werte von 10 Millionen Grad Celsius!

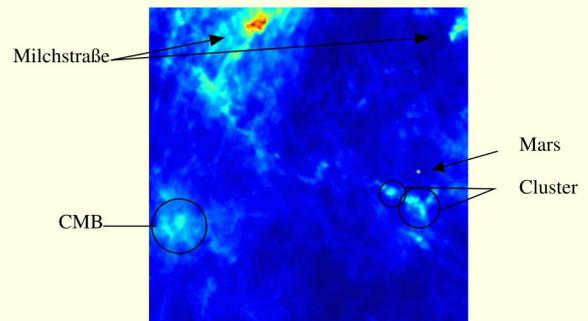
## Sunyaev-Zel'dovich Effekt

Wenn Photonen des Mikrowellenhintergrundes die heißen Gasblasen im Inneren der Galaxienhaufen durchqueren, werden sie aufgeheizt und man kann an den Stellen des Himmels, wo sich Galaxienhaufen befinden, eine leicht erhöhte Temperatur messen. Weil die Photonen des Mikrowellenhintergrundes aber nur schwach mit den Gasteilchen der Blasen wechselwirken, ist die Temperaturänderung sehr klein (weniger als ein tausentstel Grad Celsius!). Mit dem Sunyaev-Zel'dovich Effekt kann man Galaxienhaufen entdecken, die sich in unglaublich großen Abständen von der Erde befinden. Die Empfindlichkeit des Planck-Satelliten reicht aus, um Galaxienhaufen im Abstand von bis zu 3 Milliarden Lichtjahren zu entdecken.

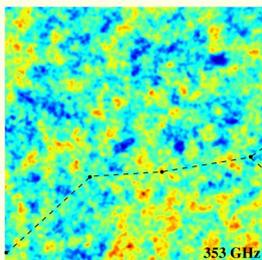


## Der Planck-Satellit

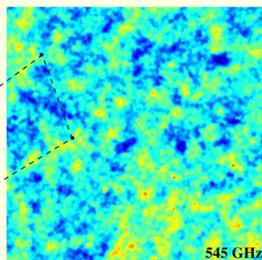
Der Planck-Satellit ist eine Mission der europäischen Raumfahrtagentur ESA. Seine Aufgabe ist die Messung der Temperatur des Himmels mit unerreichter Ortsauflösung und Empfindlichkeit. Planck kann Änderungen der Temperatur zwischen zwei Punkten, die 5 Bogenminuten von einander entfernt sind, mit einer Genauigkeit von wenigen Millionstel Grad Celsius messen. Er wird somit ungefähr 10.000 Galaxienhaufen aufgrund ihres thermischen Sunyaev-Zel'dovich Effekts entdecken können.



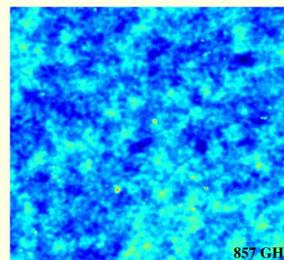
Das Auffinden von Sunyaev-Zel'dovich-Clustern wird durch verschiedene Emissionskomponenten erschwert. In dem Bild findet man außer den Sunyaev-Zel'dovich-Clustern noch den räumlich variierenden Mikrowellenhintergrund, die Emission unserer Milchstraße, die das Bild dominiert und einen Planeten, dessen Infrarotstrahlung die Messung erschwert. Hier am MPA versuchen Wissenschaftler herauszufinden, wie man trotz der Gegenwart der sog. Störsignale Sunyaev-Zel'dovich-Cluster isolieren und vermessen kann.



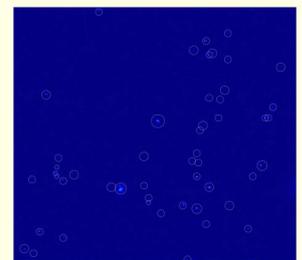
353 GHz



545 GHz



857 GHz



## Simulierte Planck-Bilder

Der Planck-Satellit betrachtet den Mikrowellenhintergrund bei verschiedenen Frequenzen. Die folgenden Bilder zeigen  $15 \times 15$  Grad große Himmelsausschnitte der Temperaturkarten, die bei den Frequenzen 353, 545 und 857 Gigahertz gemessen wurden. Zum Vergleich ist maßstabsgetreu das bekannte Sternbild des Großen Wagens mit abgebildet. Versuchen Sie nun selbst, in den (simulierten) Himmelsausschnitten Sunyaev-Zel'dovich-Cluster zu finden! Suchen Sie nach kleinen Flecken, deren Intensität sich mit steigender Frequenz verstärkt – die also in der Karte, die bei 857 Gigahertz aufgenommen wurde, am stärksten zutage treten. Zum Vergleich ist ganz rechts eine Karte des selben Himmelsausschnitts ohne Störquellen mit abgebildet, worauf man alle Cluster sehen kann, die in diesem Himmelsausschnitt zu finden wären. Der Planck-Satellit wird in jedem Himmelsausschnitt zwischen 50 und 70 Clustern finden – wieviele finden Sie?