

Astroteilchenphysik und Kosmologie

Prof. Dr. B. Kämpfer und Dr. D. Bemmerer

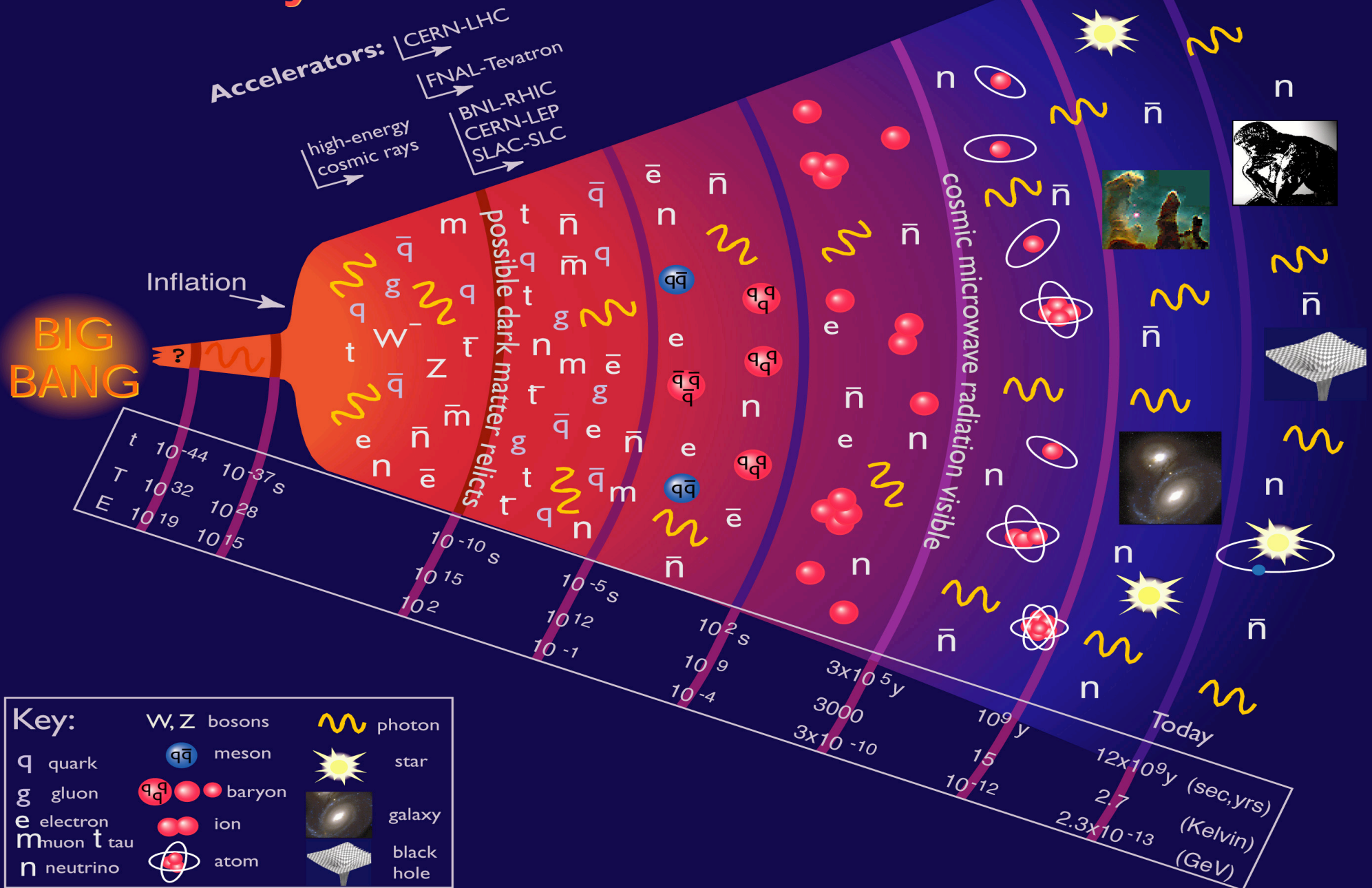
- Kernphysikalische Grundbegriffe zur Elemententstehung
- Entstehung chemischer Elemente im Urknall und durch kosmische Strahlen
- Teilchenphysik in Sternen
- Boten aus dem All: Neutrinos von Supernovae und aus der Sonne
- Kosmische Teilchenbeschleuniger – schneller als der CERN-LHC
- Urknall und kosmologische Inflation: **Mikrowellen-Hintergrundstrahlung (heute)**
- Dunkel-Energie und Dunkel-Materie als wichtig(st)e Materieformen im Universum
- Kosmische Teilchen und das Standardmodell
- Weltmodelle und Alternativen

11. Vorlesung, TU Dresden 28.06.2010



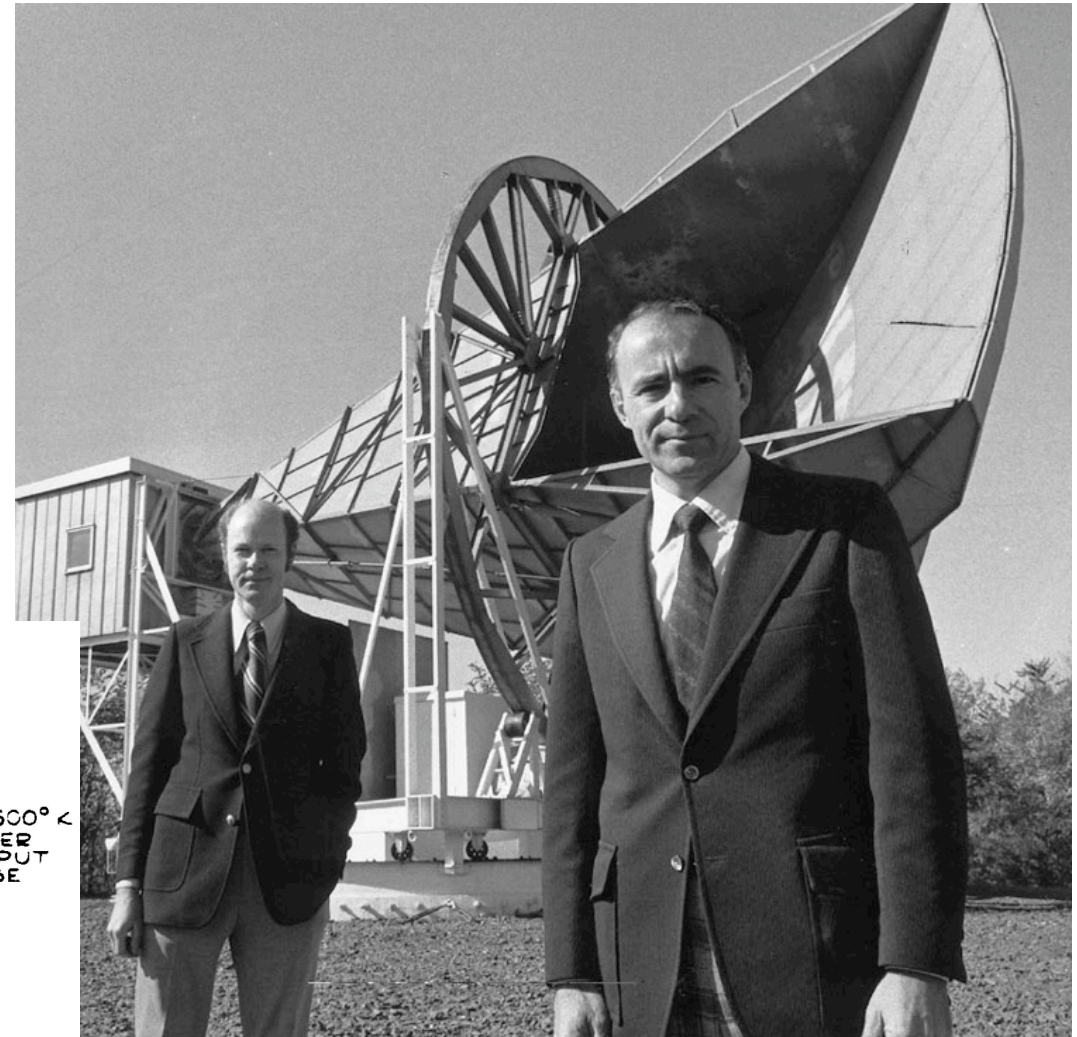
**Forschungszentrum
Dresden** Rossendorf

History of the Universe

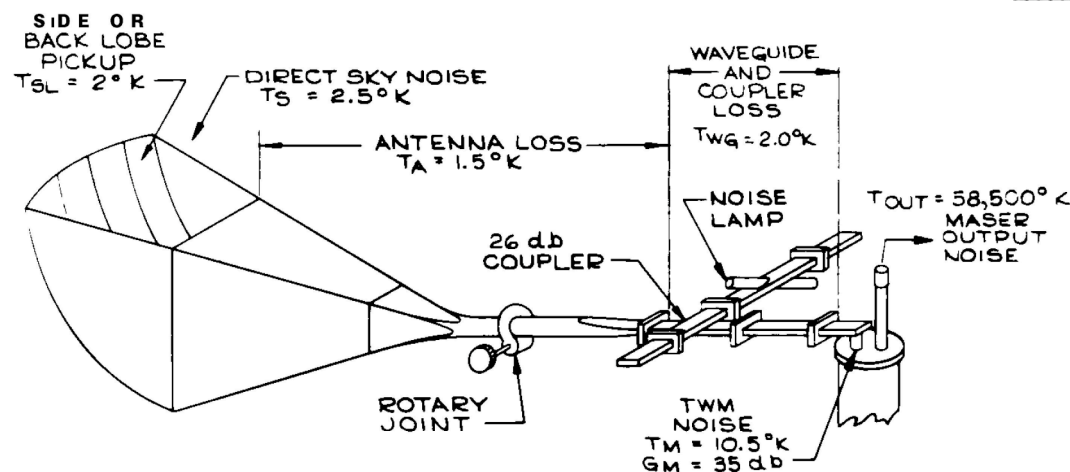


Entdeckung der Mikrowellen-Hintergrundstrahlung 1965: Penzias, Wilson (1)

- Radioantenne zur Untersuchung der Mikrowellenemission der Galaxis
- Messung bei $\lambda = 7 \text{ cm}$
- Nobelpreis 1978

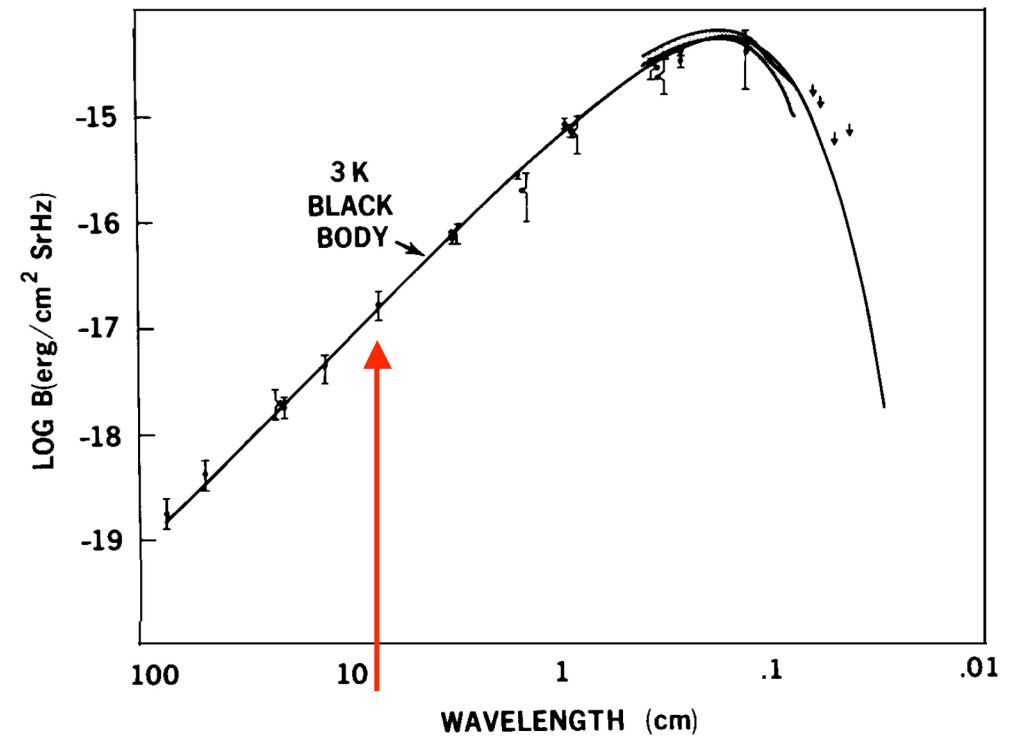


04 Thomson - Brooks/Cole



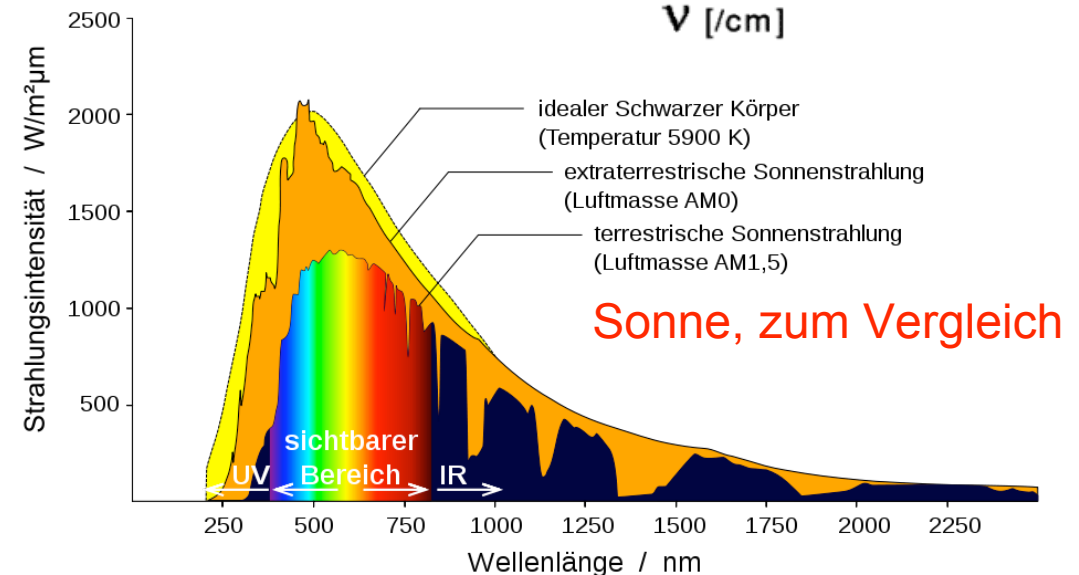
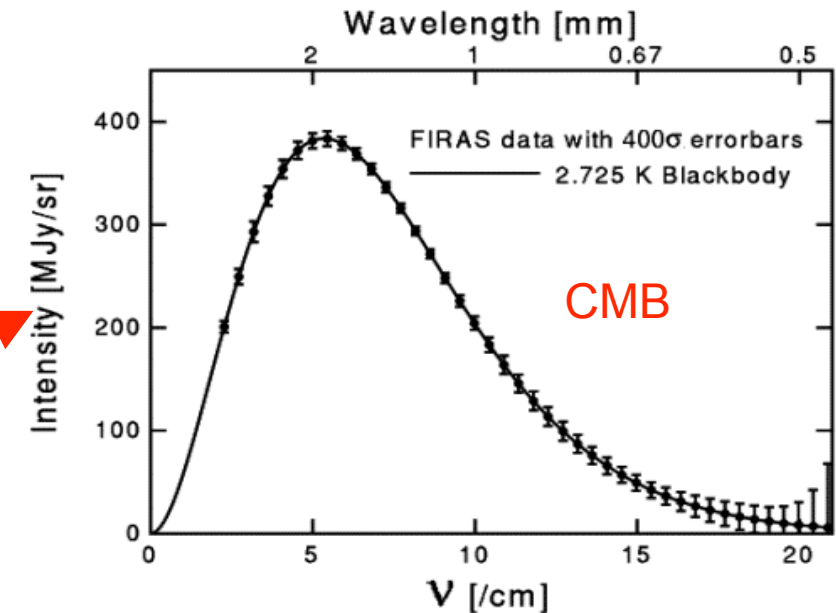
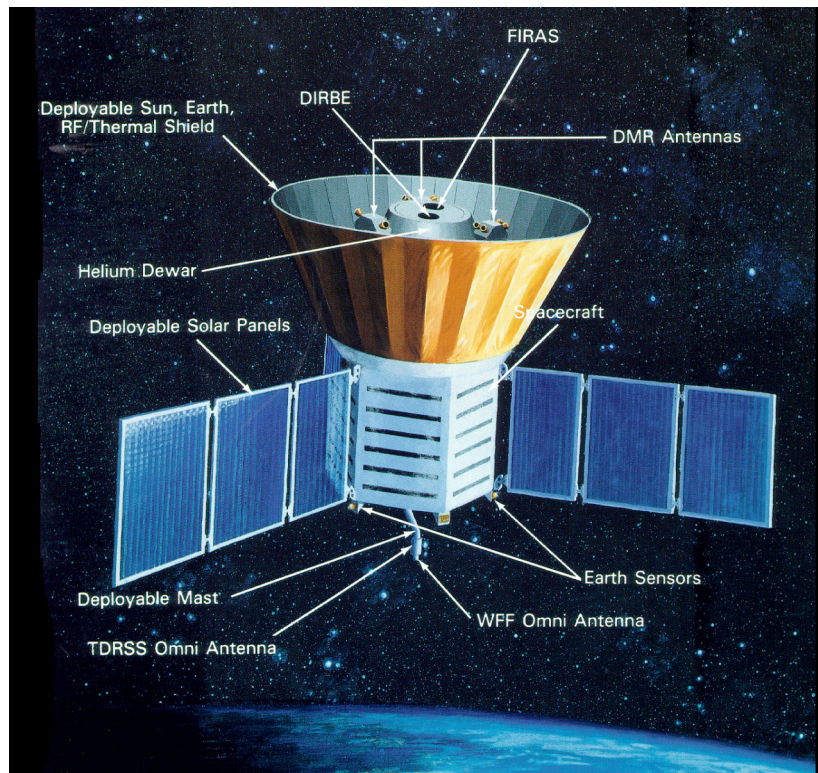
Entdeckung der Mikrowellen-Hintergrundstrahlung 1965: Penzias, Wilson (2)

	New Throat	Old Throat
He Temp.	4.22	4.22
Calculated Contribution from Cold Load Waveguide Attenuator Setting for Balance	.38	.70 ± 0.2
	<u>2.73</u>	<u>2.40 ± 0.1</u>
Total C.L.	7.33	7.32 ± 0.3
Atmosphere	2.3 ± 0.3	2.3 ± 0.3
Waveguide and Antenna loss	1.8 ± 0.3	.9 ± 0.3
Back lobes	<u>.1 ± 0.1</u>	<u>.1 ± 0.1</u>
Total Ant.	4.2 ± 0.7	3.3 ± 0.7
Background	3.1 ± 1	3.4 ± 1

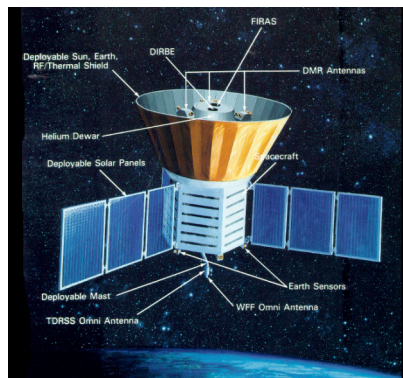


Isotropie und Anisotropie, gesehen mit COBE 1992: Smoot, Mather (1)

- COBE = COsmic Background Explorer
- Satellit, schaltet atmosphärische Absorption aus
- Perfektes Schwarzkörper-Spektrum (besser als z.B. Sonne)



Isotropie und Anisotropie, gesehen mit COBE 1992: Smoot, Mather (2)

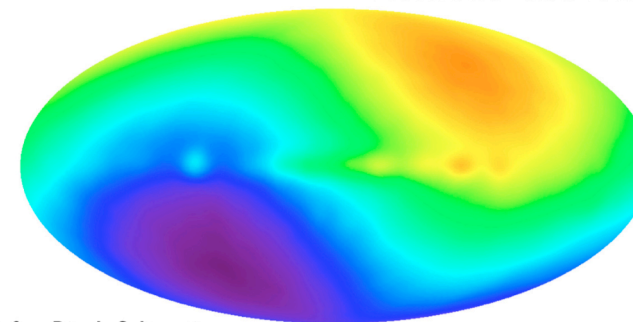


10^{-3} Dipol-Anisotropie

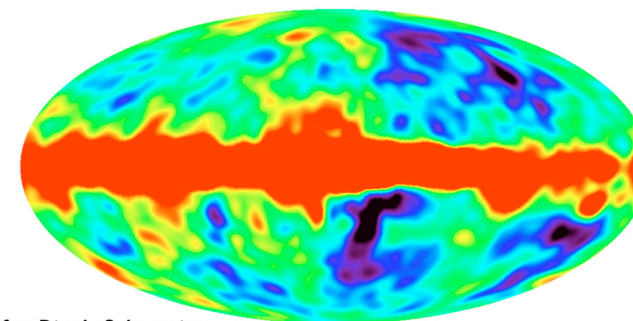


Doppler-Effekt aus der Bewegung von COBE relativ zum Mikrowellen-Hintergrund

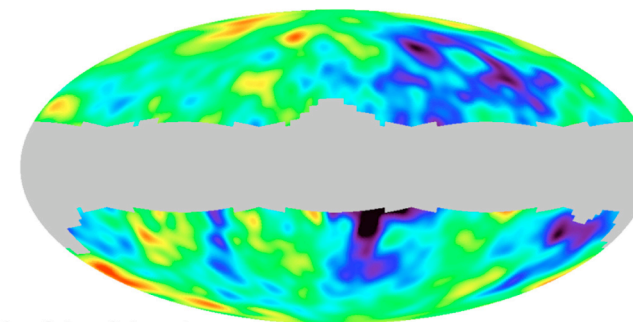
DMR 53 GHz Maps



Before Dipole Subtraction

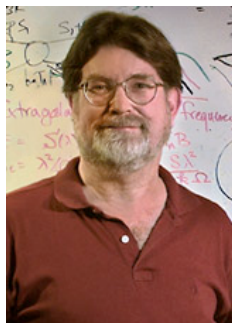


After Dipole Subtraction



After Galaxy Subtraction

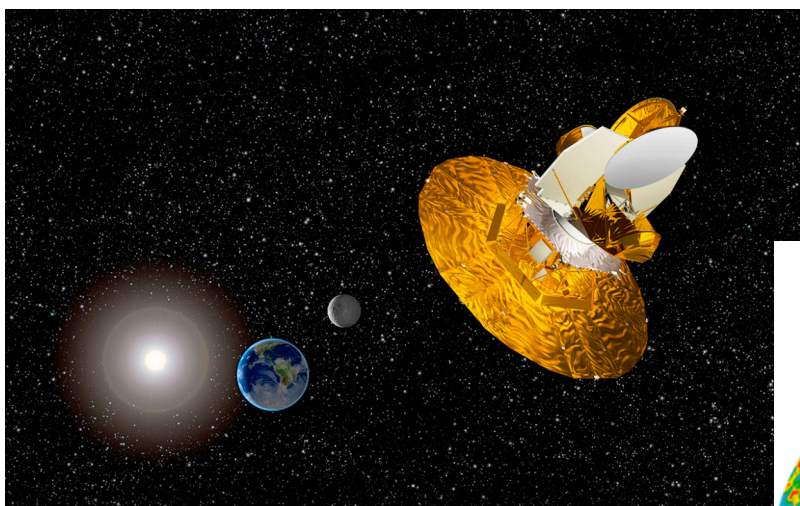
Nobelpreis 2006



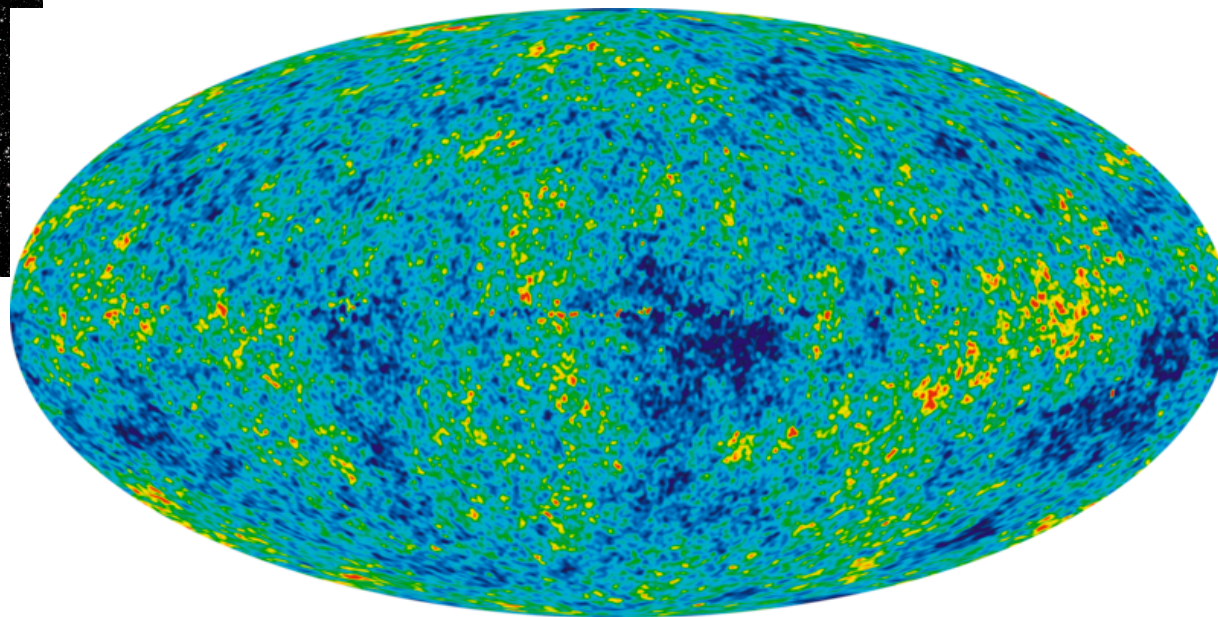
10^{-5} kosmische Anisotropie

Anisotropie, gesehen mit WMAP

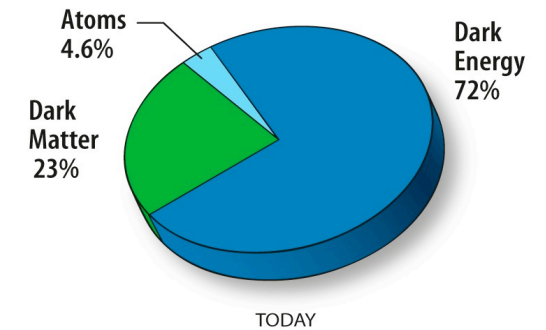
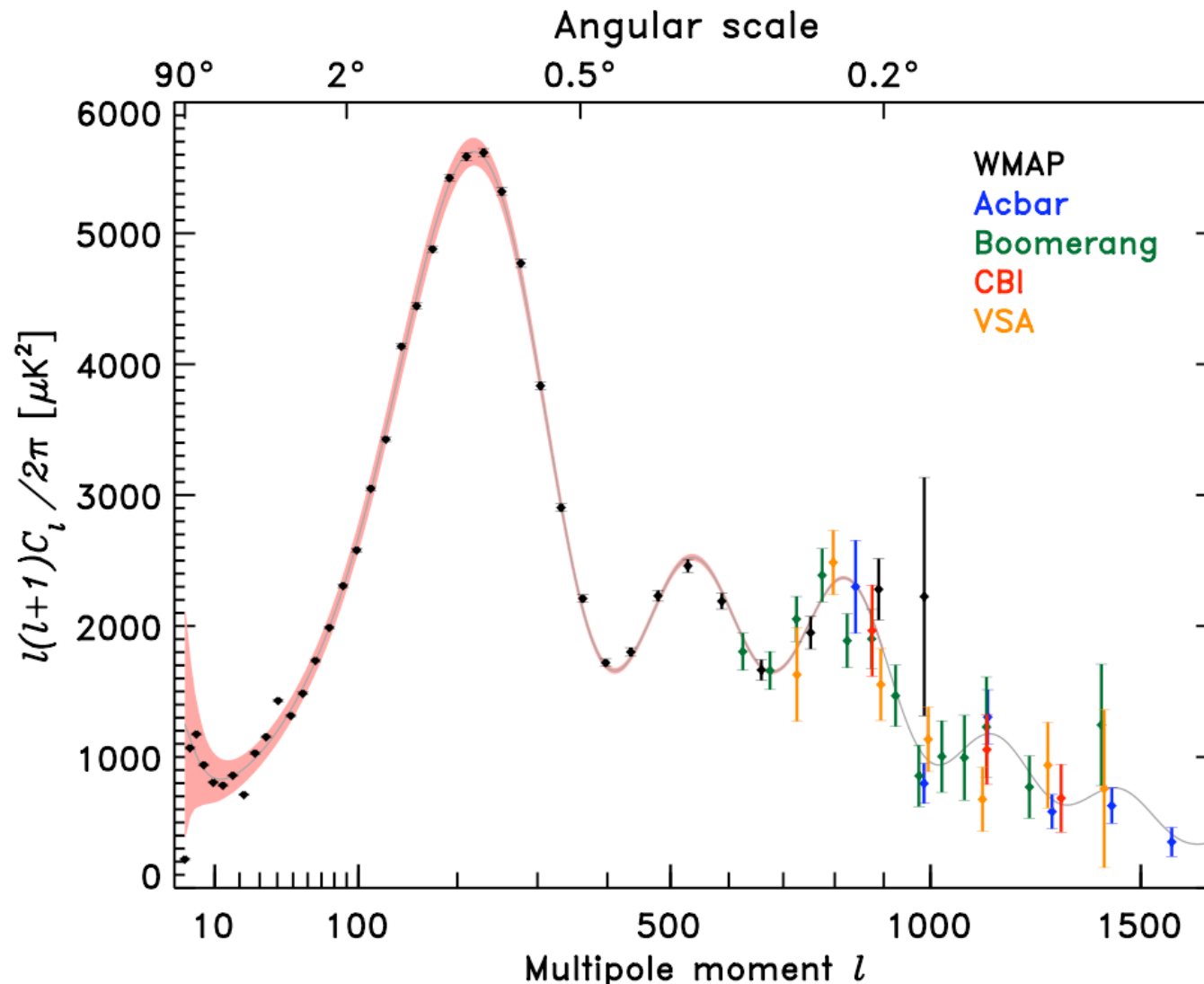
- WMAP = Wilkinson Microwave Anisotropy Probe
- Orbit um L2-Punkt der Sonne
- Verbesserte Winkelauflösung



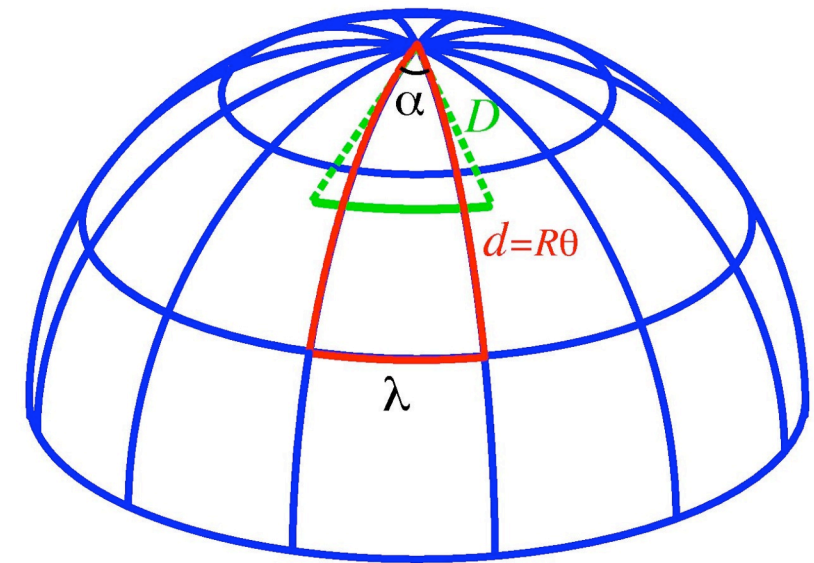
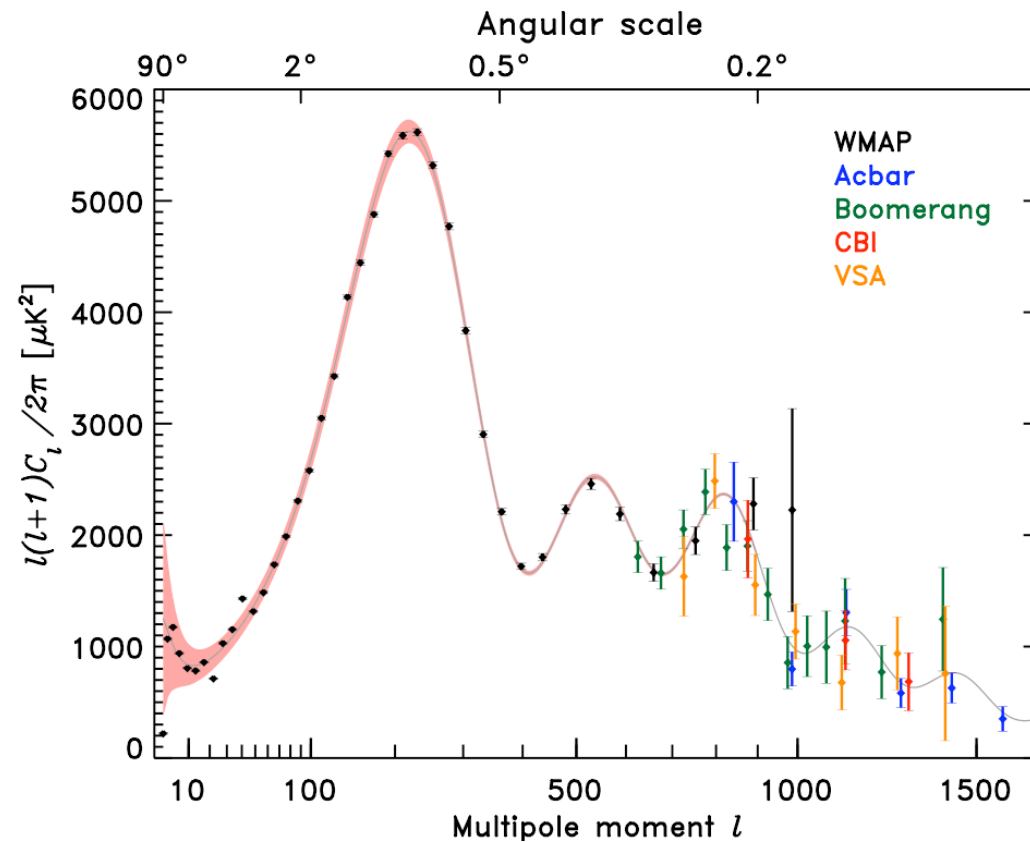
7 Jahre Statistik mit WMAP (2010),
Galaxis und Dipolbewegung subtrahiert



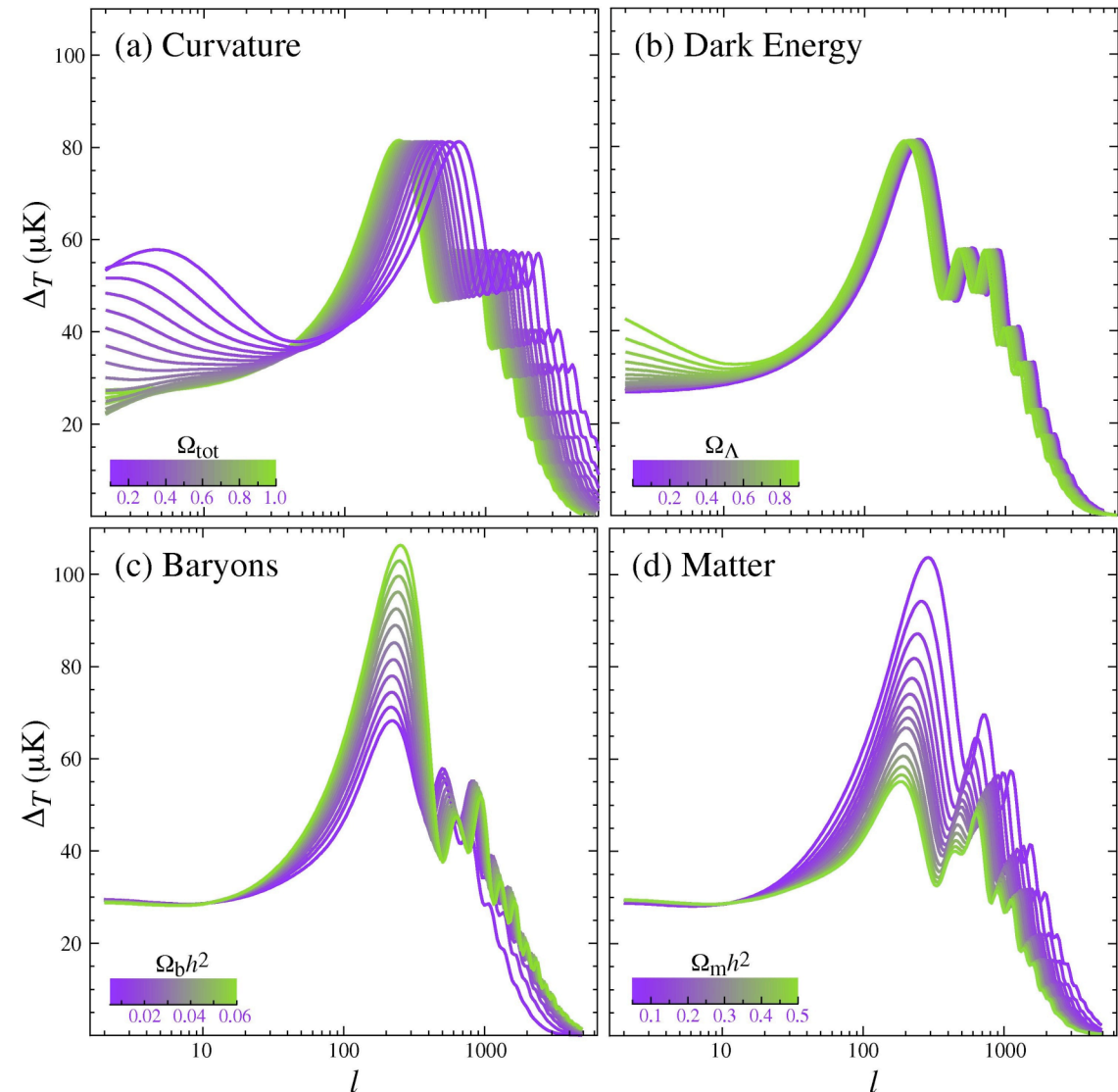
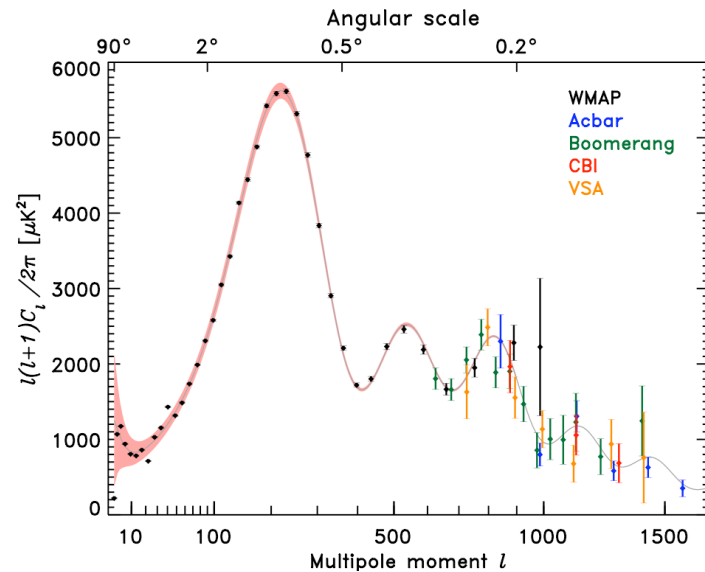
Power-Spektrum aus WMAP und Ballon-Experimenten



Zur Interpretation des ersten Peaks im Power-Spektrum



Zur Interpretation der weiteren Peaks im Power-Spektrum



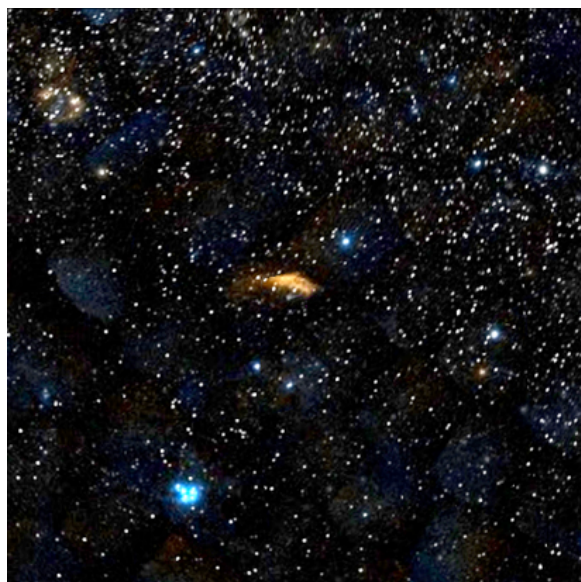
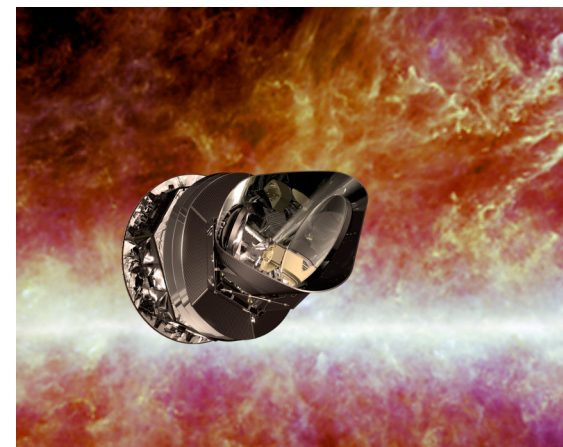
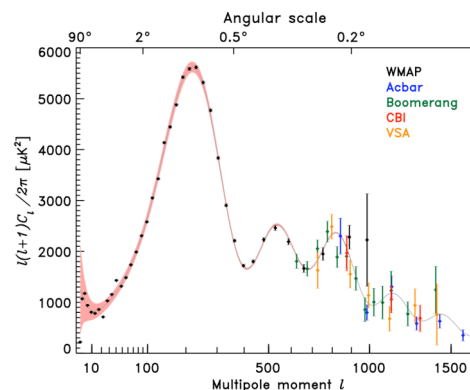
Kosmologische Parameter aus WMAP, 7 Jahre Statistik

TABLE 1
SUMMARY OF THE COSMOLOGICAL PARAMETERS OF Λ CDM MODEL

Class	Parameter	WMAP 7-year ML ^a	WMAP+BAO+ H_0 ML	WMAP 7-year Mean ^b	WMAP+BAO+ H_0 Mean
Primary	$100\Omega_b h^2$	2.270	2.246	$2.258^{+0.057}_{-0.056}$	2.260 ± 0.053
	$\Omega_c h^2$	0.1107	0.1120	0.1109 ± 0.0056	0.1123 ± 0.0035
	Ω_Λ	0.738	0.728	0.734 ± 0.029	$0.728^{+0.015}_{-0.016}$
	n_s	0.969	0.961	0.963 ± 0.014	0.963 ± 0.012
	τ	0.086	0.087	0.088 ± 0.015	0.087 ± 0.014
	$\Delta_{\mathcal{R}}^2(k_0)^c$	2.38×10^{-9}	2.45×10^{-9}	$(2.43 \pm 0.11) \times 10^{-9}$	$(2.441^{+0.088}_{-0.092}) \times 10^{-9}$
Derived	σ_8	0.803	0.807	0.801 ± 0.030	0.809 ± 0.024
	H_0	71.4 km/s/Mpc	70.2 km/s/Mpc	71.0 ± 2.5 km/s/Mpc	$70.4^{+1.3}_{-1.4}$ km/s/Mpc
	Ω_b	0.0445	0.0455	0.0449 ± 0.0028	0.0456 ± 0.0016
	Ω_c	0.217	0.227	0.222 ± 0.026	0.227 ± 0.014
	$\Omega_m h^2$	0.1334	0.1344	$0.1334^{+0.0056}_{-0.0055}$	0.1349 ± 0.0036
	z_{reion}^d	10.3	10.5	10.5 ± 1.2	10.4 ± 1.2
	t_0^e	13.71 Gyr	13.78 Gyr	13.75 ± 0.13 Gyr	13.75 ± 0.11 Gyr

2009 gestartet: Planck-Satellit der ESA

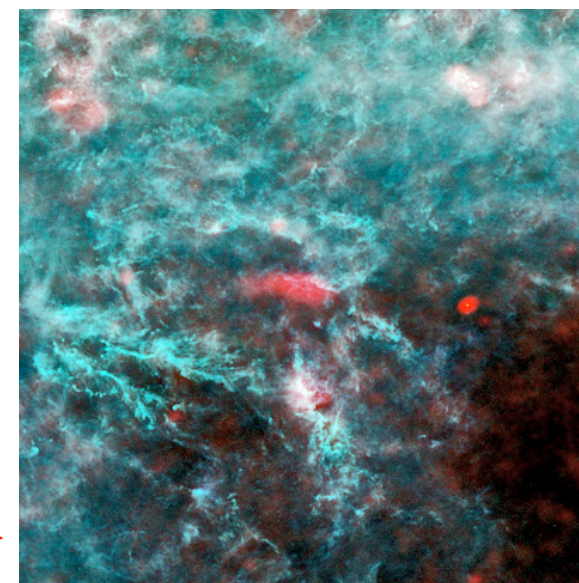
- Bessere Winkelauflösung und Empfindlichkeit als WMAP
- Untersuchung des rechten Teils des Power-Spektrums



Perseus,
Region mit wenig
aktiver Sternbildung

← Sichtbares Licht,
erdgestützte
Teleskope

Infrarot, Planck →



Zusammenfassung

- Aus dem Universum erreicht uns eine diffuse Hintergrundstrahlung, der kosmische Mikrowellenhintergrund (cosmic microwave background)
- Die Strahlung entspricht der gekühlten Schwarzkörperstrahlung aus der Ära der Entkopplung von Photonen und Materie und hat 2.725 K Temperatur
- Die Hintergrundstrahlung ist auf 10^{-5} homogen und isotrop in einem Bezugssystem, das sich mit 300 km/s Geschwindigkeit relativ zur Erde bewegt .
- Die Auswertung der 10^{-5} Anisotropien erlauben Rückschlüsse auf die Dichte baryonischer und nichtbaryonischer Materie und die gesamte Energiedichte des Universums.

Übungsaufgaben, Übung am Donnerstag, 1. Juli

4. Man bestimme das Alter des Universums und vergleiche mit verschiedenen Chronometern.
5. Man diskutiere den Übergang von Strahlungskosmos zum Materiekosmos.
6. Dehnen sich im expandierenden Universum auch Atome, das Sonnensystem und die lokale Galaxiengruppe aus?
7. Man analysiere $(\Omega-1)$ als Funktion der Temperatur für einen Strahlungskosmos und frühe Phasen.
8. Was ist das Verhältnis der Neutrinotemperatur zur Photonentemperatur, nach der Elektronen-Positronen-Annihilation?