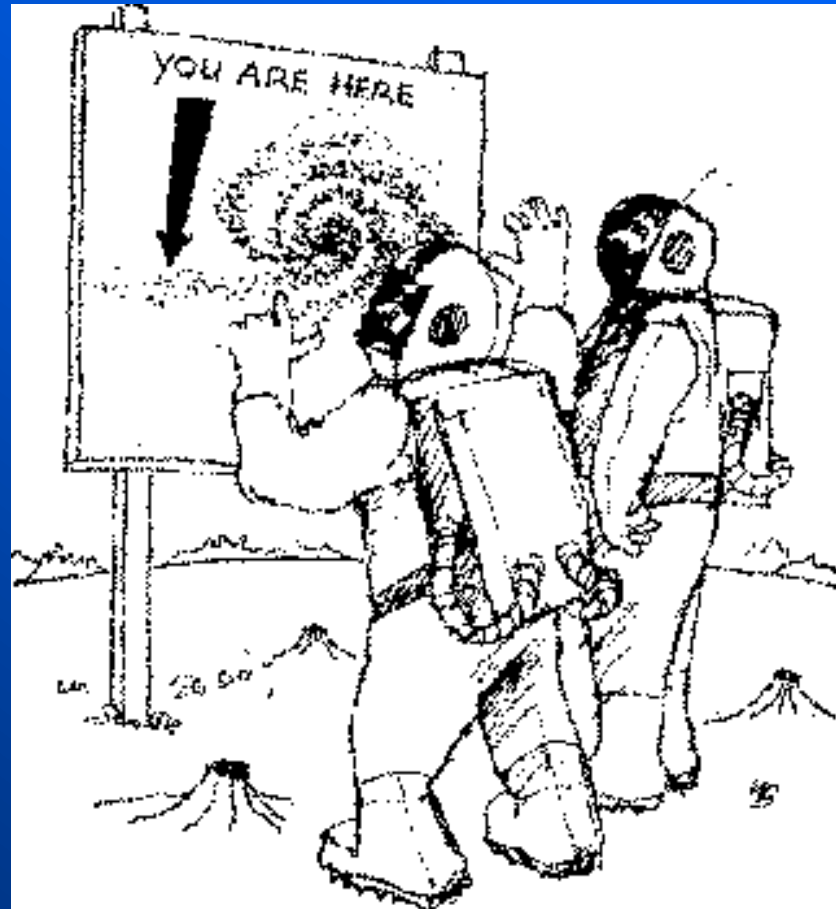
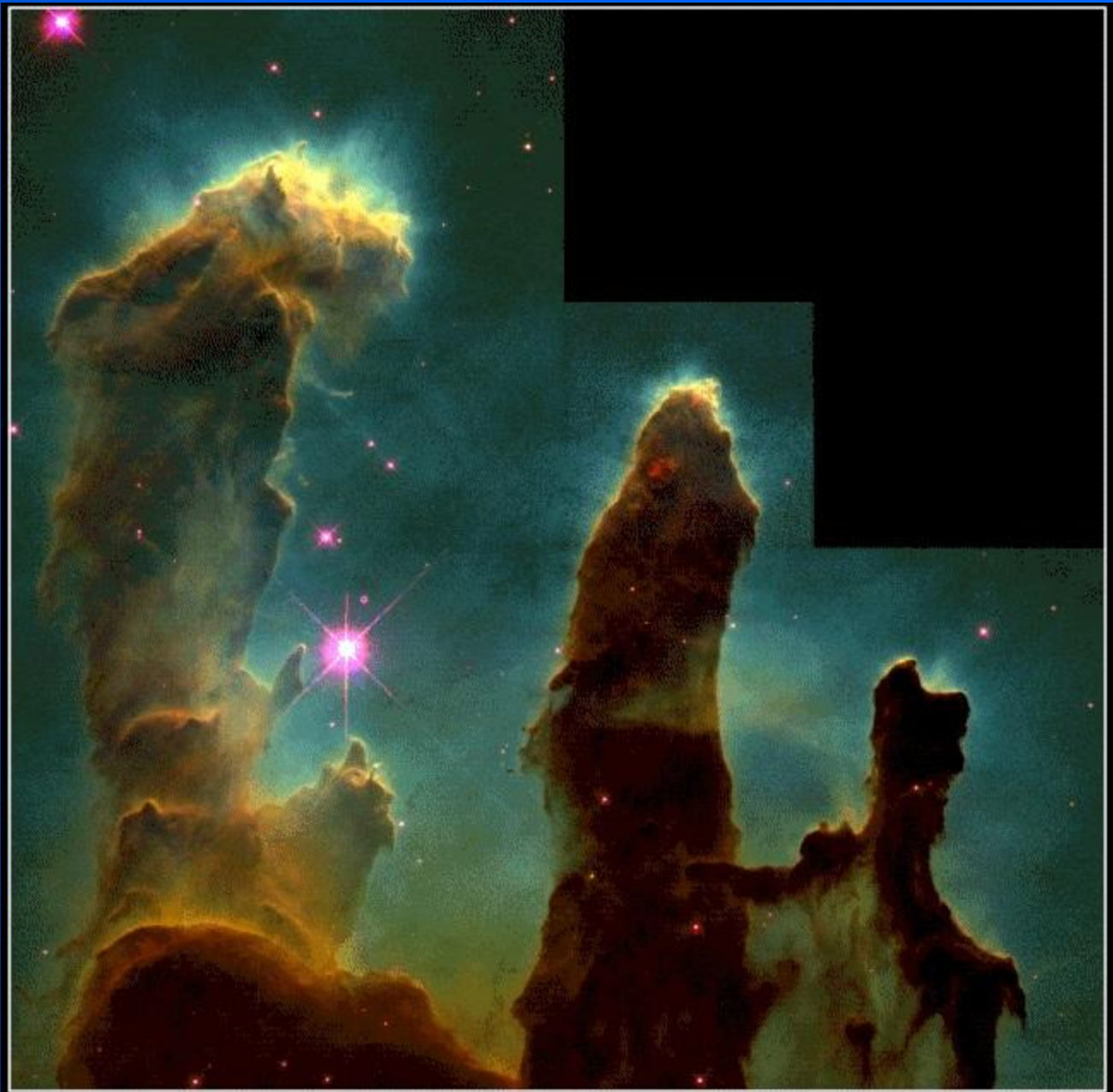


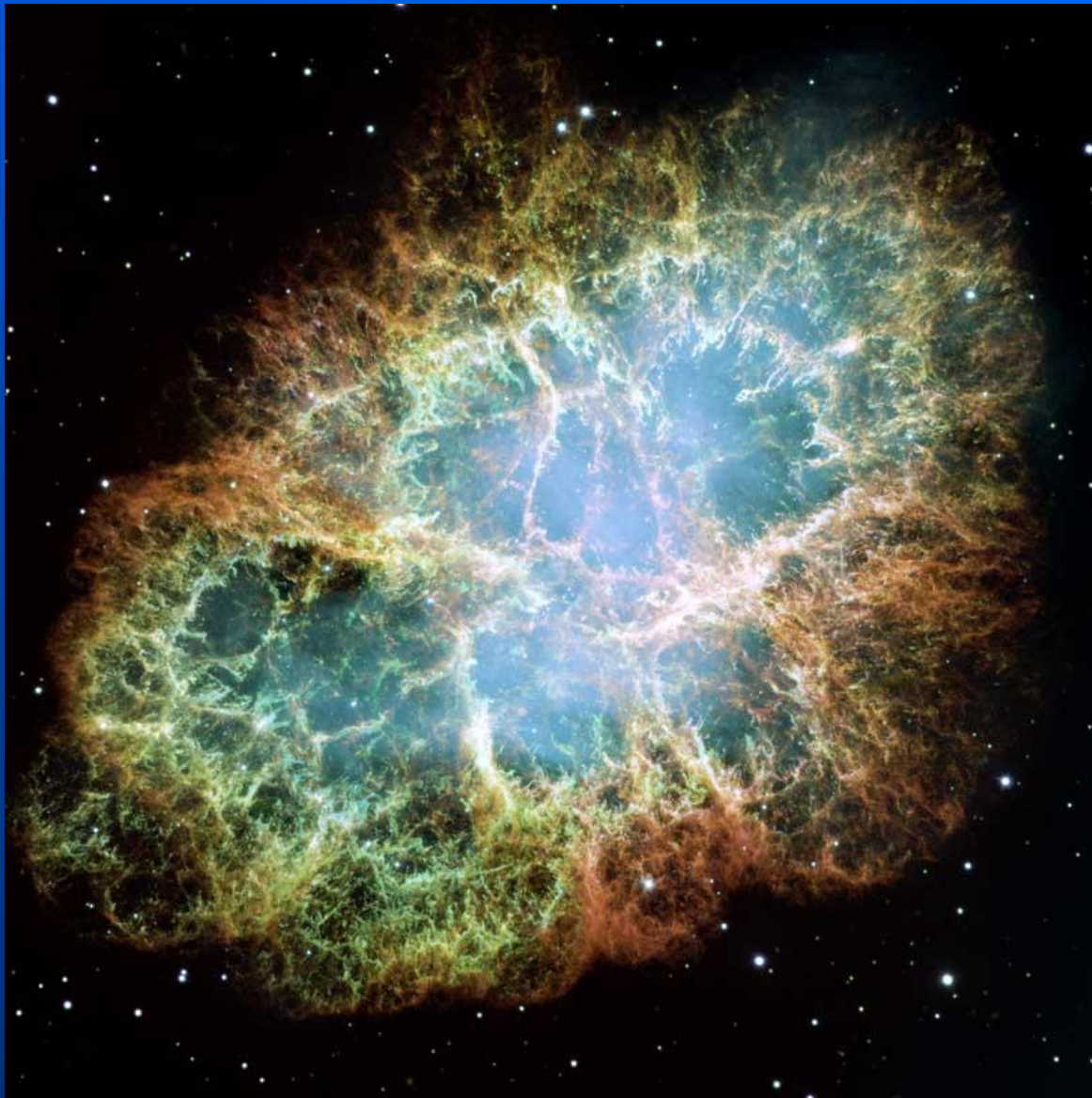
Das kosmologische Weltbild – vom einfachen Urknall zum komplexen Universum

- Gerhard Börner
 - Max-Planck-Institut für Astrophysik
 - Garching
-
- Meißen 12. 11. 2010









Crab



Andromeda Galaxie

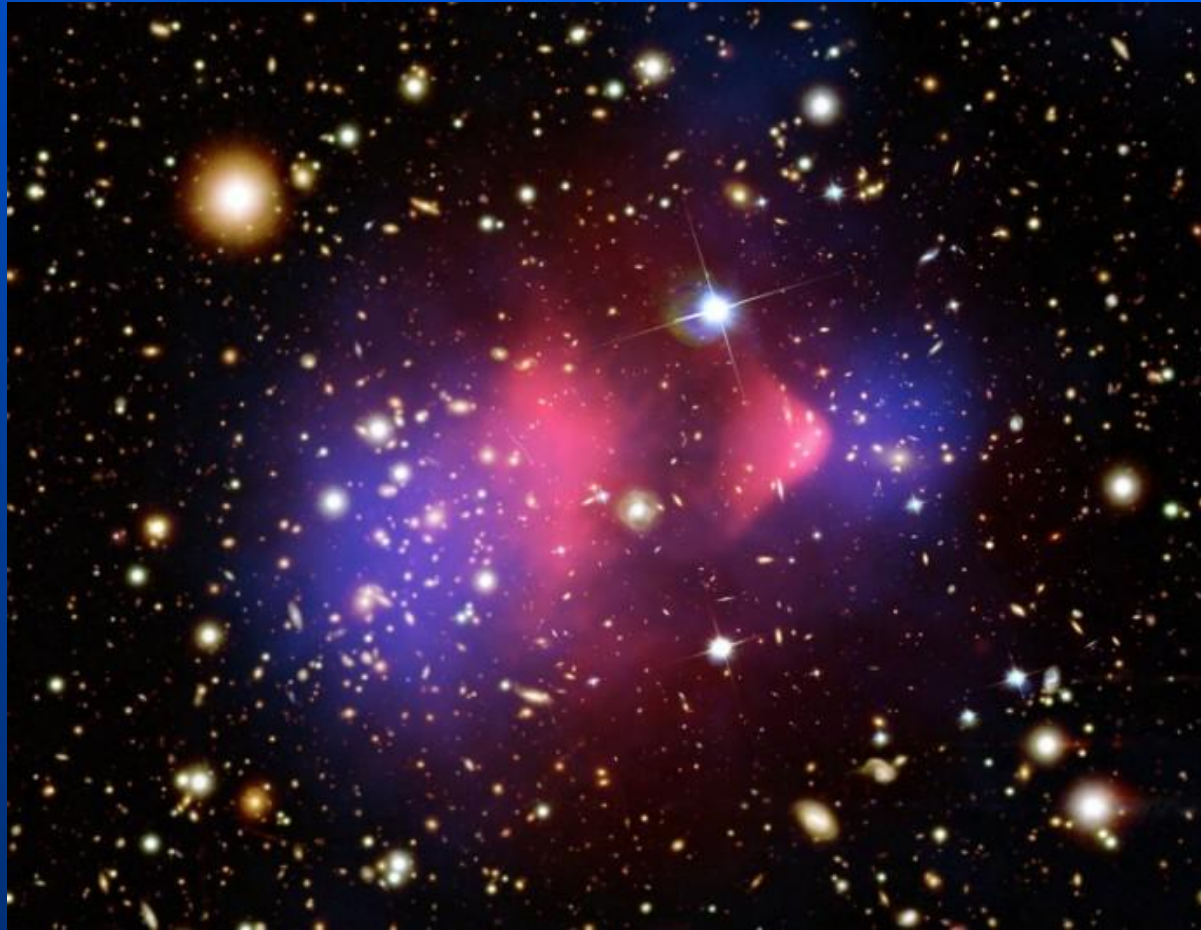


Spiralgalaxie NGC4622

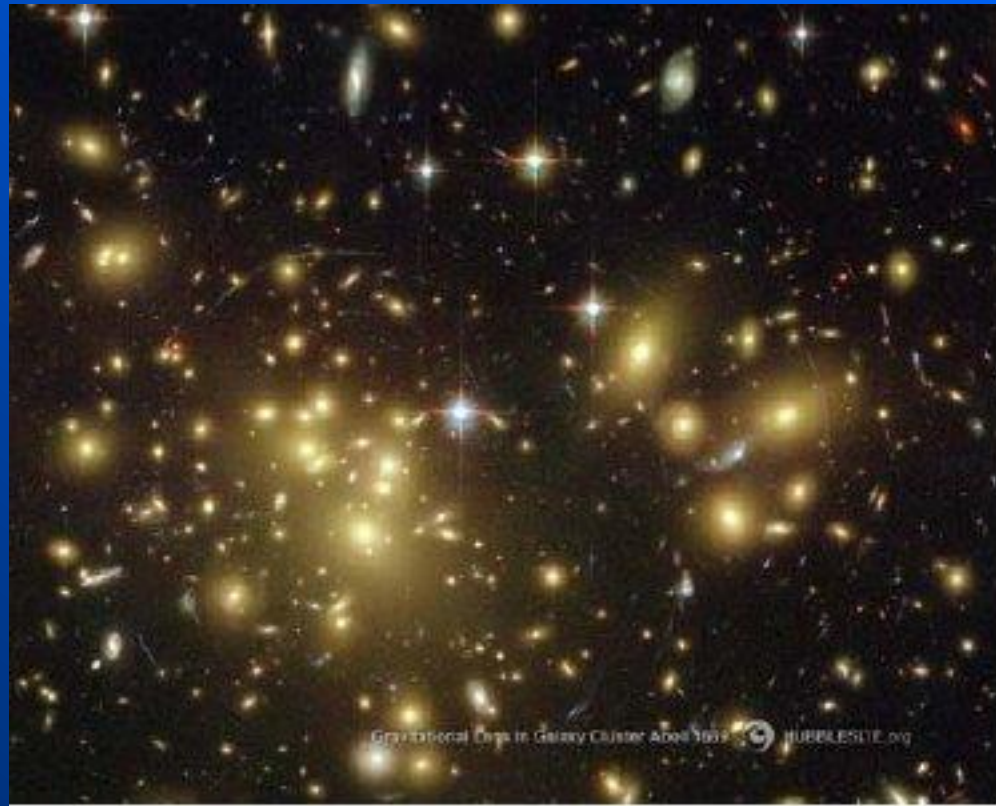


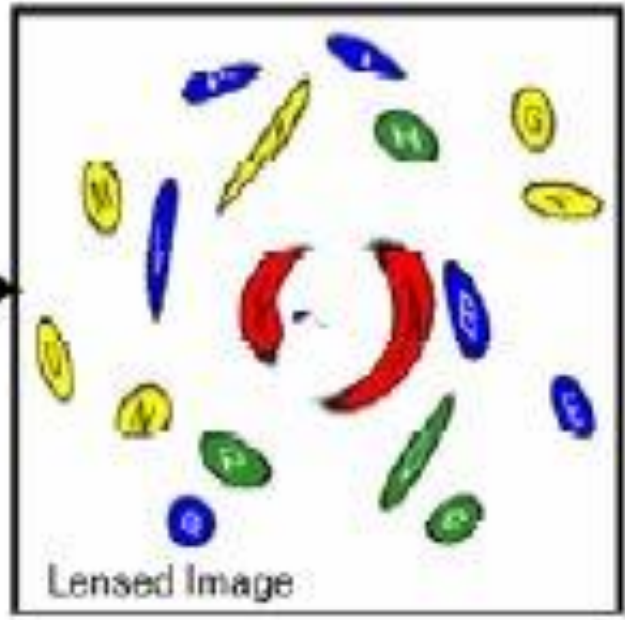
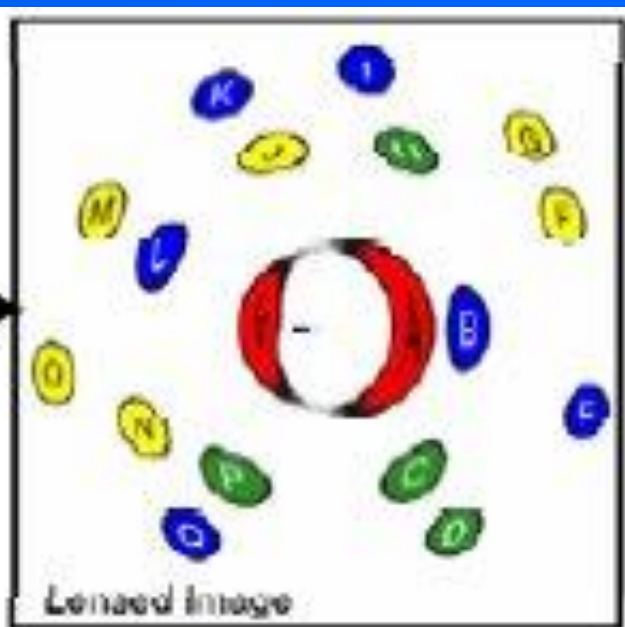
Blauer Sternenring

Bullet Cluster



Gravitational lensing







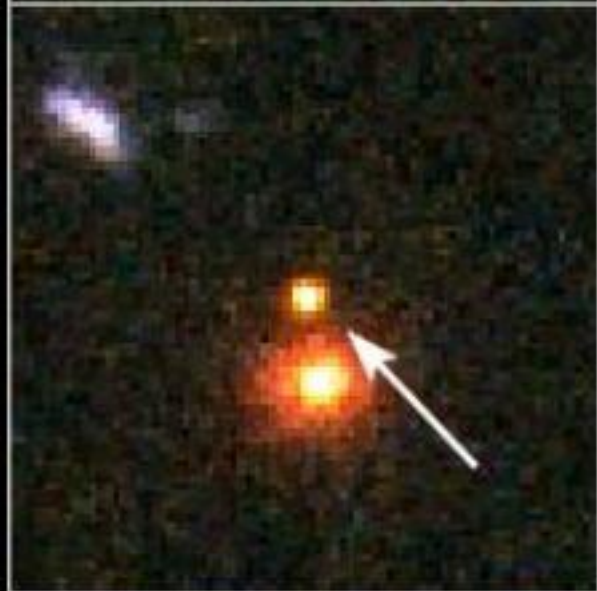
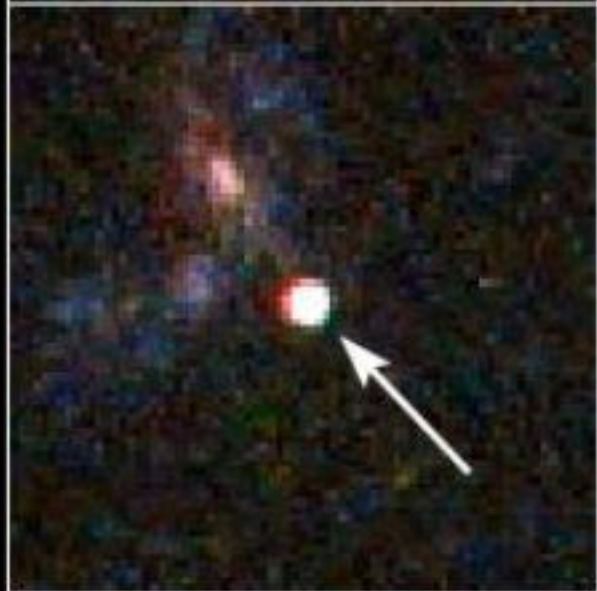
Hubble deep field, $(1')^2$, ~ 2500 Galaxien

Präzise Beobachtungen

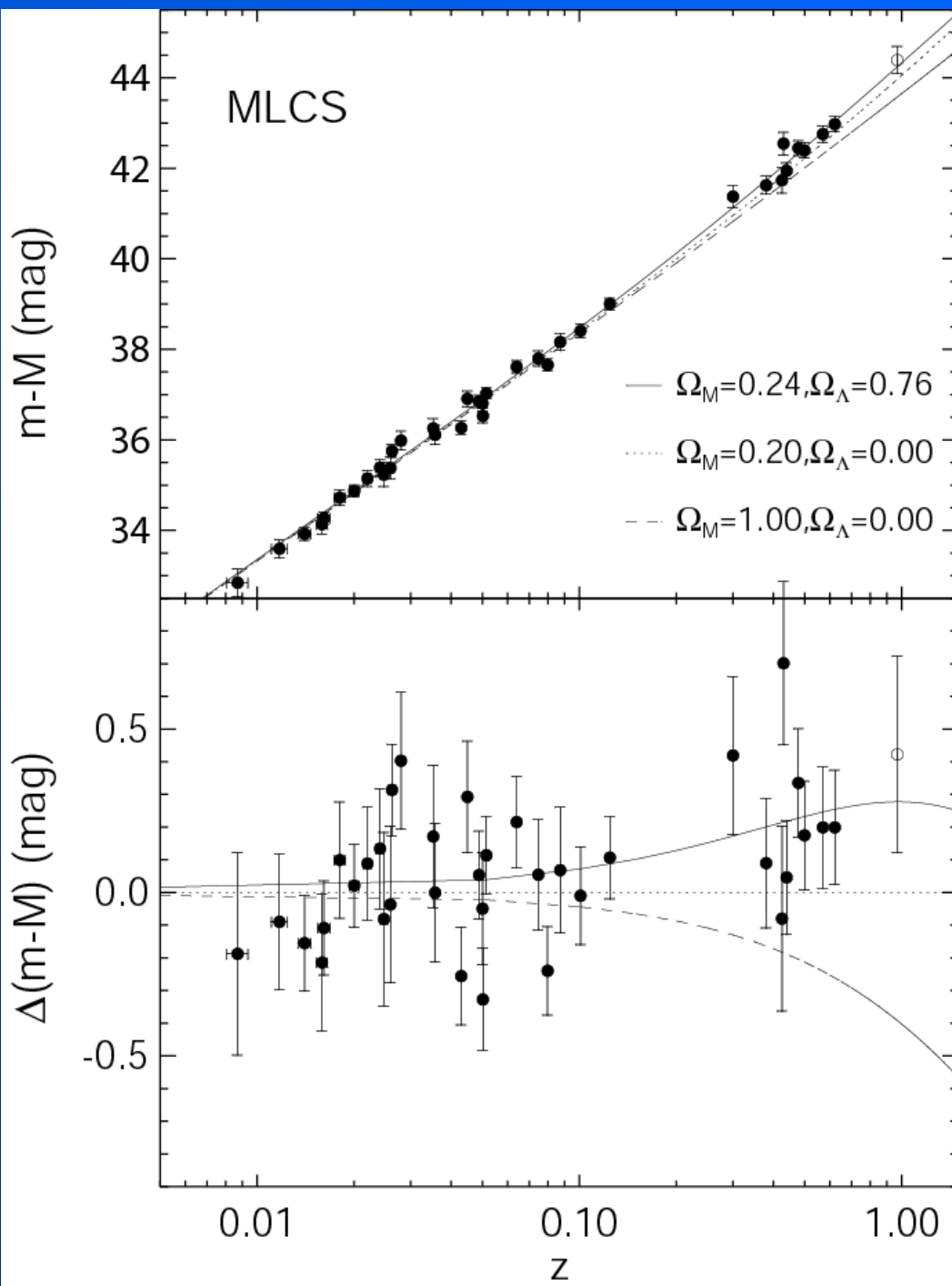
- Entfernungen durch Supernovae Ia
- Analyse der Anisotropien im Mikrowellenhintergrund (CMB)

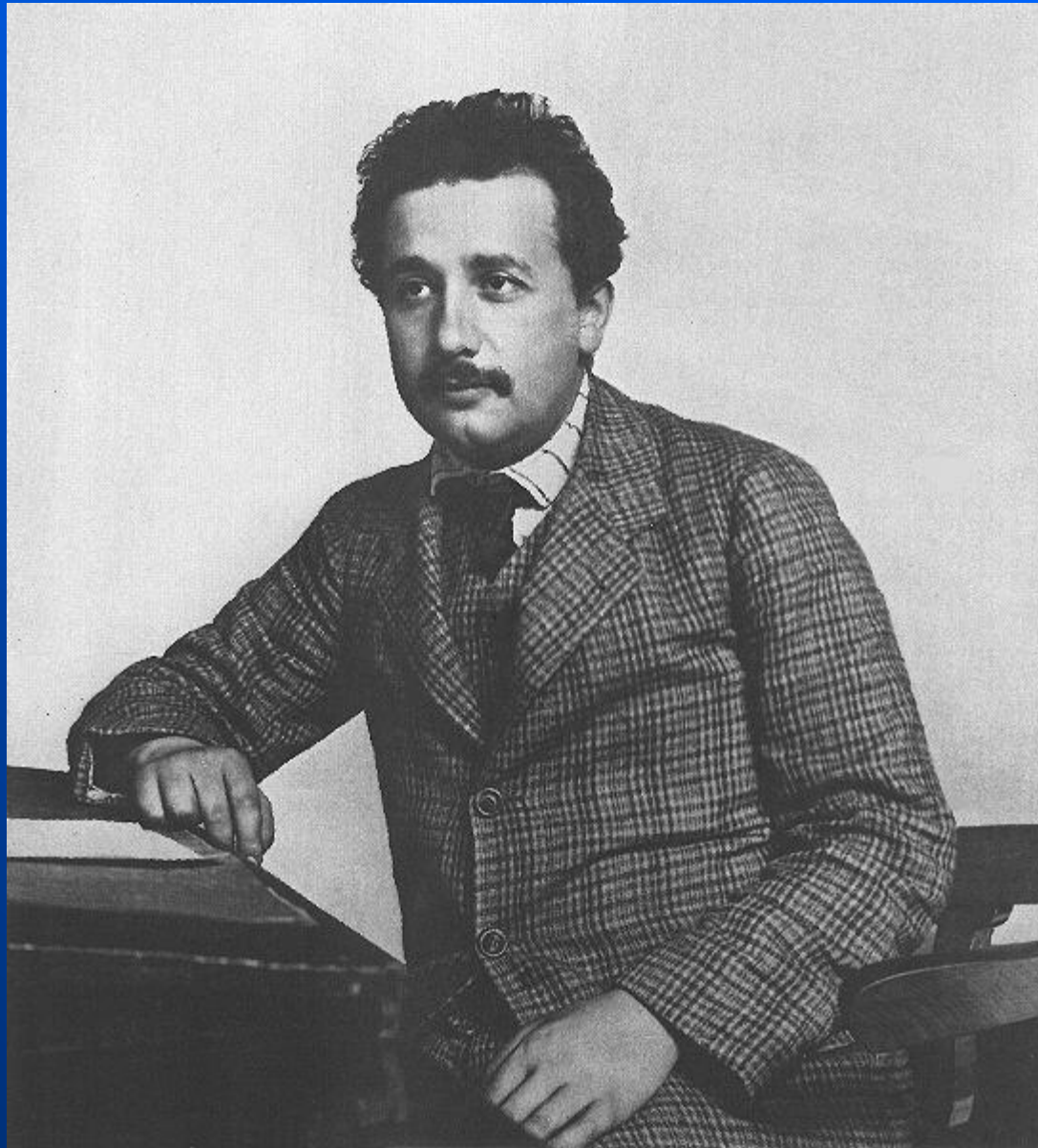
HUBBLE GESETZ

- Flucht der Spiralnebel
- $cz = H d$
- z : Rotverschiebung
- d : Entfernung
- H : Hubble Konstante
- $1/H = 13.7$ Milliarden Jahre

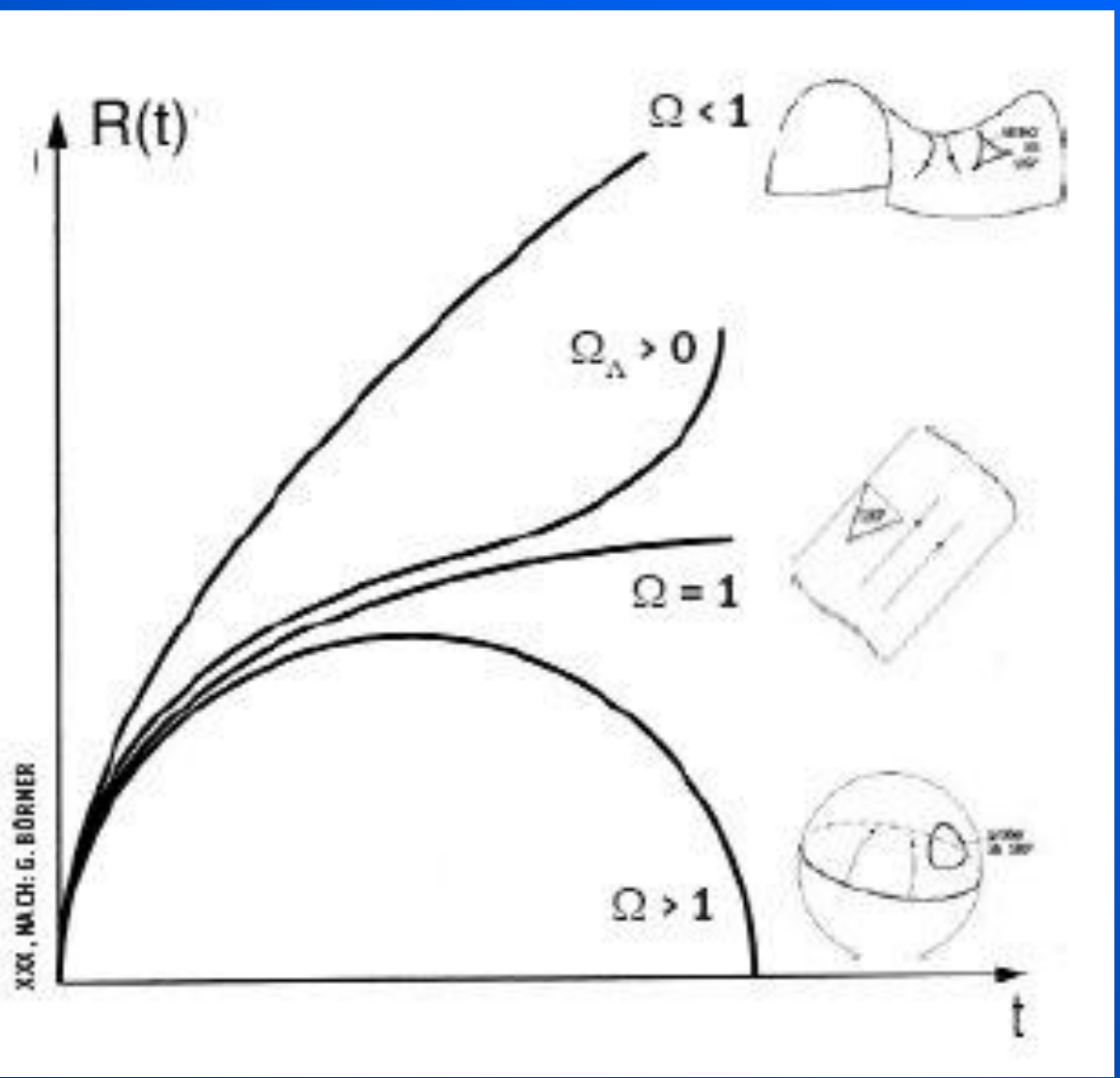


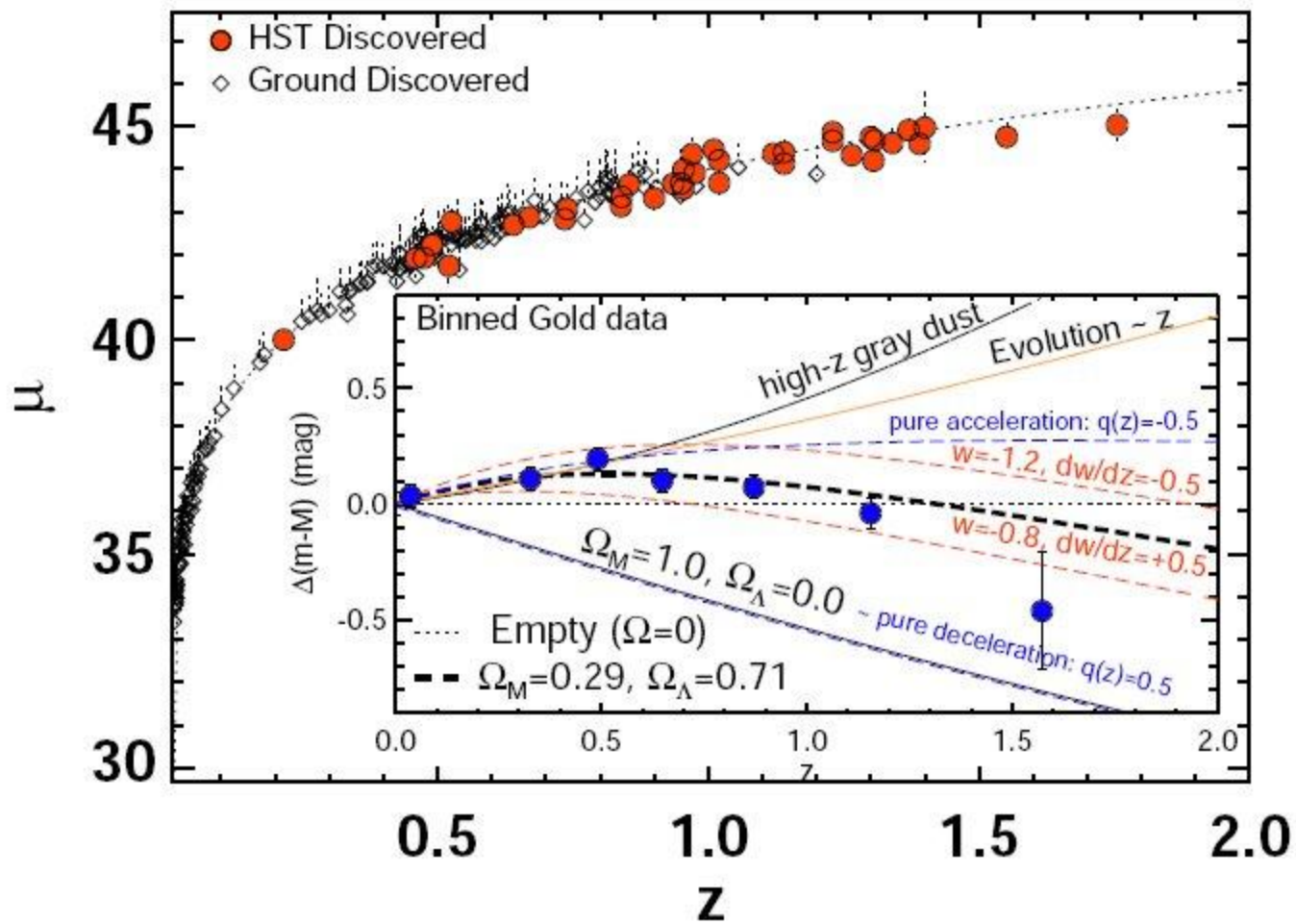
Hubble Diagram für Typ Ia Supernovae



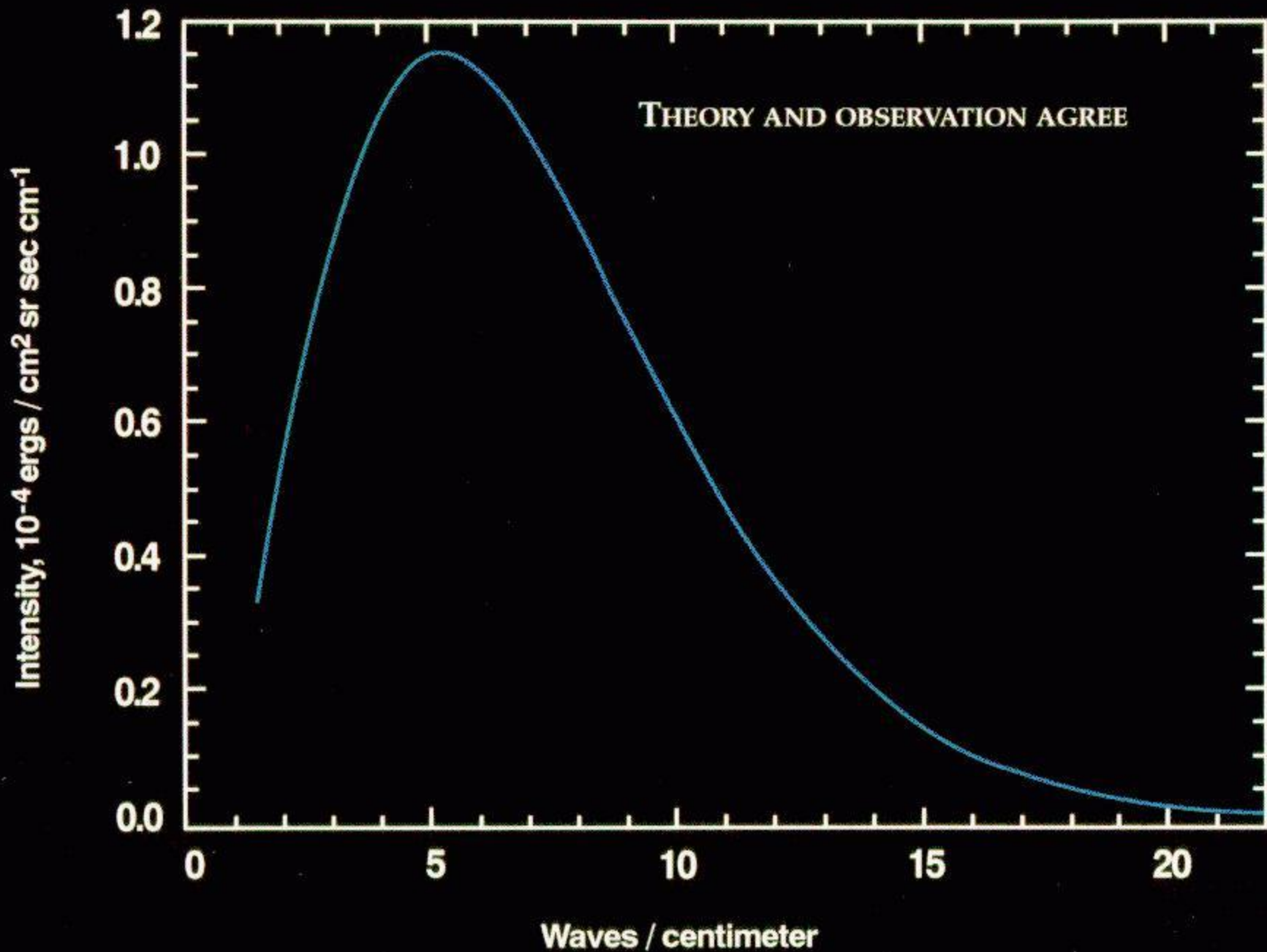


Einsteins Allgemeine Relativitätstheorie





COSMIC MICROWAVE BACKGROUND SPECTRUM FROM COBE



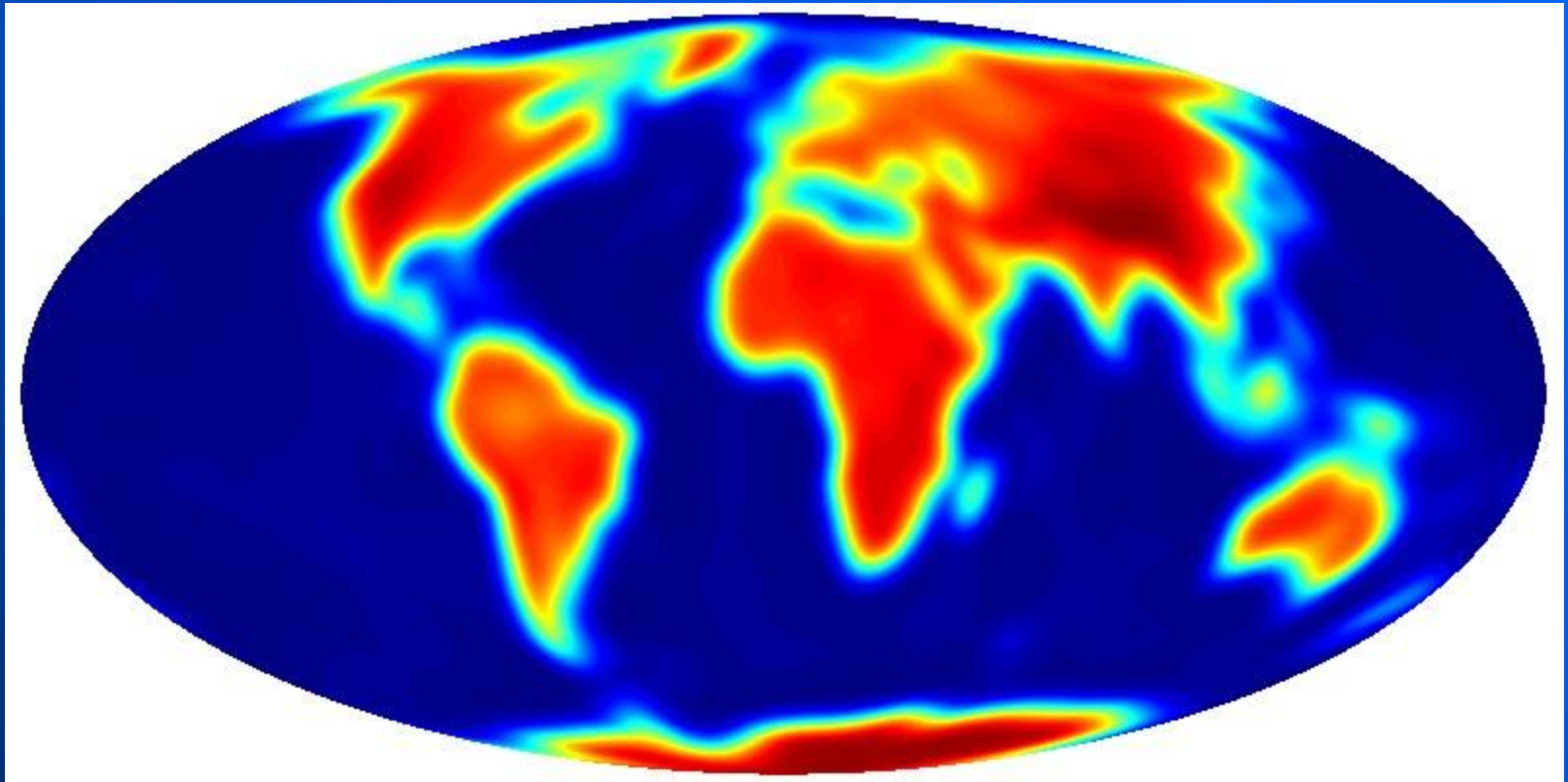
Zeitraffer—14 Milliarden Jahre in zwölf Monaten

- Die erste Sekunde: Elementarteilchen, Nukleosynthese
- 20 Minuten : Strahlung und Materie entkoppeln
- Ende Januar: erste Sterne-Kohlenstoff, Sauerstoff
- Mitte August: Bildung des Sonnensystems
- Mitte September: älteste Gesteine
- 16.12. erste Wirbeltiere
- 24.12. Saurier, erste Säugetiere
- 5 Min. Vor zwölf: Neanderthaler
- 6 Sekunden vor zwölf: Jesus Christus
- ½ Sekunde vor zwölf: technisches Zeitalter

Anisotropien des CMB

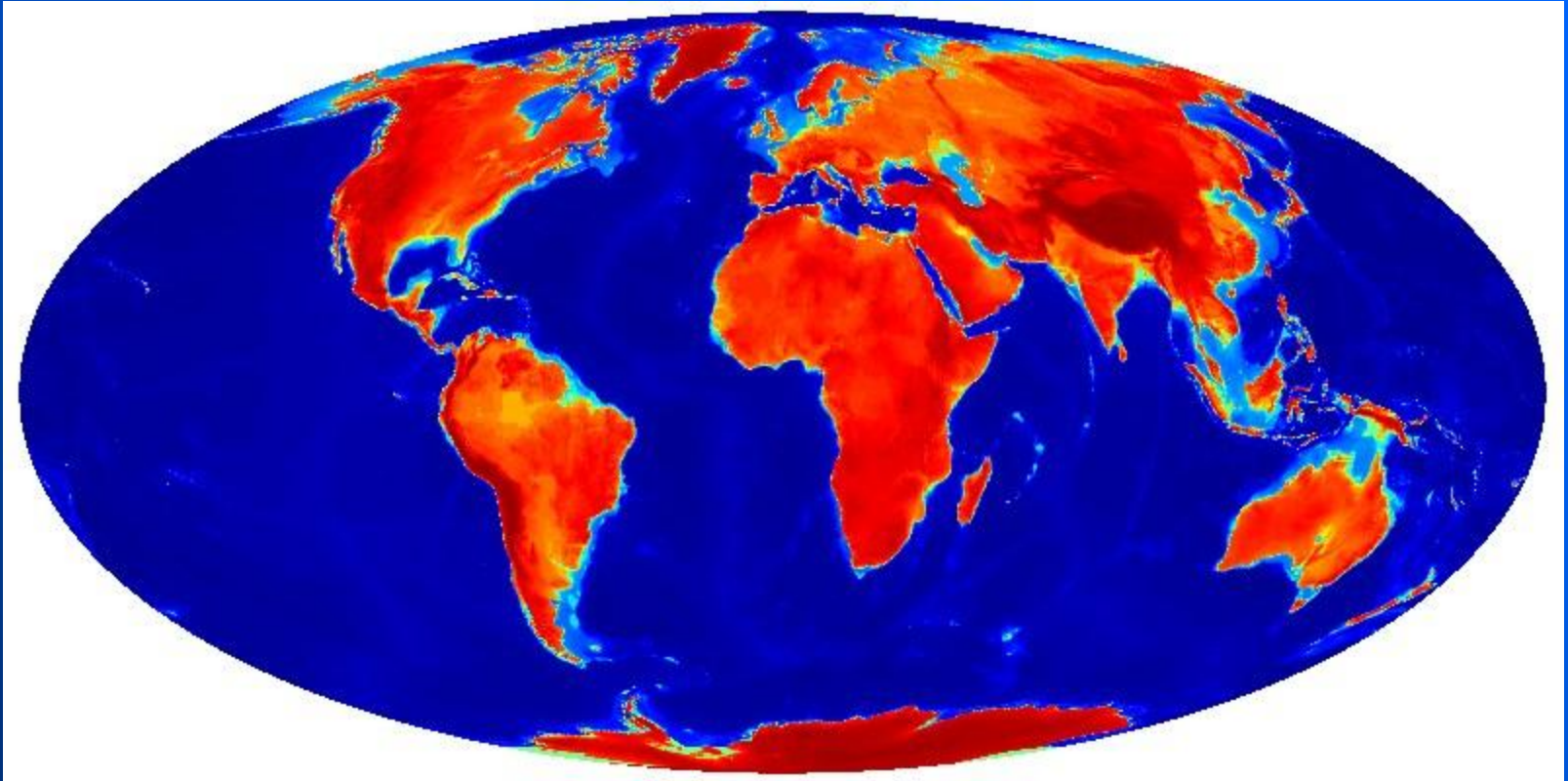
- Temperaturschwankungen etwa 0,00003 Kelvin
- Relative Amplitude 0,00001

Winkelaufloesung

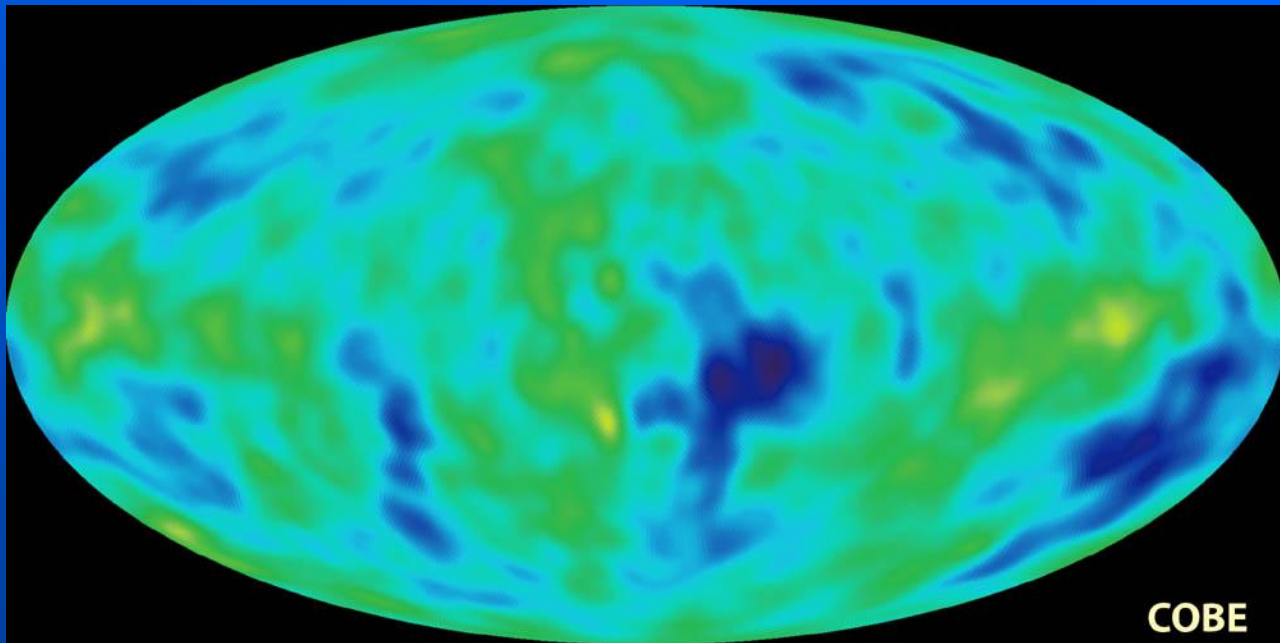


COBE

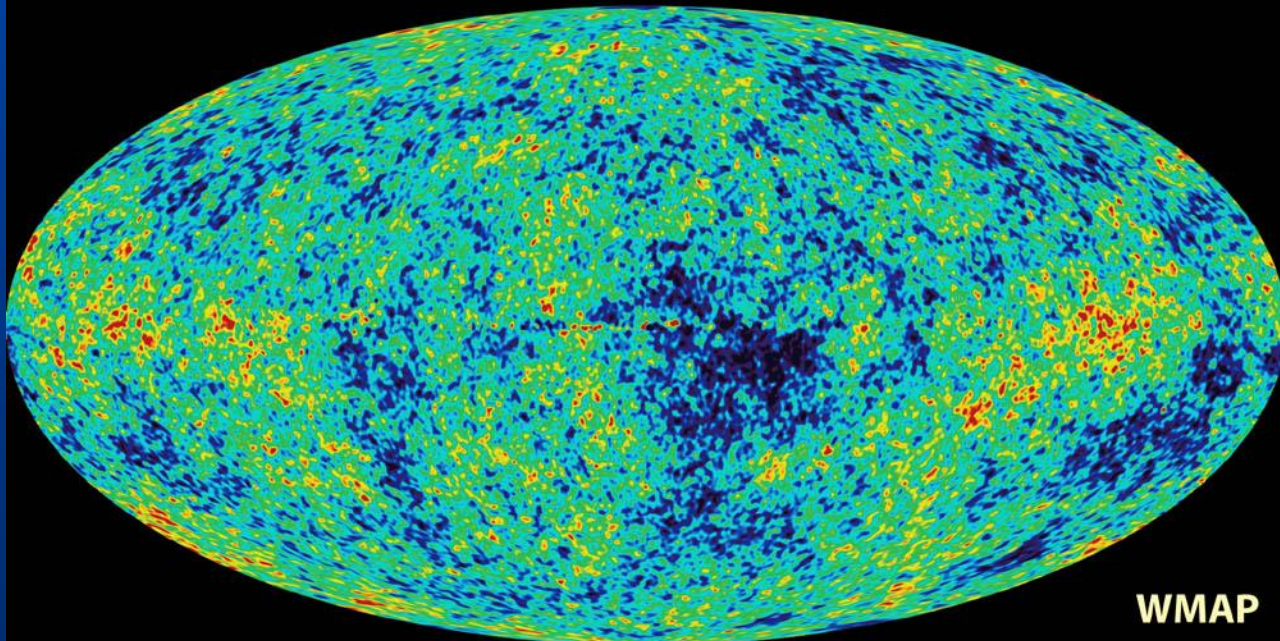
Winkelauflösung



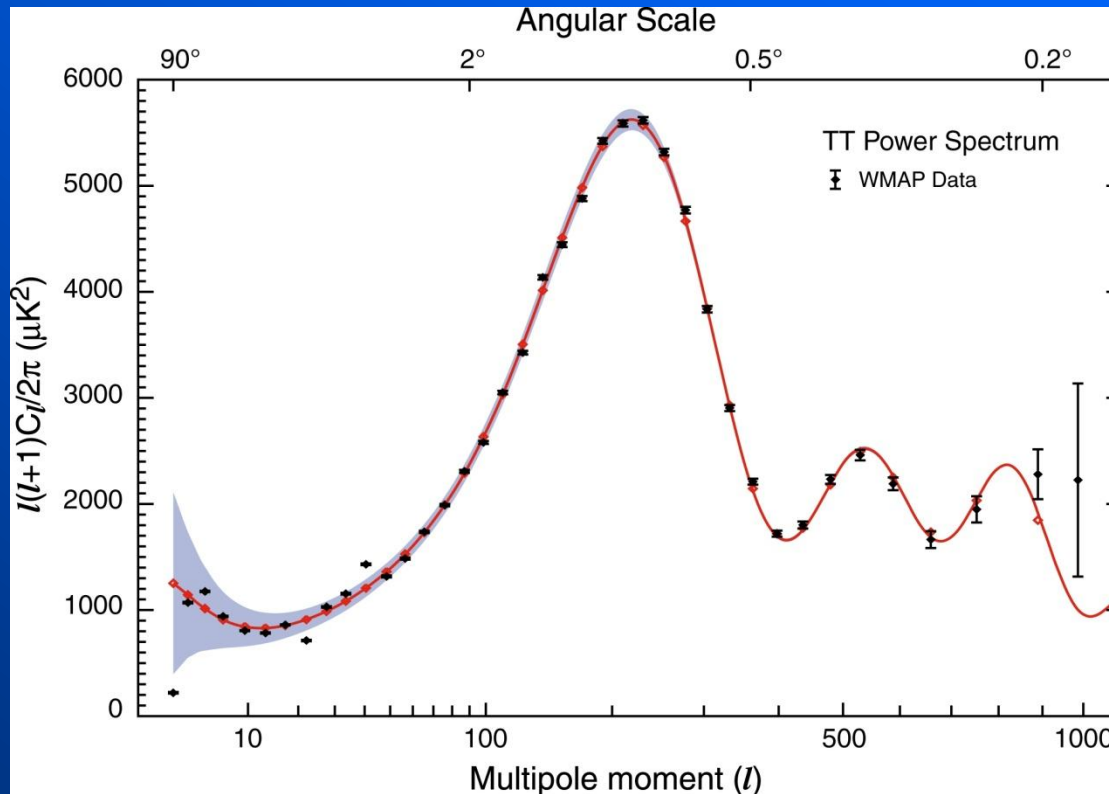
WMAP



COBE



WMAP



Leistungsspektrum der CMB Anisotropien

Nach 7 Jahren WMAP

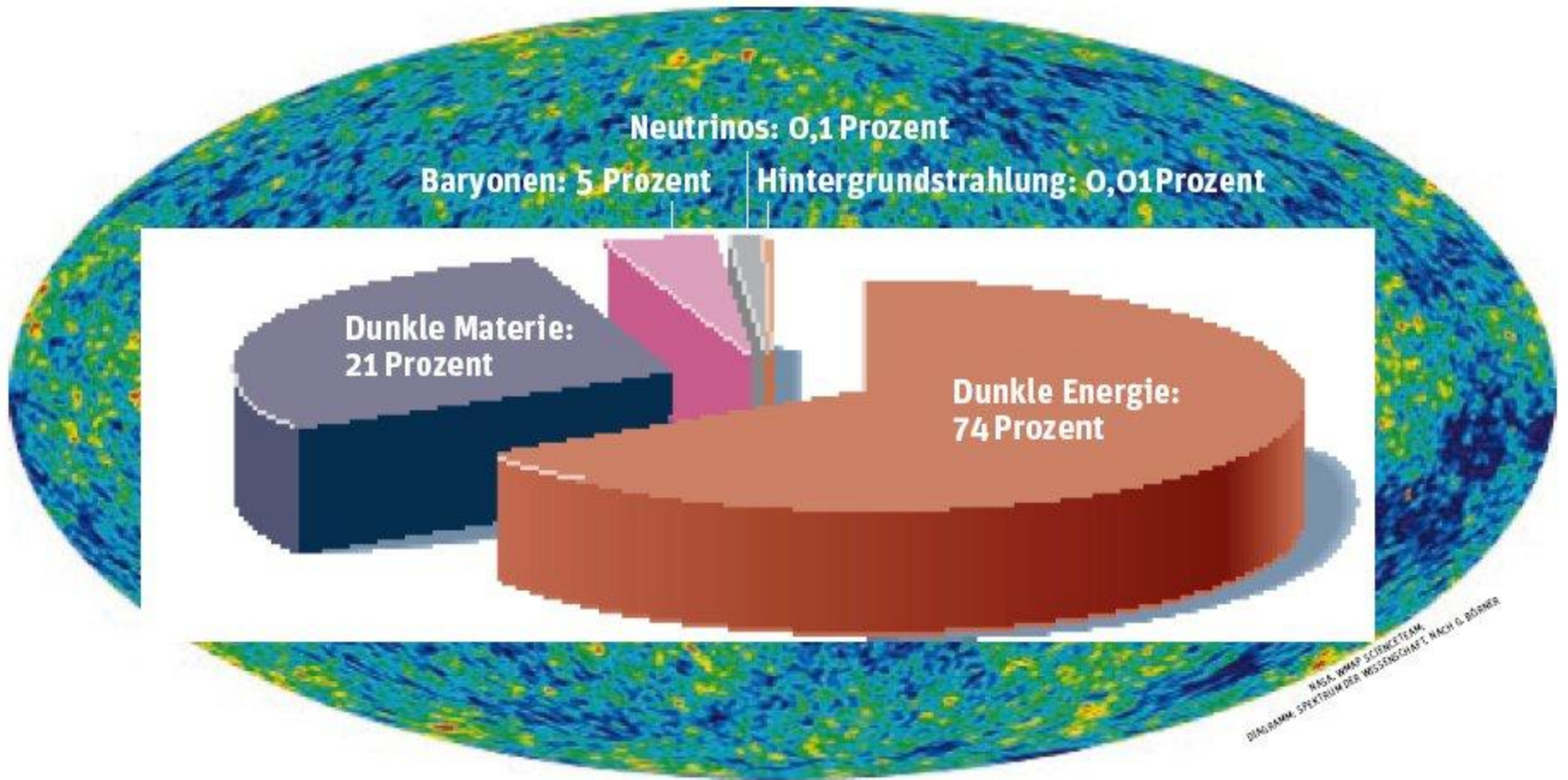
- Gesamtdichte 1.00
- Baryonen 0.044
- Dunkle Materie 0.214
- Dunkle Energie 0.742

(im Verhältnis zur kritischen Dichte)

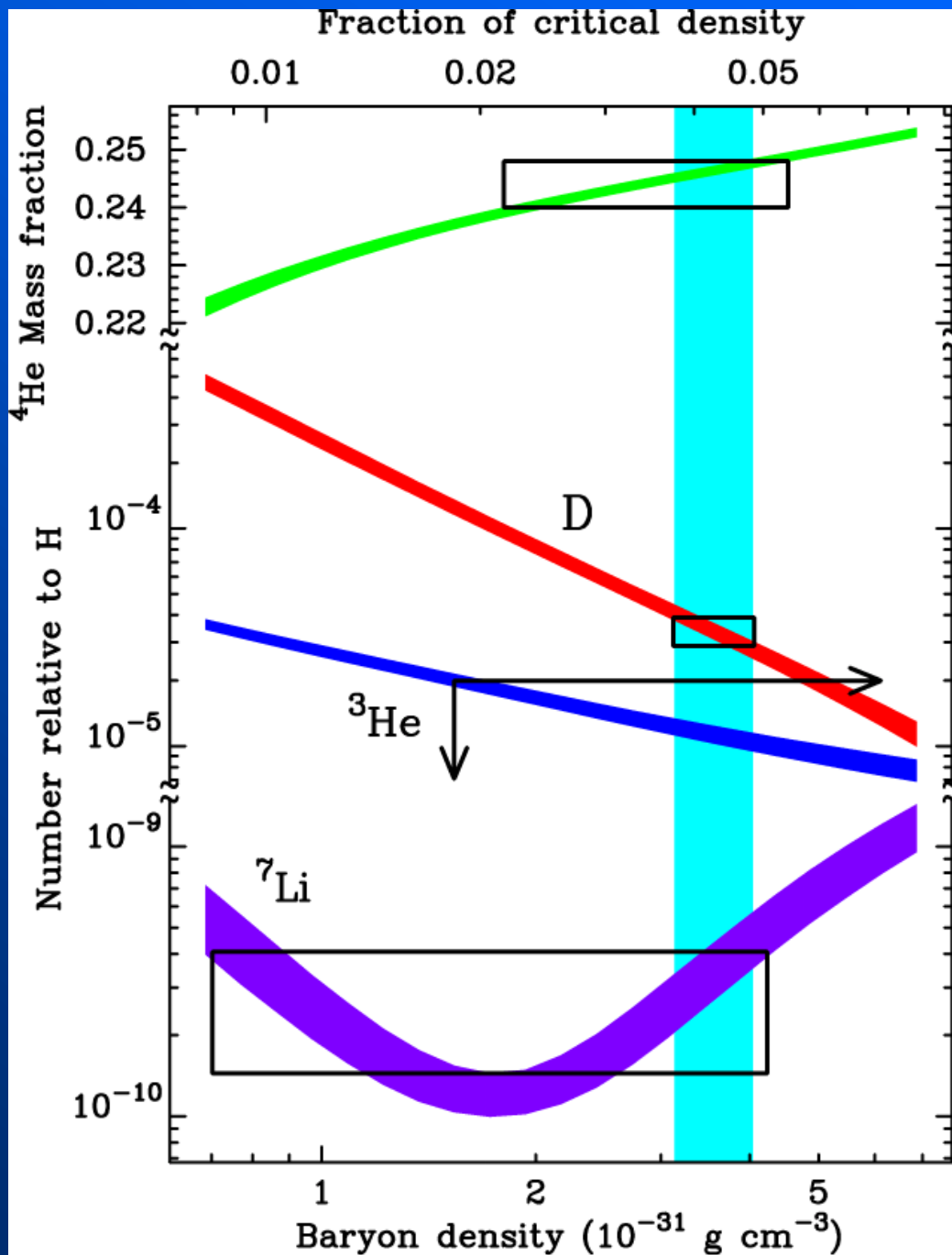
Hubble Konstante 70 km/sek/Mpc

WMAP Resultate

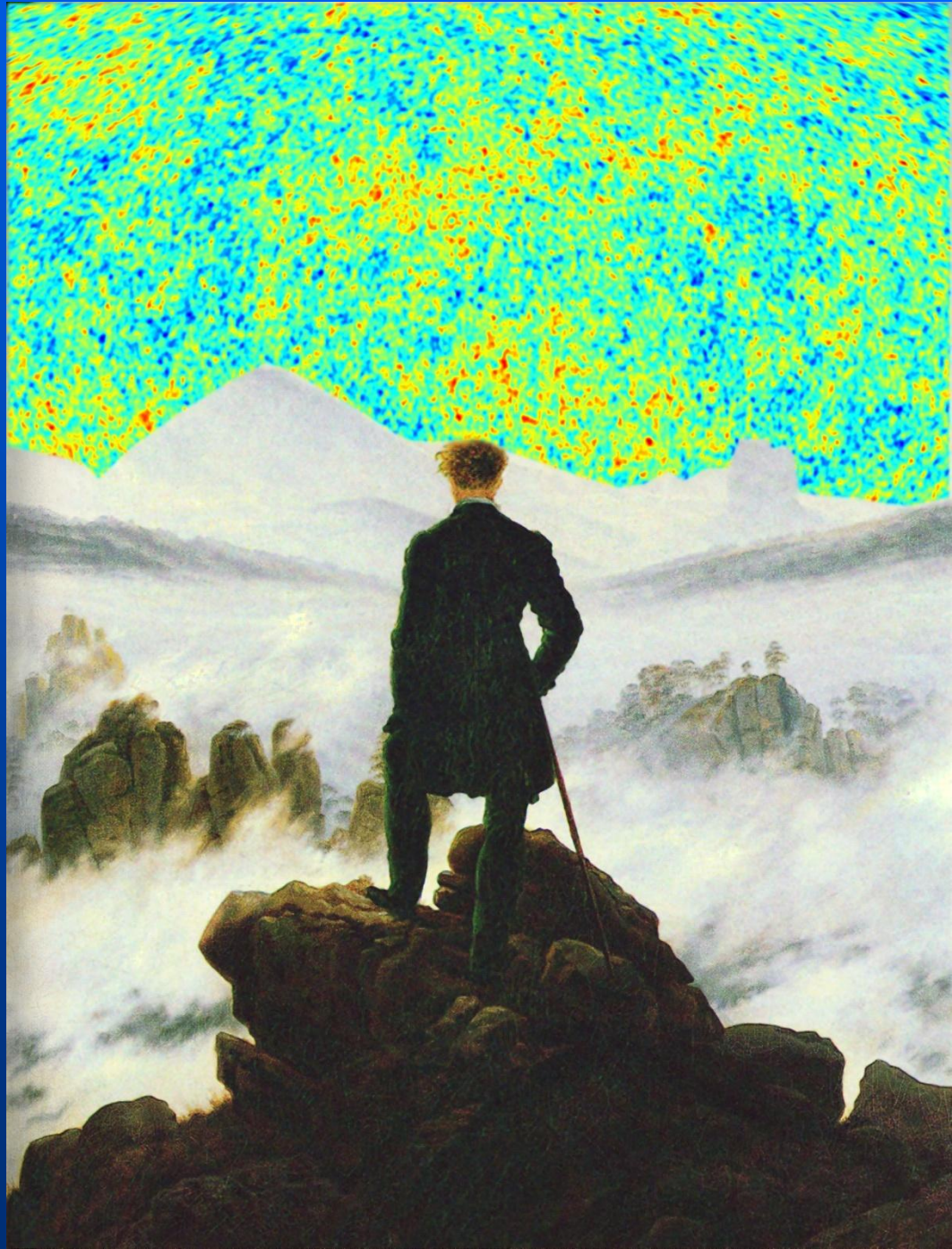
- Gesamtdichte gleich kritischer Dichte
- Raumkrümmung gleich Null
- Euklidische Geometrie des Raumes

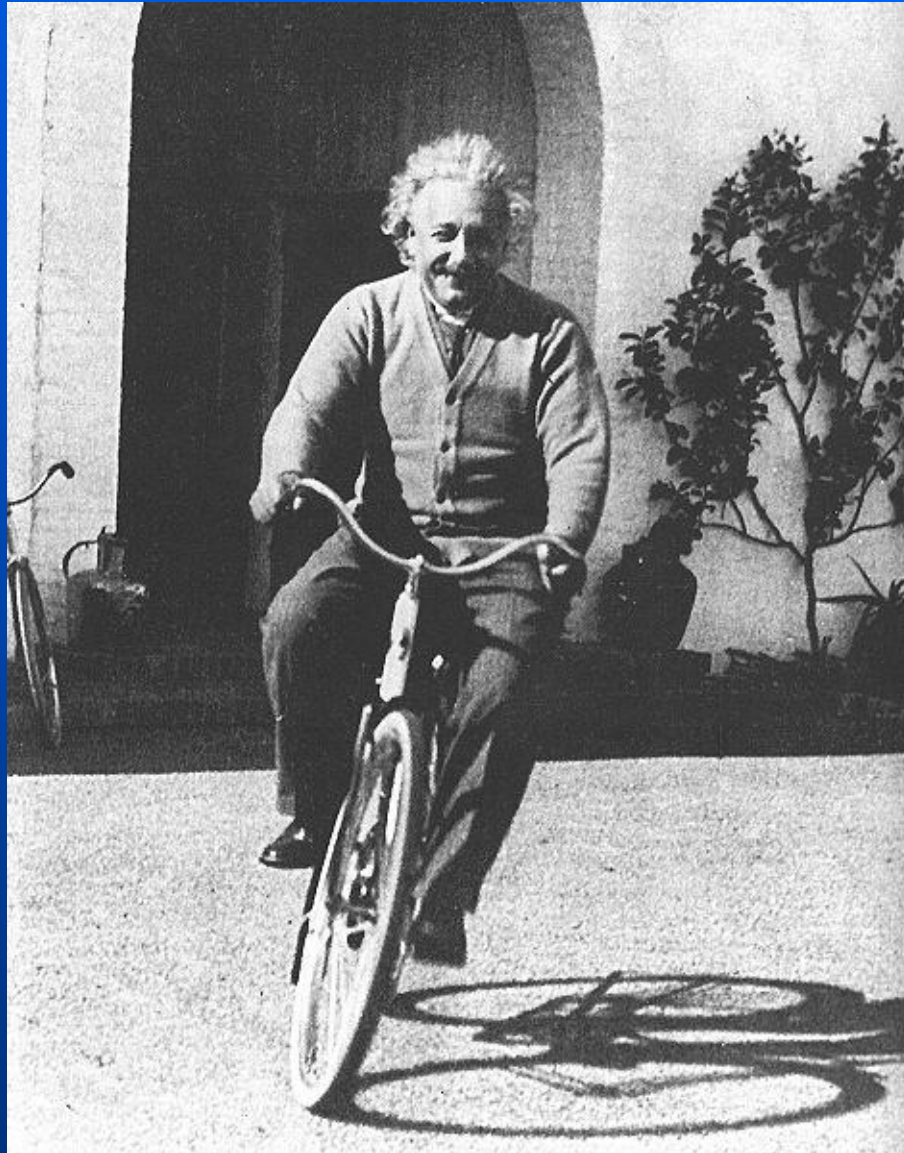


NASA-WMAP SCIENCE TEAM
DIAGRAMM: SPEKTRUM DER WISSENSCHAFT NACH G. BÖHNER



Häufigkeit der
leichten Elemente





Unbekannte Komponenten

- Dunkle Materie
- Unbekanntes Elementarteilchen
- Dichte nimmt ab bei Expansion des Kosmos
- Dunkle Energie
- Feldenergie?
Vakuumenergie?
Energie des leeren Raumes?
- Dichte bleibt unverändert bei Expansion des Kosmos

Was ist die dunkle Materie?

Was ist die dunkle Energie?

Dunkle Materie

- Elementarteilchen mit schwacher Wechselwirkung
- Im wesentlichen nur Gravitation
- Kandidaten: leichteste supersymmetrische Teilchen, „Neutralinos“, mit mehrfacher Masse des Protons
- Bisher noch kein experimenteller Nachweis

Dunkle Energie

- Vakuumenergie in Elementarteilchentheorien
- Etwa 120 Zehnerpotenzen zu groß!
- Hat DE etwas zu tun mit Feldenergien?

Dunkle Energie

Equation of state

$$w = p/\rho$$

$w = -1$ entspricht der kosmologischen Konstanten

$-1.06 < w < -0.90$ Legacy supernova survey

Was bedeutet das alles?

- Am Anfang war die Welt anders
- Kosmische Evolution – aus heißem Gas entstehen Sterne, Galaxien, Planeten, Leben
- Wir sind nach denselben Bauplänen entstanden
- Wir sind Sternenstaub—alle schweren Elemente wie Sauerstoff, Kohlenstoff, etc. wurden im Innern von Sternen geformt
- Auch am Ende wird die Welt anders aussehen