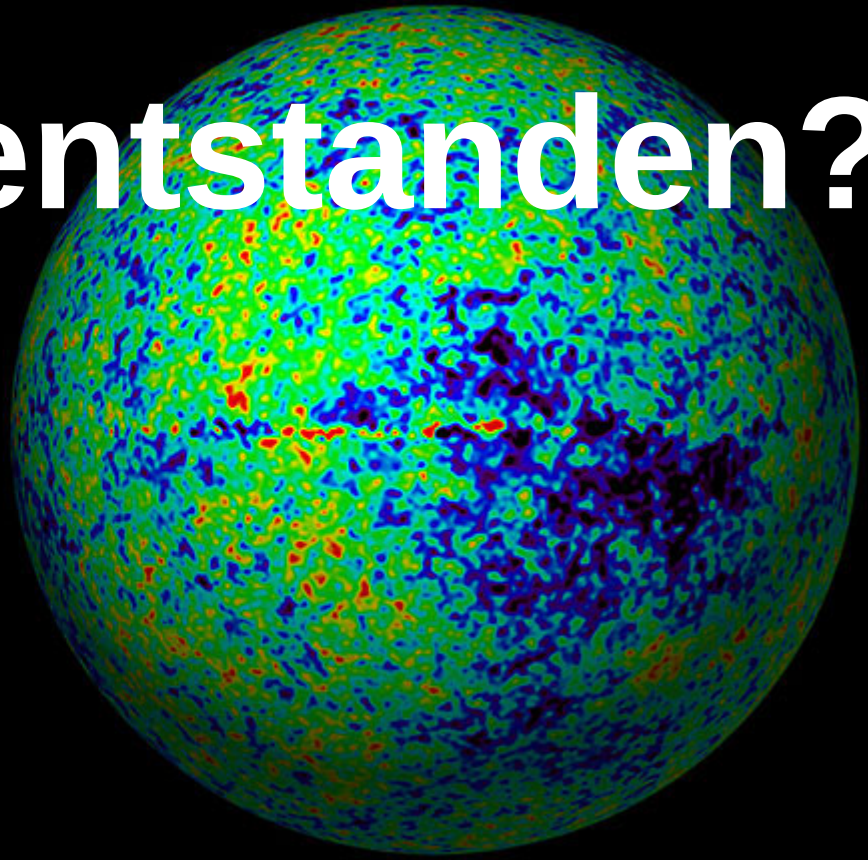
Wie (und nicht warum) ist die Welt entstanden?



Andreas Müller
MPI für extraterrestrische Physik
Garching

08. Februar 2007
Evangelisches Bildungswerk Feldkirchen

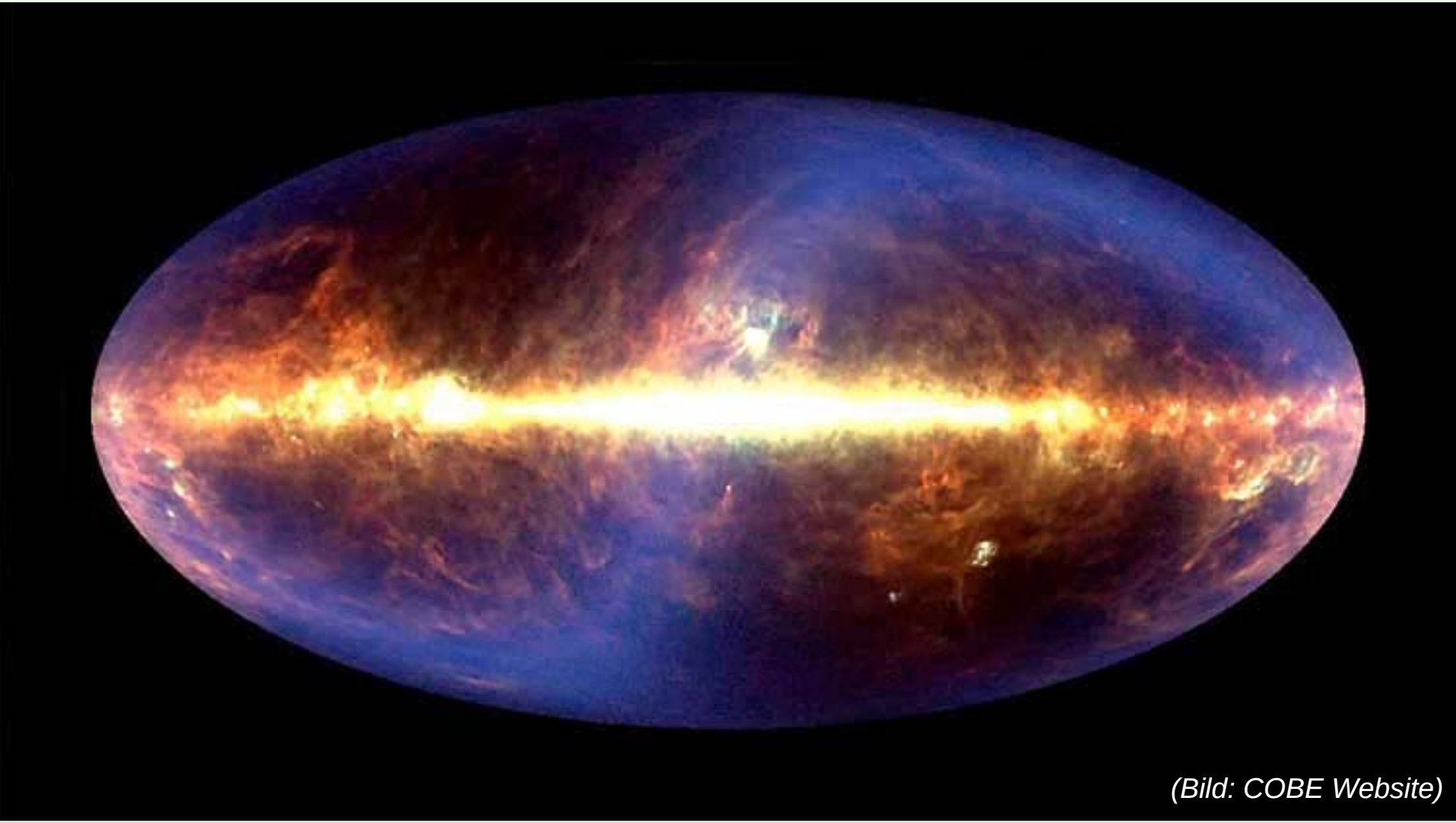
Übersicht

- Eine Zeitreise an den Anfang
- Zeugen des Urknalls
- Dynamischer Kosmos
- Rotverschiebung
- Das kosmologische Standardmodell
- Entstehung der Elemente
- Sterne und Leben
- Anregungen zur Diskussion

Eine Zeitreise an den Anfang

Die Milchstraße

Wärmestrahlung am ganzen Himmel

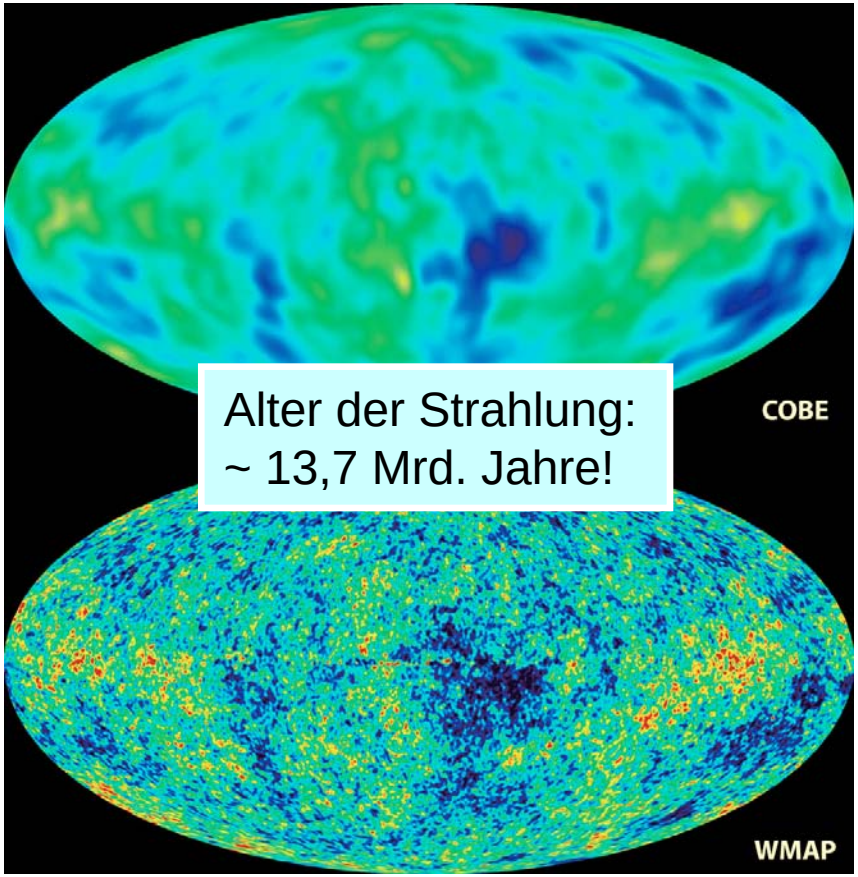


(Bild: COBE Website)

Andreas Müller http://www.mpe.mpg.de/~amueller
Max-Planck-Institut für extraterrestrische Physik, Garching

Zeuge 1: kosmische Hintergrundstrahlung

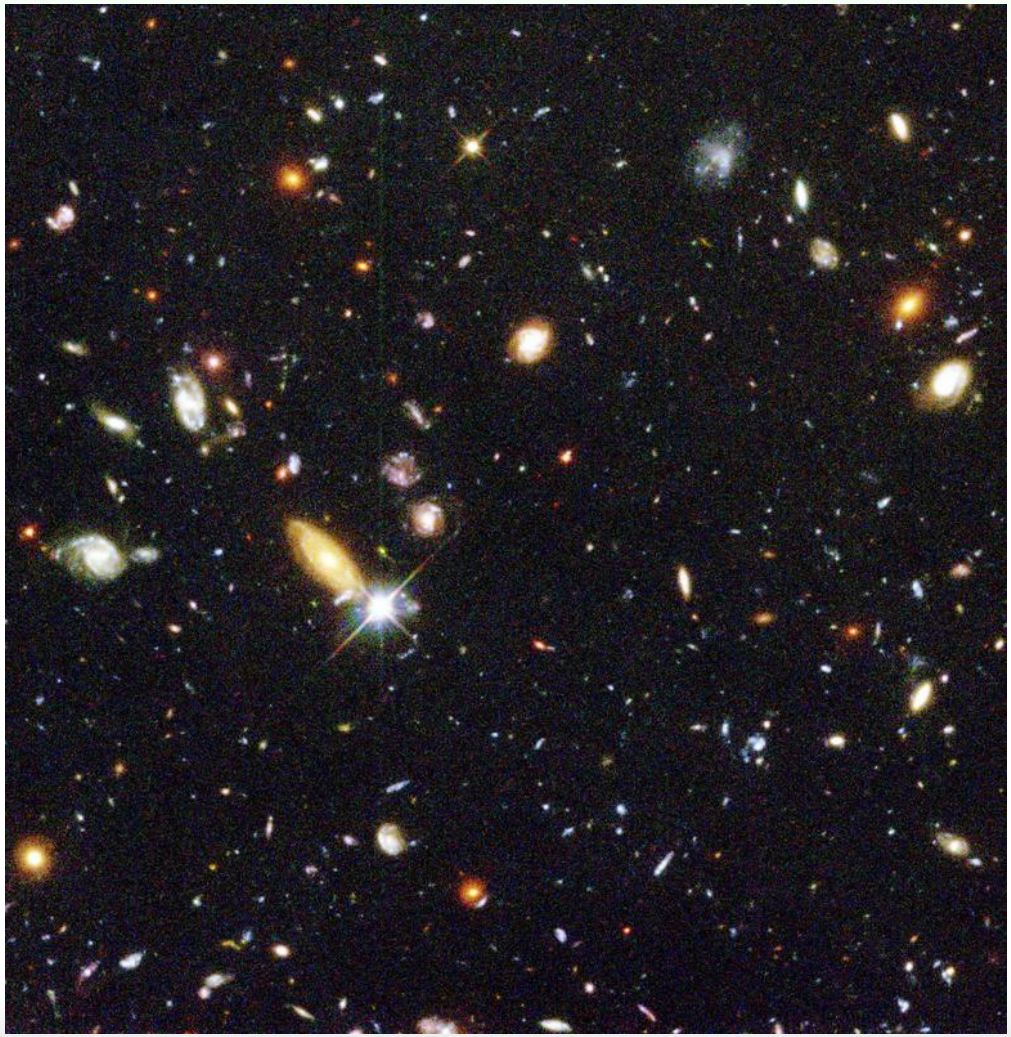
- Gamov: Vorhersage 1948.
  Wärmestrahlung als Relikt des frühen, heißen Universums
- Penzias & Wilson: Entdeckung 1965. (Nobelpreis 1978)
- COBE-Team: Entdeckung der Anisotropien 1989/90. (Nobelpreis 2006 für Mather und Smoot)



Alter der Strahlung:
~ 13,7 Mrd. Jahre!

(Bild: WMAP Website)

Tiefenfeldbeobachtungen

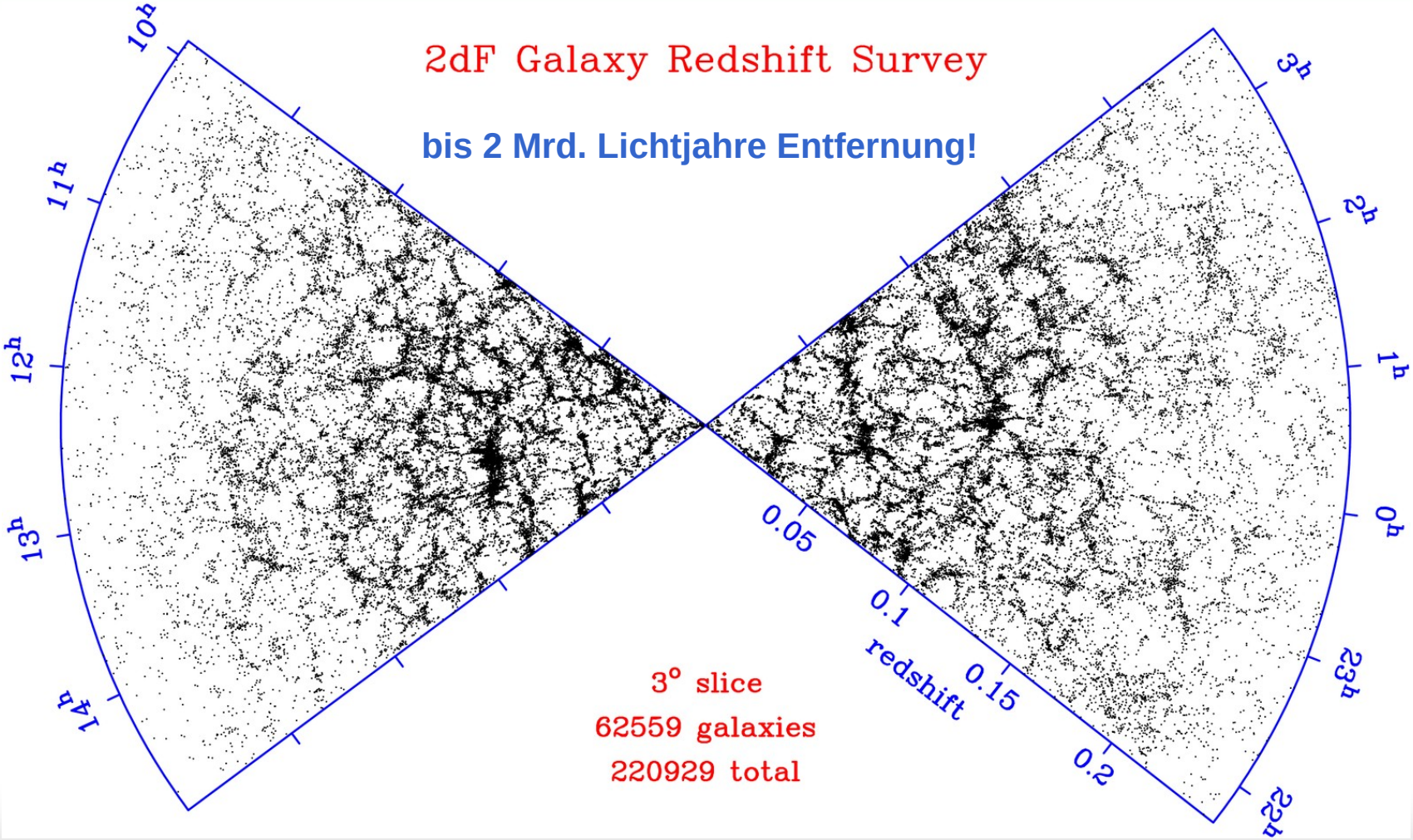


Hubble Deep Field North im Großen Bären:

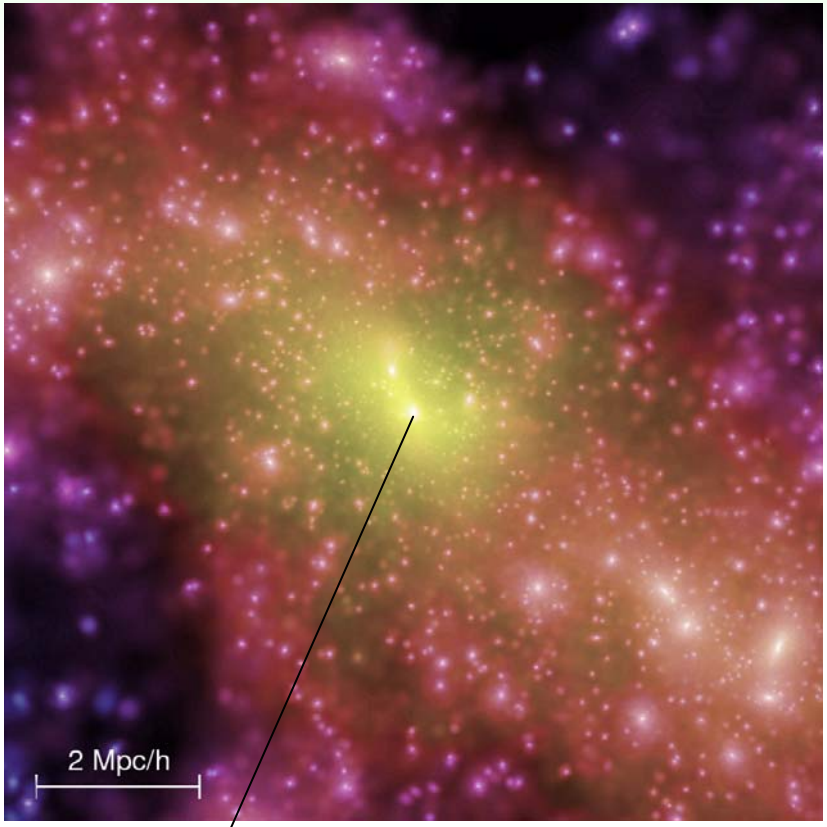
- optisch
- 10 Nächte
- 276 Einzelbilder

(Bild: HST, NASA 1996)

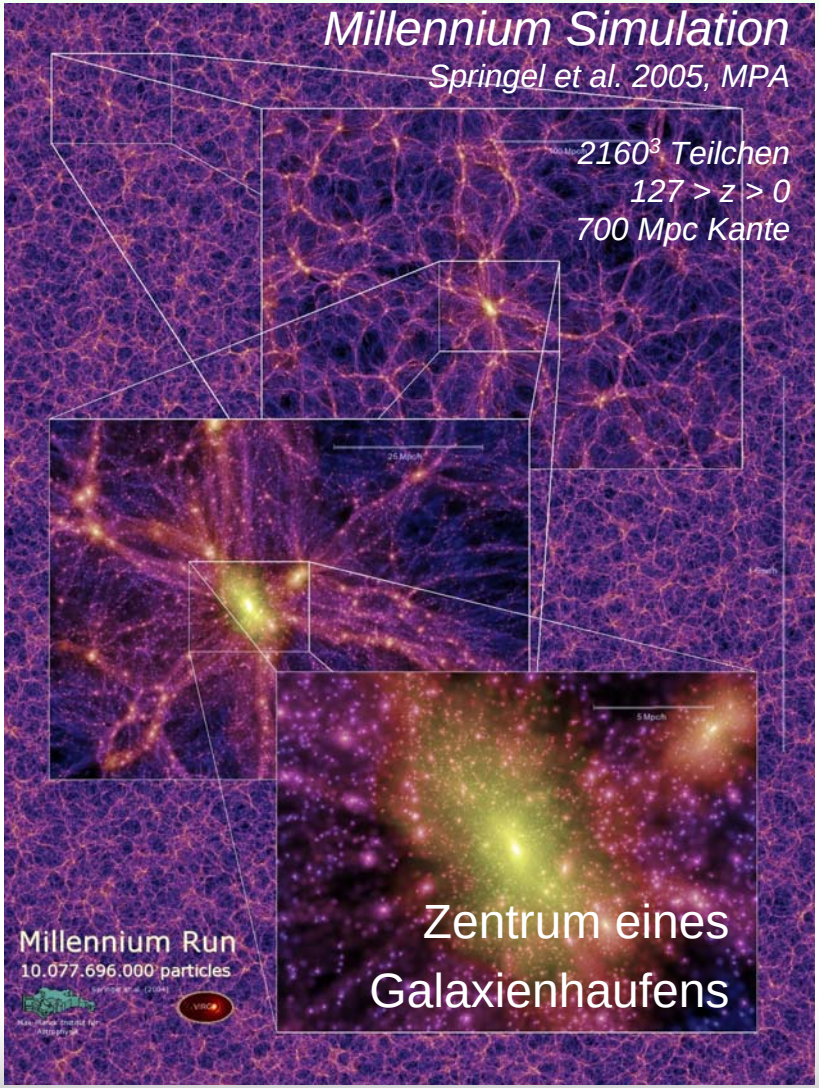
Zeuge 2: Großräumige Galaxienerteilung



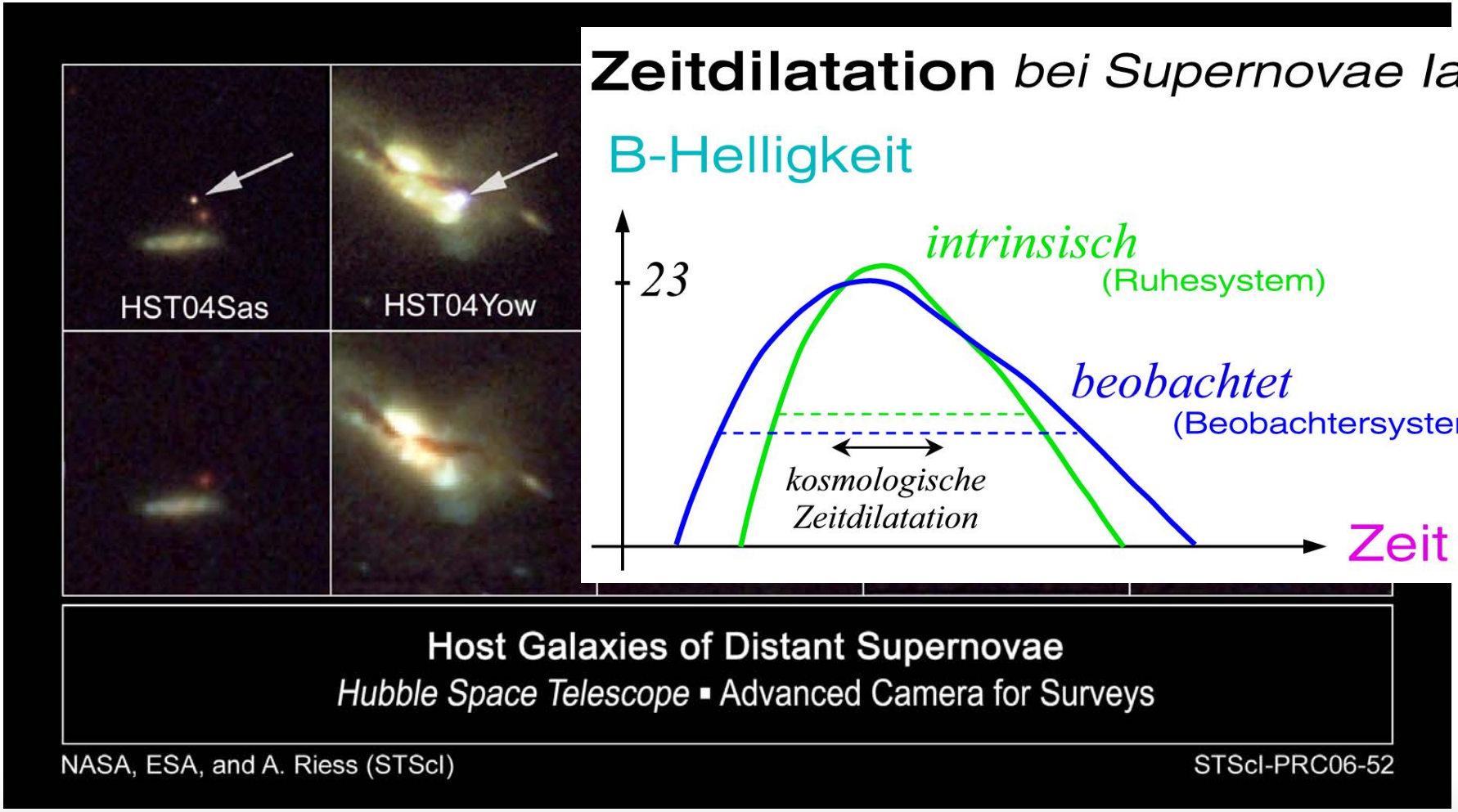
Strukturbildung im Kosmos



schwerste der supermassereichen Schwarzen Löcher mit etwa **10 Mrd. Sonnenmassen**



Zeuge 3: Entfernte Sternexplosionen

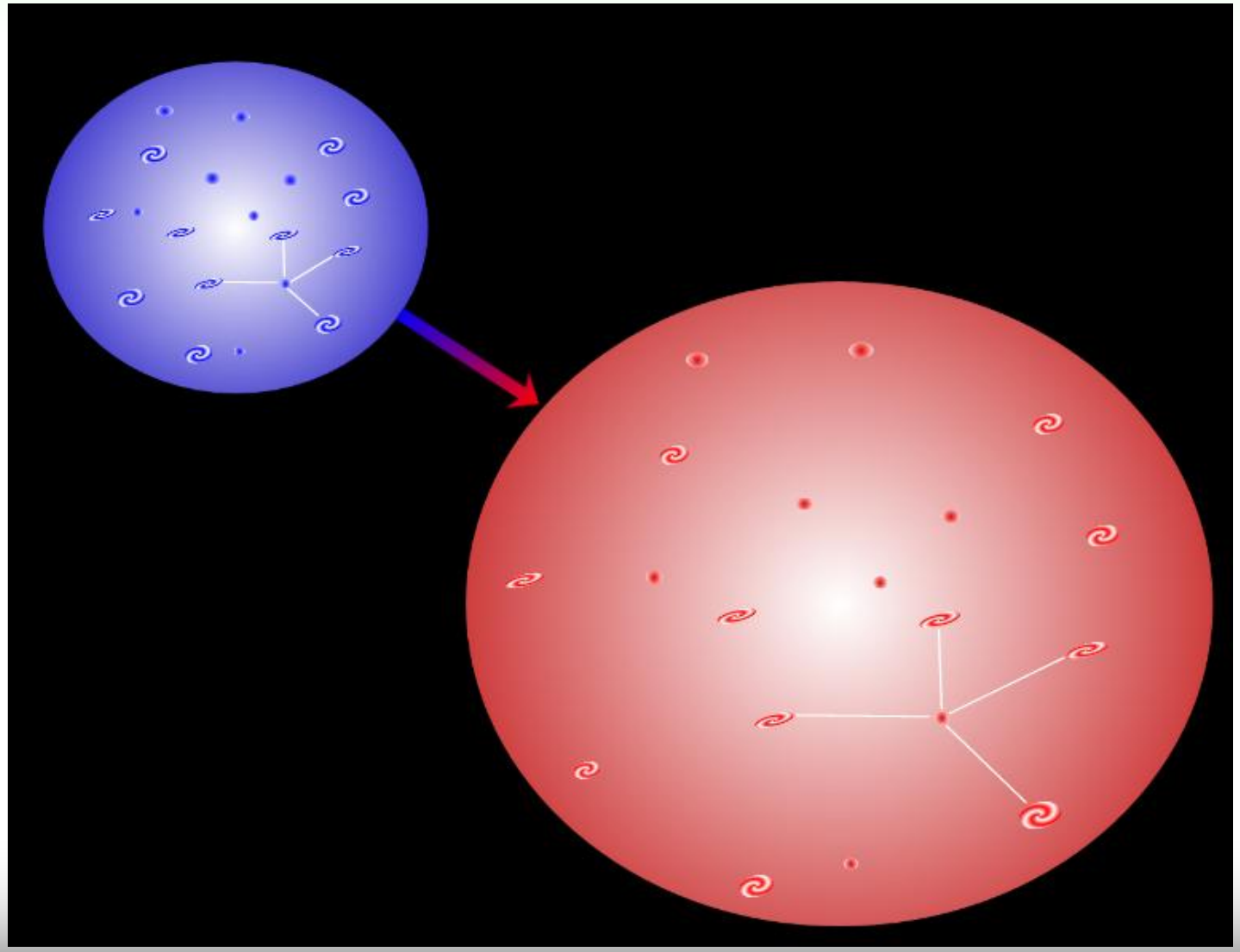


Dynamischer Kosmos

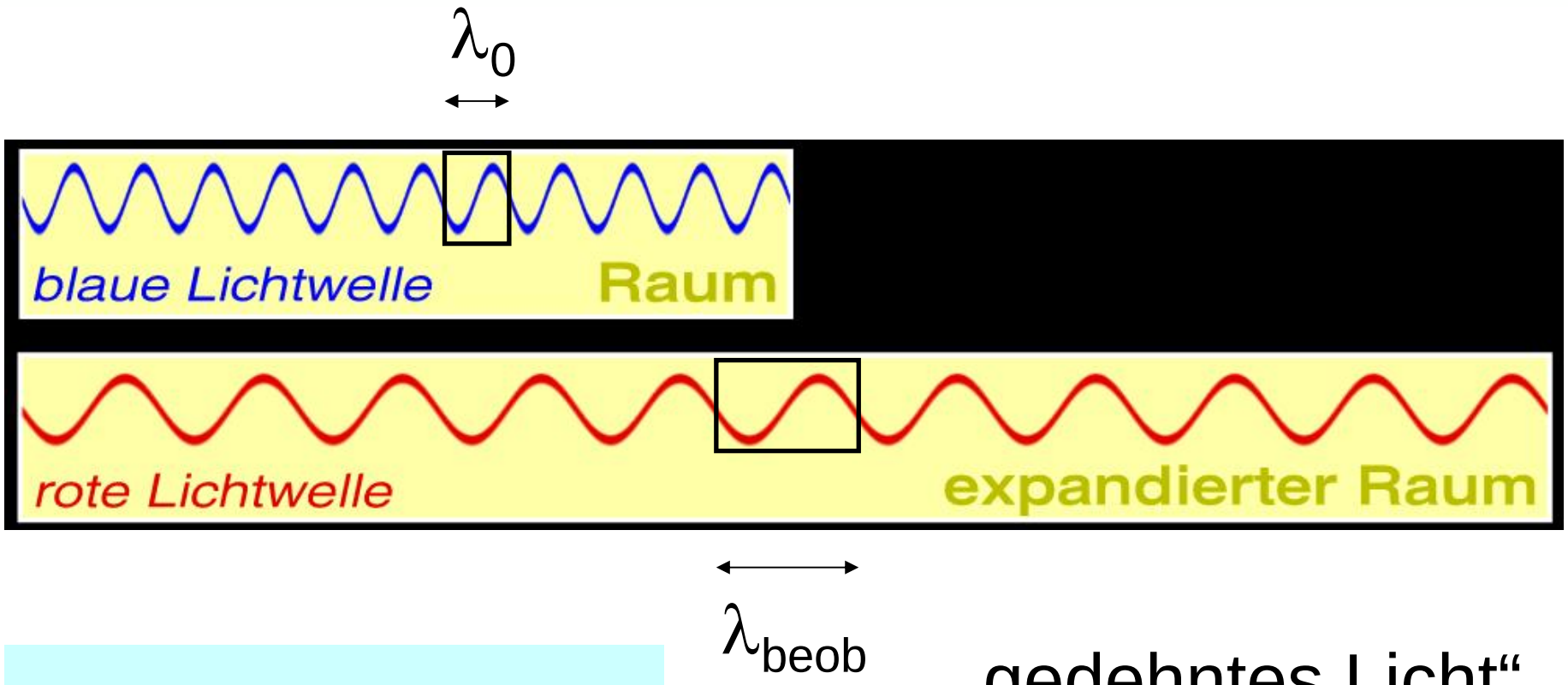
$$\mathbf{G}_{\mu\nu} - \boxed{\Lambda}\,\mathbf{g}_{\mu\nu} = \frac{8\pi G}{c^4}\,\mathbf{T}_{\mu\nu}$$

- 1916: Einstein publiziert die Allgemeine Relativitätstheorie
- 1917: Einstein führt Λ-Term für statisches Universum ein
- 1922: Friedmann-Gleichung dynamischer Universen
- 1929: Hubble & Slipher beobachten Galaxienflucht
- 1931: Lemaître entdeckt die „Geburt des Raums“
- 1931: Λ fällt „Einsteins Eselei“ zum Opfer
- 1990: Turner erfindet die „Dunkle Energie“
- 1998: Renaissance des Λ-Terms
- 2007: Λ-Universum

Das Universum expandiert



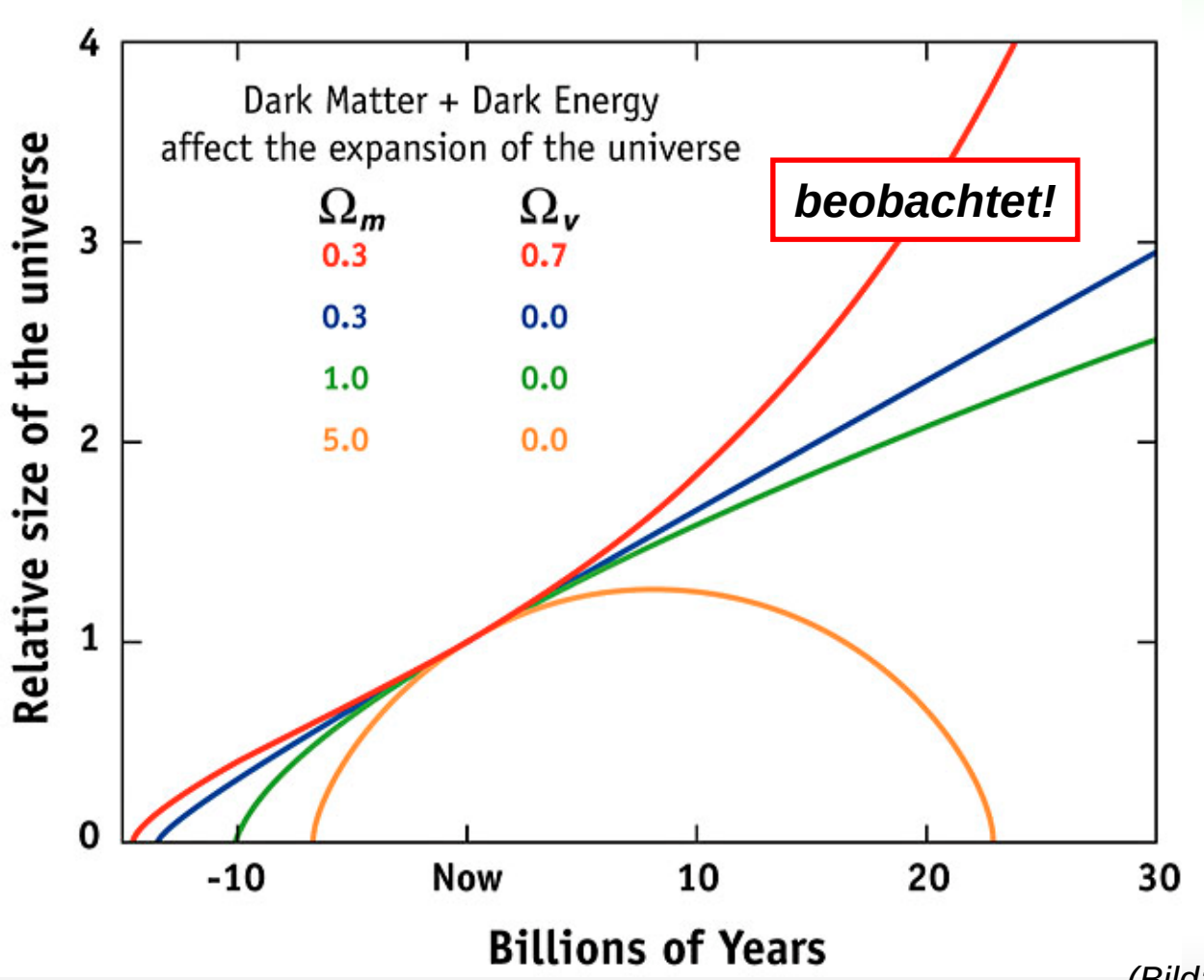
Kosmologische Rotverschiebung



$$z = (\lambda_{beob} - \lambda_0)/\lambda_0$$

„gedehntes Licht“

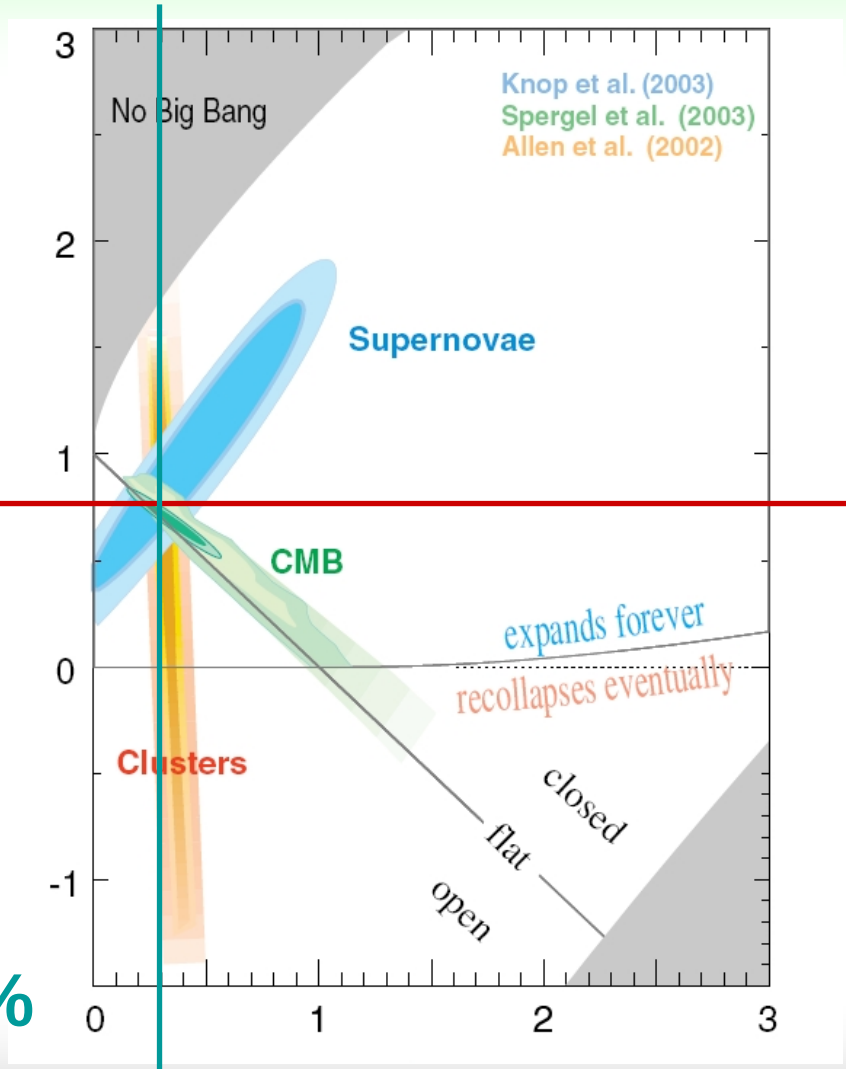
Expansion des Universums



(Bild: WMAP Website)

Drei Methoden – eine Kernaussage

$\Omega_\Lambda \sim 70\%$



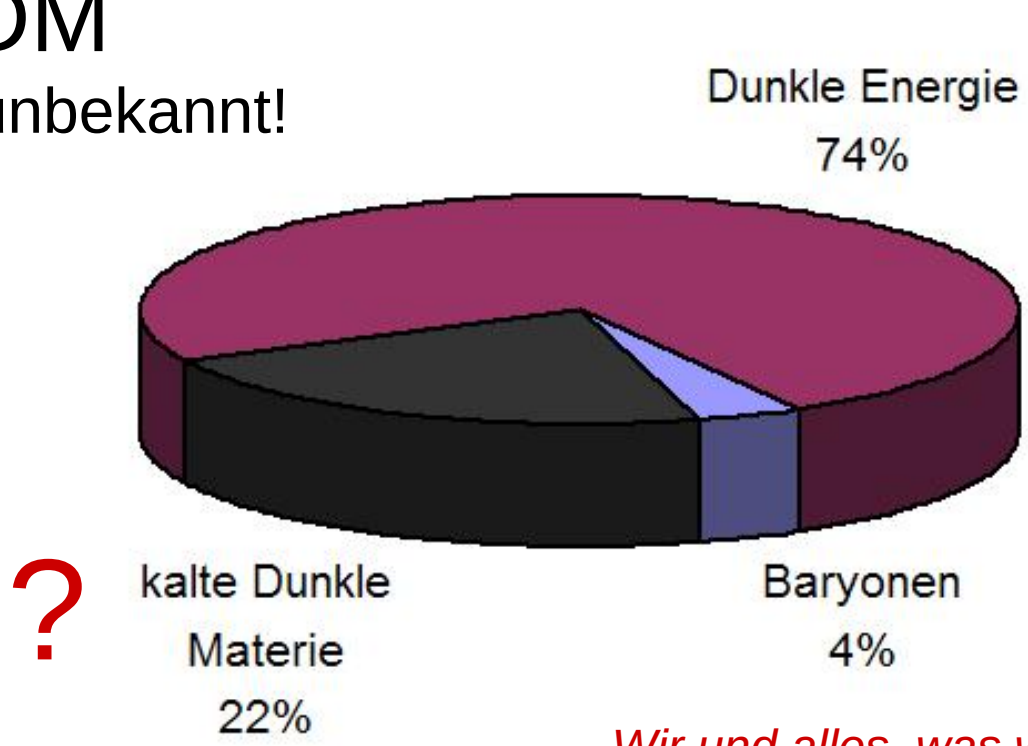
$\Omega_m \sim 30\%$

(Bild: SCP Website)

Zusammensetzung des Kosmos

ΛCDM

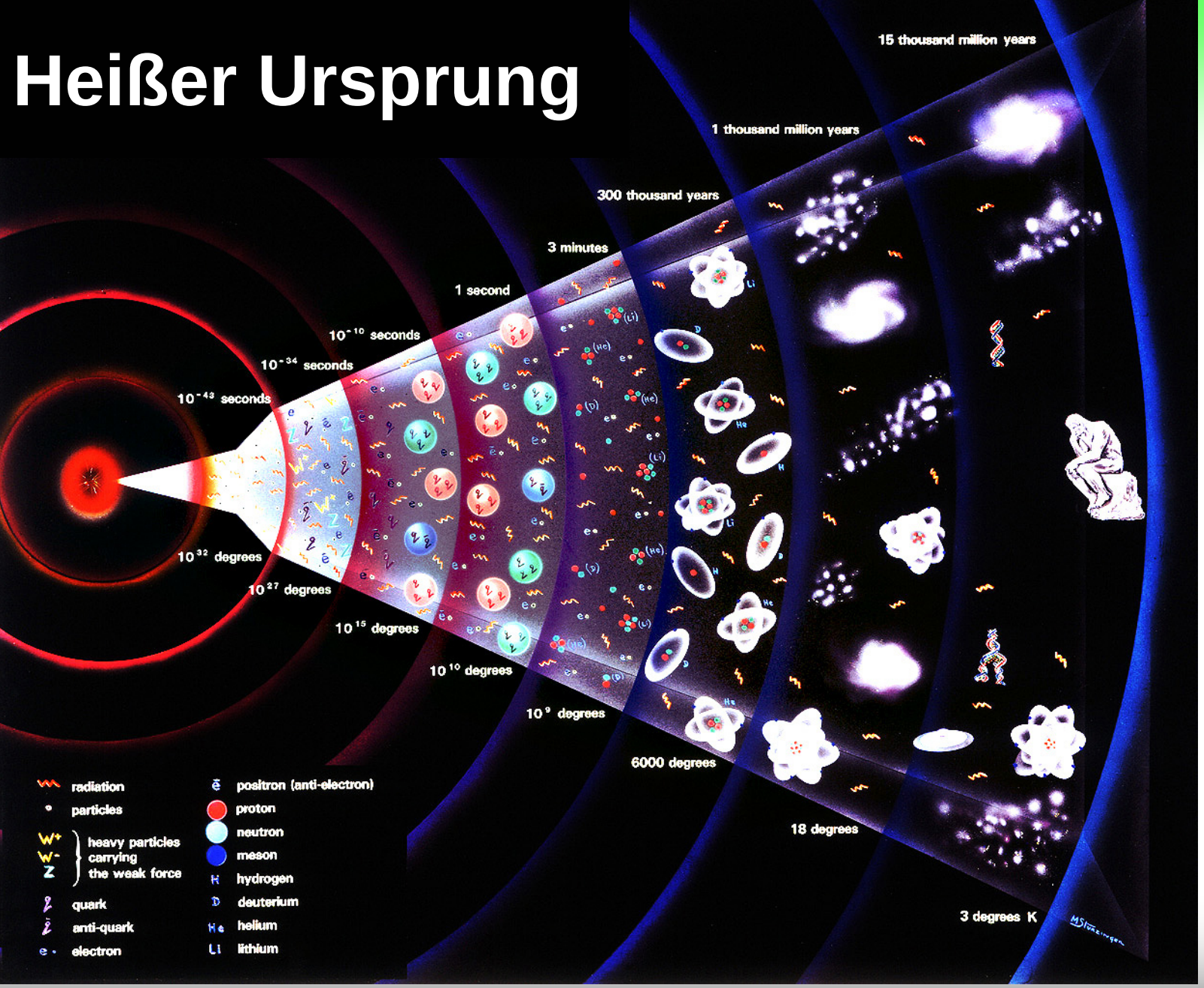
96% unbekannt!



Wir und alles, was wir kennen!

(Daten von WMAP 2006)

Heißer Ursprung



(Bild: CERN)

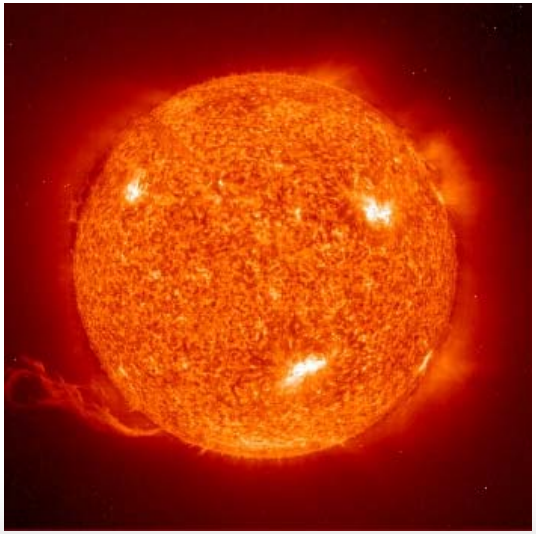
Lebenselexier Wasser H_2O

- Wasserstoff (H) aus der Frühphase des Universums! Heißer Kosmos als Fusionsreaktor in den **ersten drei Minuten nach dem Urknall**

  (primordiale Nukleosynthese)

- Sauerstoff (O) erst in ersten Sternen und späteren Sterngenerationen, **100 Mio. Jahre nach dem Urknall** (CNO-Zyklus, Kohlenstoffbrennen)

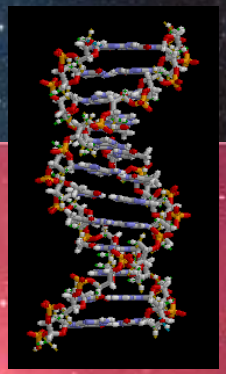
- Bestandteile von Wasser bildeten sich zu **sehr unterschiedlichen** Epochen!



Orion

Bild: Jacobsstab, **Orion**
Davide de Martin
ESA/ESO/NASA

„Wir sind Sternenstaub."



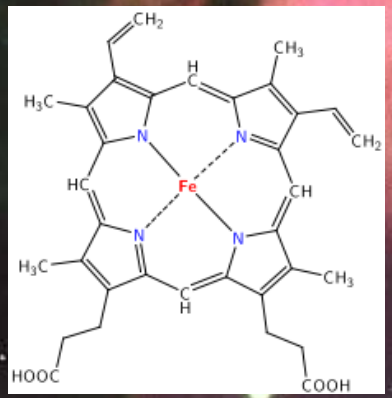


Bild: ESO 2002

Anregungen zur Diskussion

- Was war vor dem Urknall?
- Am Anfang war die Quantenfluktuation?
- Ordnung aus Chaos?
- „erste Ursache“

- Verdrängt Wissenschaft Gott?
- Theismus, Pantheismus, Atheismus
- Heisenberg (Quantenphysiker): „*Der erste Schluck aus dem Becher der Natur führt zum Atheismus, aber auf dem Grund wartet Gott.*"

- Ist Intelligent Design/Kreationismus eine Alternative zur Evolutionstheorie?
- Weshalb stößt Intelligent Design/Kreationismus auf gesellschaftliches Interesse?
- Wissenschaftliche Methode: Hypothesentests, Beobachtung
- Falsifizierbarkeit vs. Dogmatismus, Wissen vs. Glaube

Internet

Wissensportal für Astrophysik

http://www.mpe.mpg.de/~amueller

- deutsches **Web-Lexikon** für Astrophysik, Kosmologie, Relativitätstheorie und Teilchenphysik
- **Artikel** zu speziellen Forschungsthemen
- **Essays** u.a. zu den Themen
  - Was ist Zeit?
  - Brauchen wir Grundlagenforschung?
  - Alles graue Theorie?