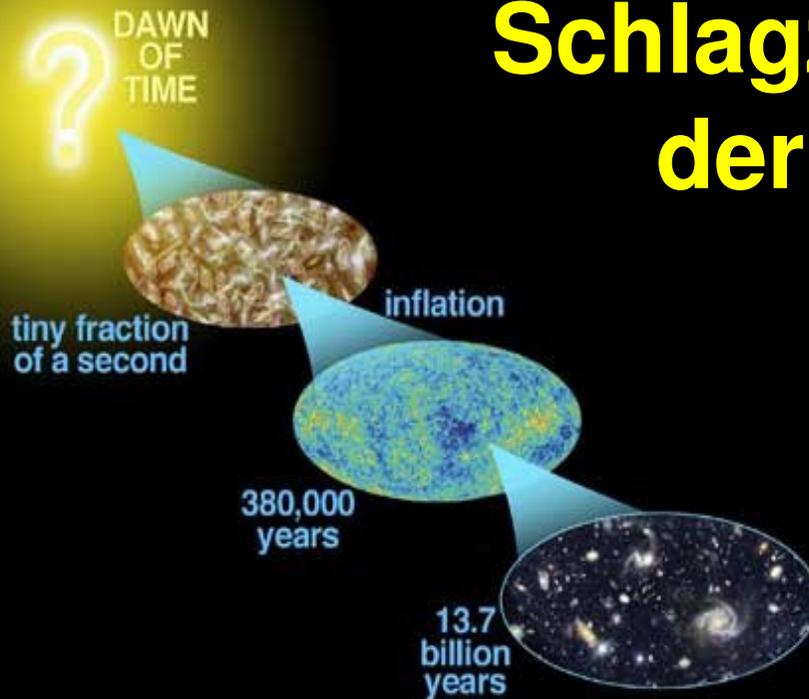
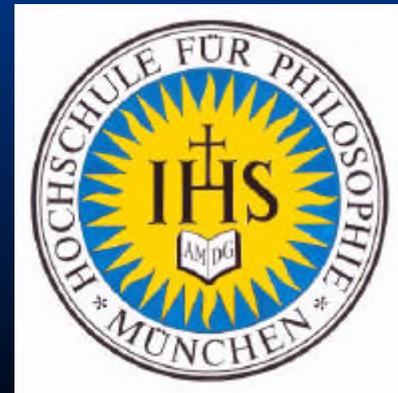


# Schlagzeilen vom Rand der Wirklichkeit



**Prof. Dr. Harald Lesch**

Sternwarte der LMU München  
&  
Hochschule für Philosophie (SJ)



**Physik kennt keinen Sinn**

Es geht in der Welt mit rechten Dingen zu!

**Physik verzichtet auf metaphysische  
Fragestellungen – darauf beruht ihr „Erfolg“**

**Spezialisierung - Reduktion – Verzicht  
Suche nach Naturgesetzen**

**Physik ist das Paradebeispiel des Naturalismus**

## Naturalismus als naturphilosophisch-anthropologische Position

- 1. Universeller Anspruch**
- 2. Beschränkung der zur Beschreibung & Erklärung zugelassenen Mittel**
- 3. Evolutionärer Charakter**
- 4. Entwirft ein kosmisches Gesamtbild**
- 5. Weist dem Menschen einen bestimmten Platz zu**
- 6. Fähigkeiten des Menschen sind evolutionär, naturalistisch erklärbar**

**Naturalismus ist  
eine Hintergrundannahme,  
ein Weltbild,  
ein forschungsleitendes Paradigma,  
eine metaphysische Grundentscheidung.**

## **Universalität: Programm des Naturalismus**

**Er fordert und ein entwirft ein kosmisches Gesamtbild,  
ein „Weltbild“.**

**Er schreibt auch dem Menschen einen bestimmten Platz  
im Universum zu.**

**Er bezieht dabei alle Fähigkeiten des Menschen in seine  
Erklärungsansprüche und –ansätze ein, auch  
Sprechen, Erkennen, Wissenschaft, moralisches  
Handeln, ästhetisches Urteilen**

**Naturalistische**

**Anthropologie**

**Erkenntnistheorie**

**Methodologie der Forschung**

**Ethik**

**Ästhetik**

## Mittelbeschränkung – nur mit rechten Dingen

„Jede Hypothese muß an der Erfahrung scheitern können“

1. Nur so viel Metaphysik wie nötig
2. So viel Realismus wie möglich
3. Verzicht auf teleologische Erklärungsmuster
4. Mittelbeschränkung ist programmatisch
5. Sparsamkeitsprinzip (Ockhams Razor, Denkökonomie)
6. Konkurrenz von Hypothesen, Modellen, Theorien

Sparsam

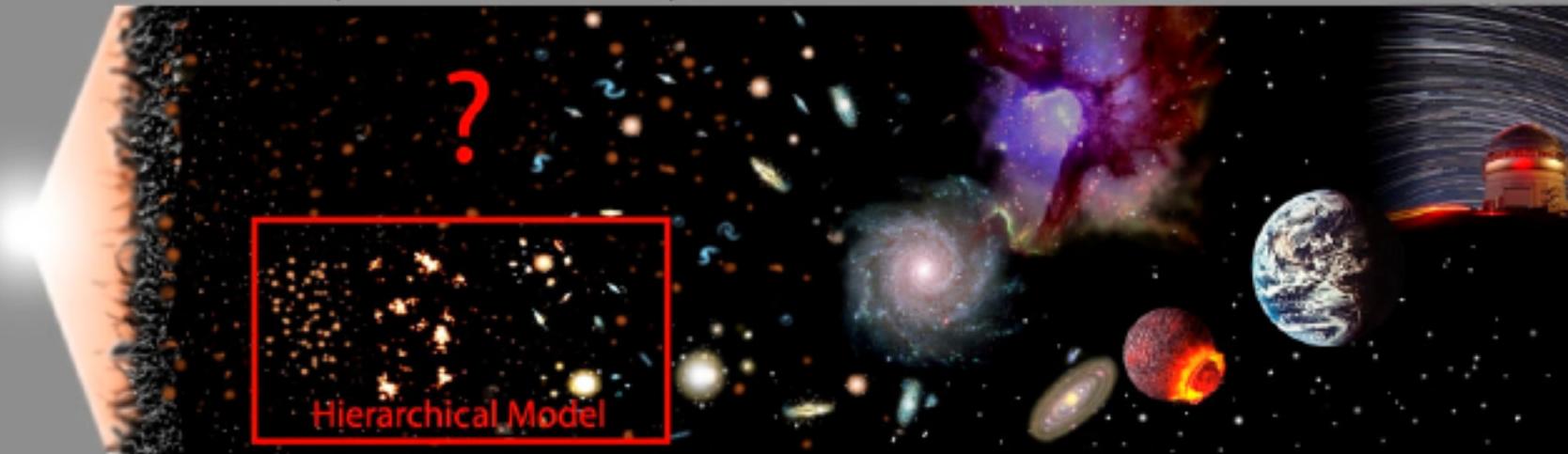
Einfach

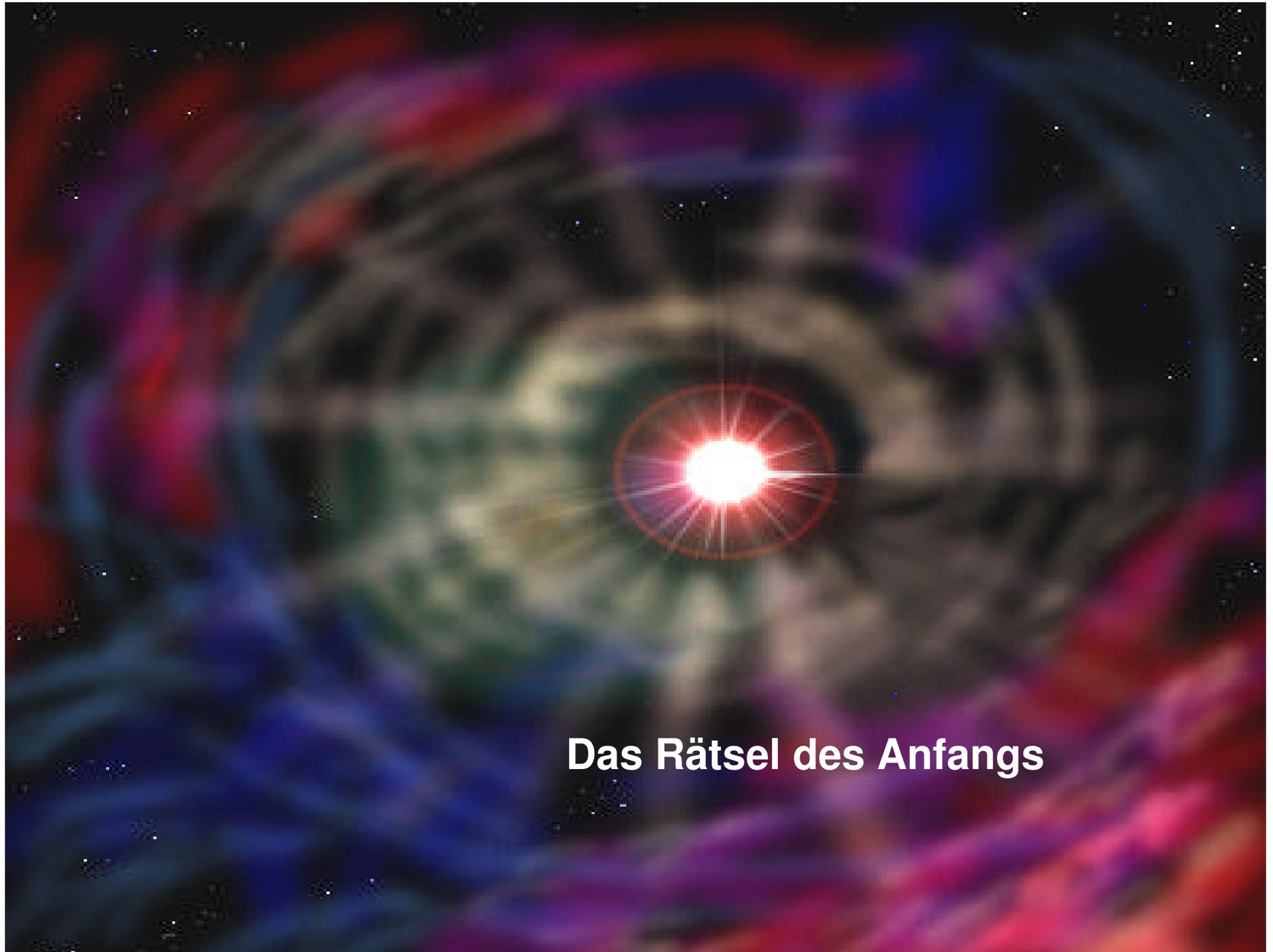
Elementar

Pragmatisch – Programmatisch - Antidogmatisch

# Wie konnte das passieren?

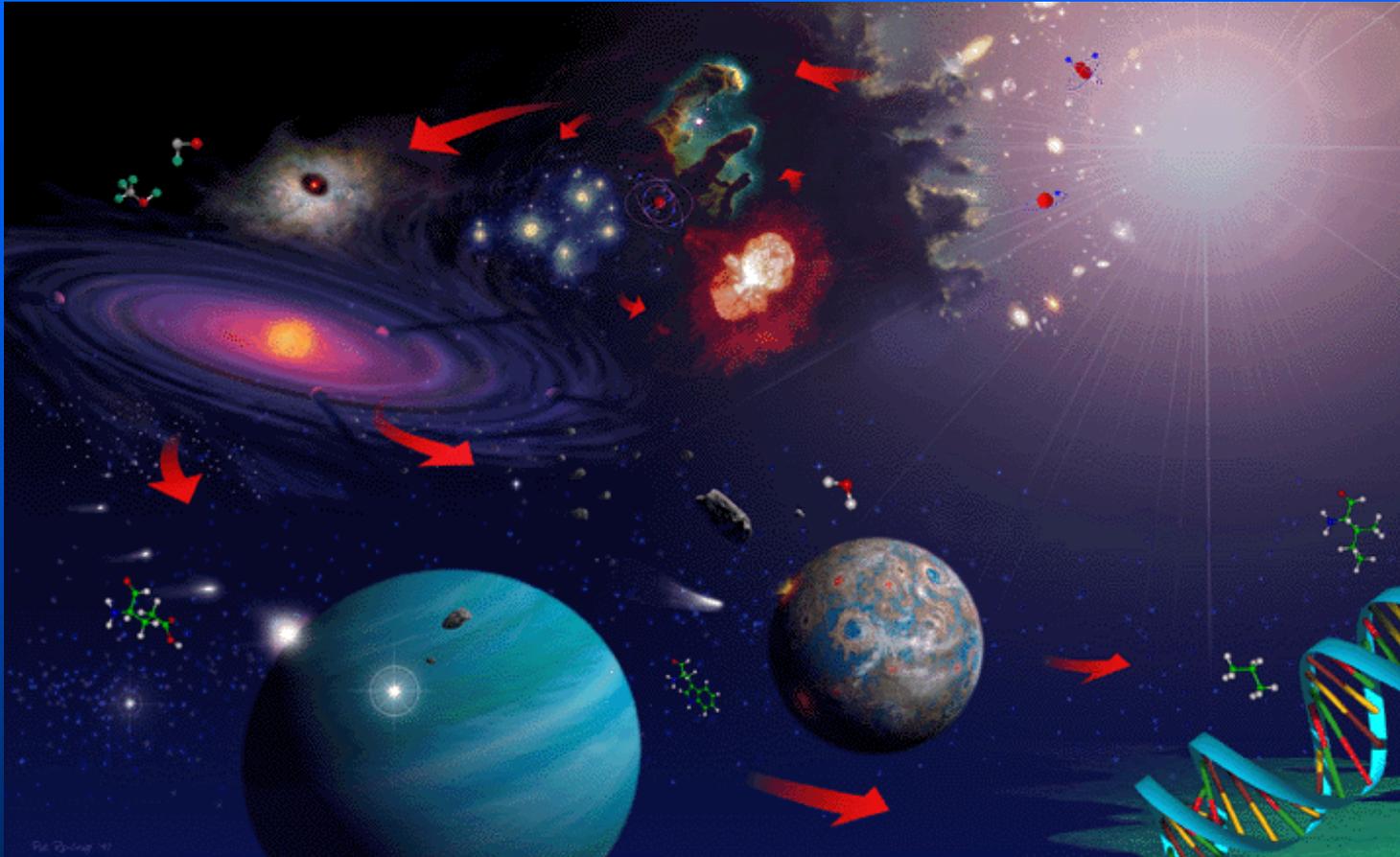
Redshift  
Desert





## Das Rätsel des Anfangs

# Die größte Geschichte aller Zeiten ...



Die Naturgesetze gelten überall im Universum!

Kosmologie ist Innenarchitektur des Kosmos – kein Davor und Außerhalb

# Quantenschaum

ART

---

Quantentheorie

Glatte räumliche  
Geometrie

Quantenfluktuationen,  
alles unterliegt  
Unschärferelation

Gravitationsfeld ist  
Krümmung des Raumes

Raum wird auf  
mikroskopischem  
Level verzerrt

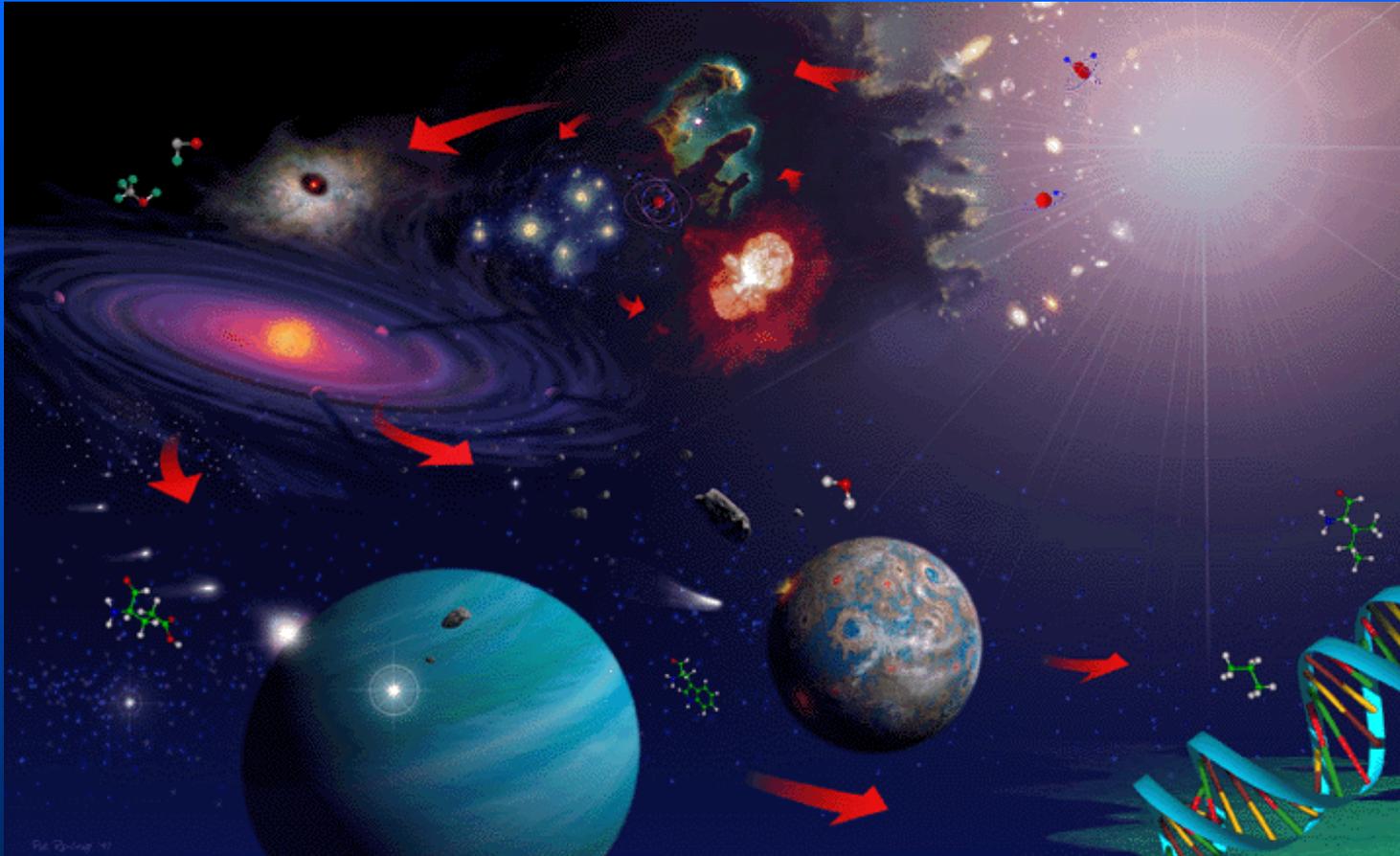
Längenskala: Plancklänge

$$L_P = \sqrt{\frac{\hbar G}{c^3}} = 1,6 \cdot 10^{-35} m$$



Blasen aus  
dem Nichts

# Die größte Geschichte aller Zeiten ...



Aus dem instabilen Quantenvakuum entsteht die Welt!

# History of the Universe

$10^{-43}$  Sekunden:

Der Vorhang hebt sich...

Raum und Zeit sind  
schaumig....

Superstrings: eine 'Weltformel' ?

- Alle Kräfte sind vereint
- Die Welt ist 10-dimensional
- Doch nur 4 Dimensionen haben an der Expansion des Raumes teilgenommen,
- Die anderen Dimensionen sind aufgerollt

BIG BANG

Inflation

$10^{-43}$   
T  $10^{32}$   
E  $10^{19}$

Key:

q quark  
g gluon  
e electron  
m muon  
n neutrino



# History of the Universe

$10^{-35}$  -  $10^{-32}$  s:

**Inflation:**

Innerhalb  $10^{-32}$  Sekunden  
expandiert der Raum um das  
 $10^{50}$ -fache

- Quantenfluktuationen in der Energiedichte werden verstärkt  
(3 K Hintergrundstrahlung)
- Sie bilden die Grundlage für die spätere Entstehung von Galaxien

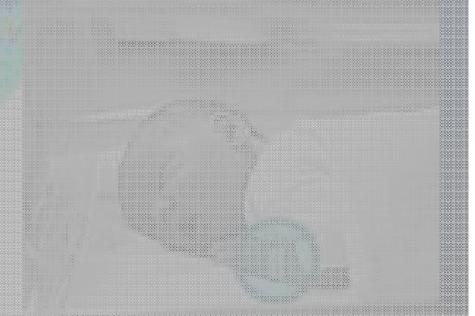
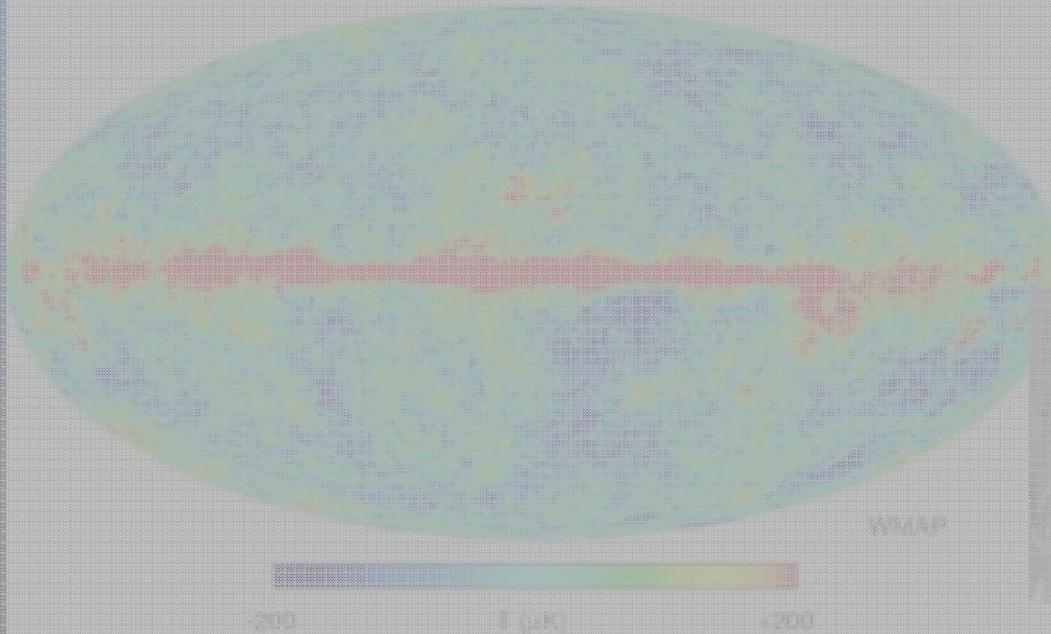
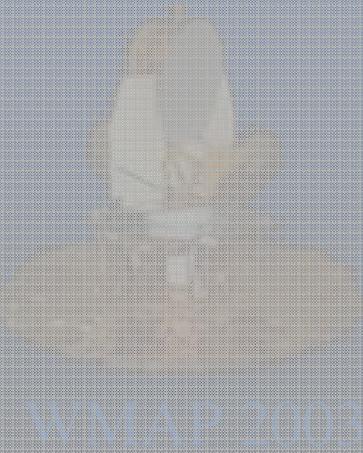
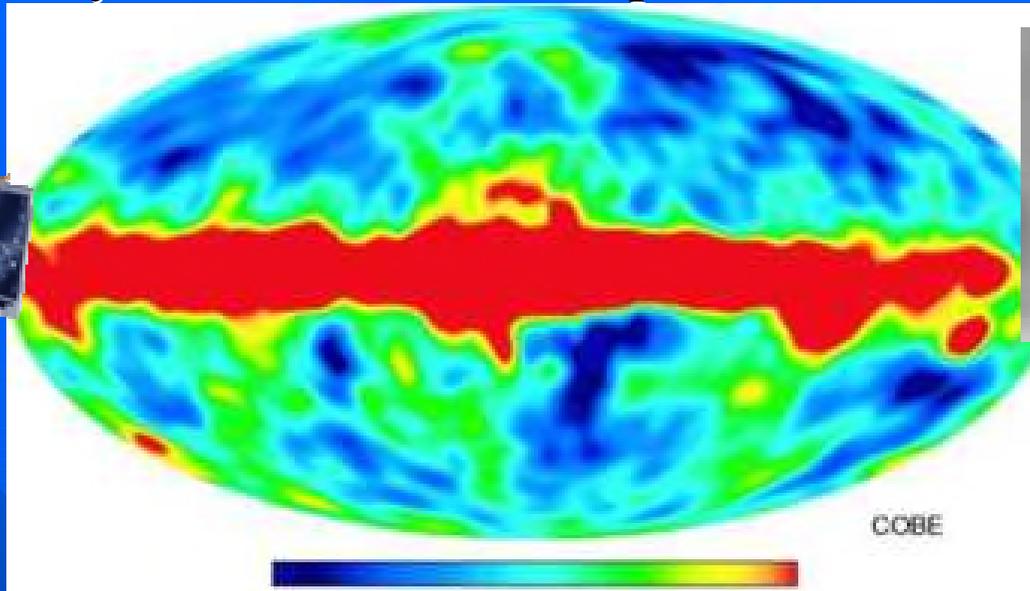
# Das Babyfoto: Mikrowellen Temperaturschwankungen



Cobe 1994

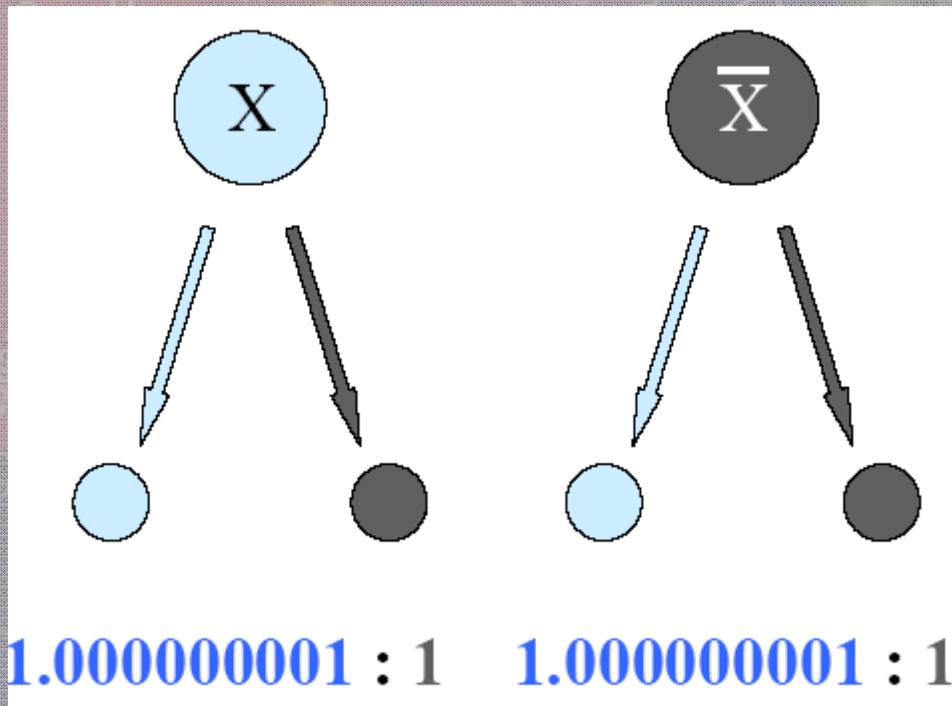


2006



# History of the Universe

Ein winziger Überschuss von Materie zu Antimaterie wird erzeugt



Aus der 1 in der neunten Stelle hinterm Komma sind WIR gemacht



# History of the Universe

## $10^{-10}$ - $10^{-6}$ Sekunden: Elektroschwache Symmetriebrechung

Neutrinos entkoppeln:  
schwache WW wird zu schwach,  
Neutrinos sehen andere Teilchen  
zu selten

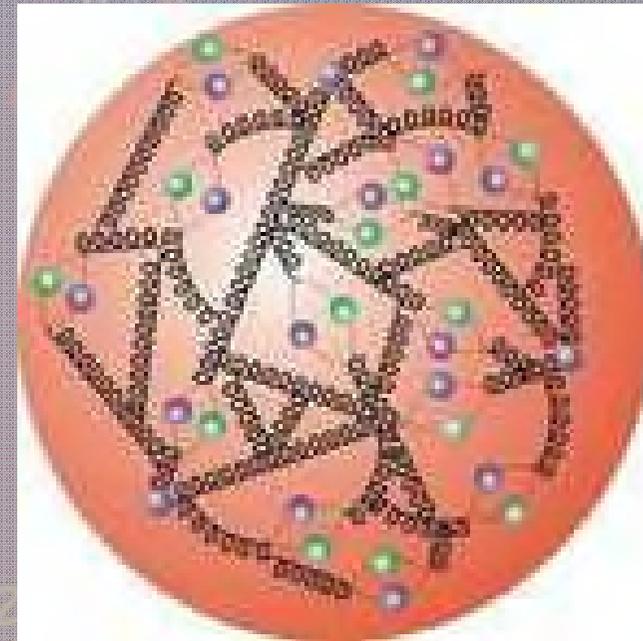
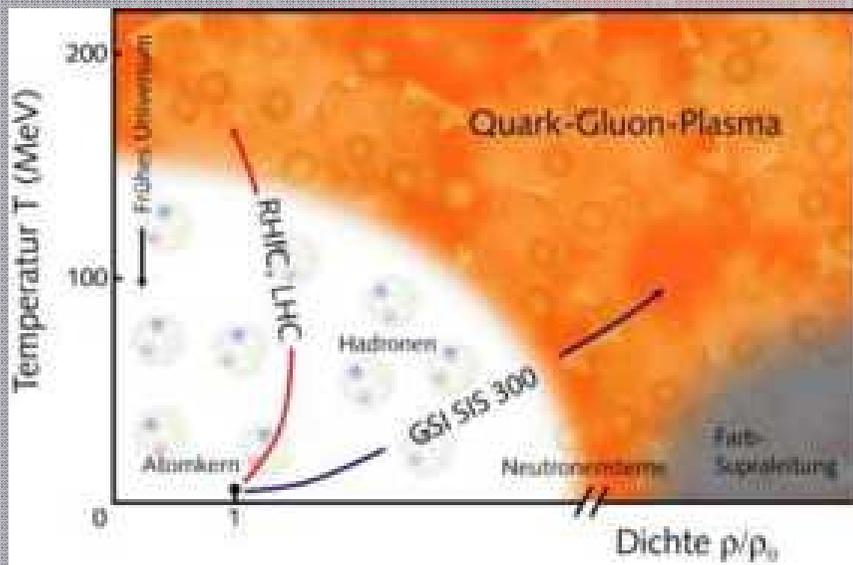
Key:

$W/Z$	W/Z bosons		Electromagnetic force
$g$	gluons		Strong force
$\gamma$	photons		Electromagnetic force
$\nu$	neutrinos		Weak force
$e, \mu, \tau$	leptons		Weak force
$u, d, s, c, b, t$	quarks		Weak force
$\bar{q}$	antiquarks		Strong force
$\bar{l}$	antileptons		Weak force

# History of the Universe

$10^{-4}$ - $10^{-2}$  Sekunden:

Proton und Neutron  
kondensieren aus der  
Suppe von Quarks und  
Gluonen  
(Quark-Gluon Plasma)



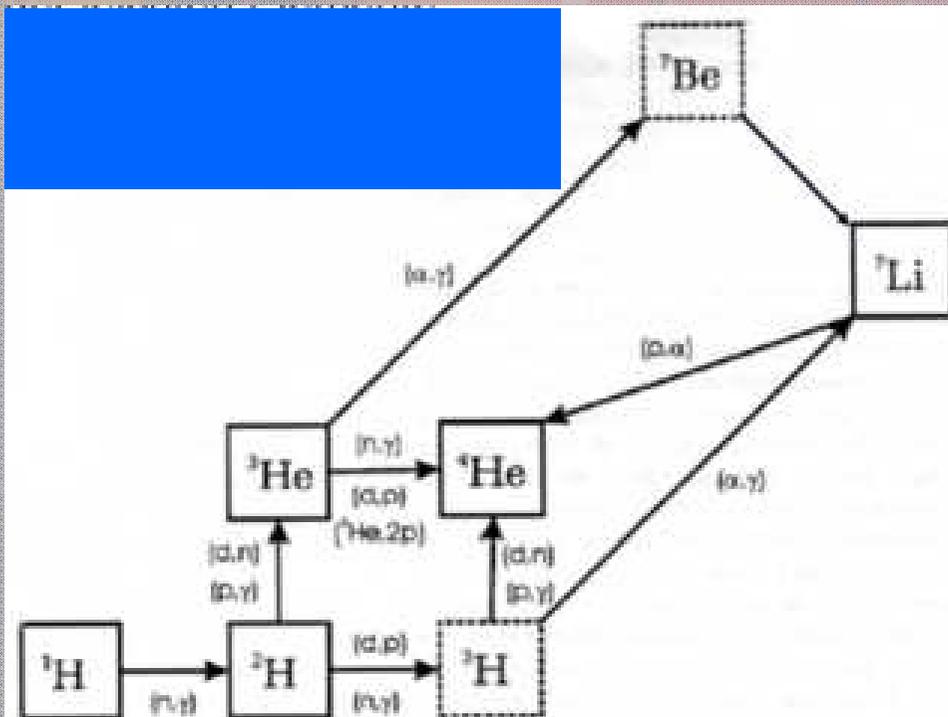
Ansicht eines Protons  
Mit hoher Auflösung

# History of the Universe

$10^{-2}$ - $10^3$  Sekunden:

Entstehung der ersten  
Elemente

Primordiale Nukleosynthese



Es gibt keine stabilen  
Elemente mit  
 $A=5$

$^4\text{He}$  ist Endstation

Die ersten 3 Minuten  
sind vorüber

# History of the Universe

**$10^5$  Jahre:**

Entstehung der Atome  
Entkopplung der Photonen

**Ab  $10^9$  Jahre:**

Entstehung der Sterne und Galaxien



**INFLATION**

**fraction  
of a second**

**CMB  
last scattering**

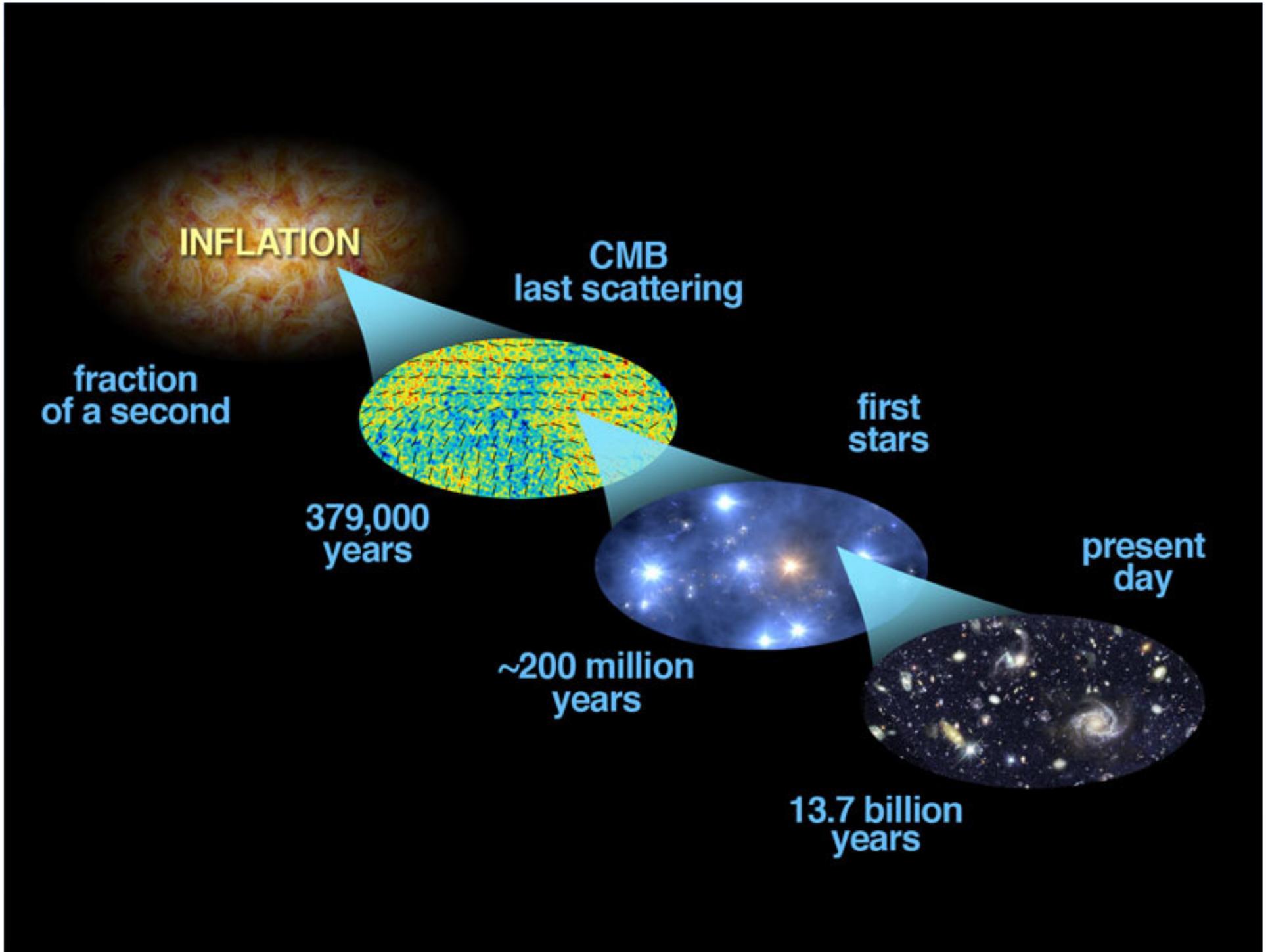
**379,000  
years**

**first  
stars**

**~200 million  
years**

**present  
day**

**13.7 billion  
years**



# Kurze Geschichte des Universums

Fluktuationsgenerator

Fluktuationsverstärker

INFLATION

CMB last scattering

fraction of a second

379,000 years

first stars

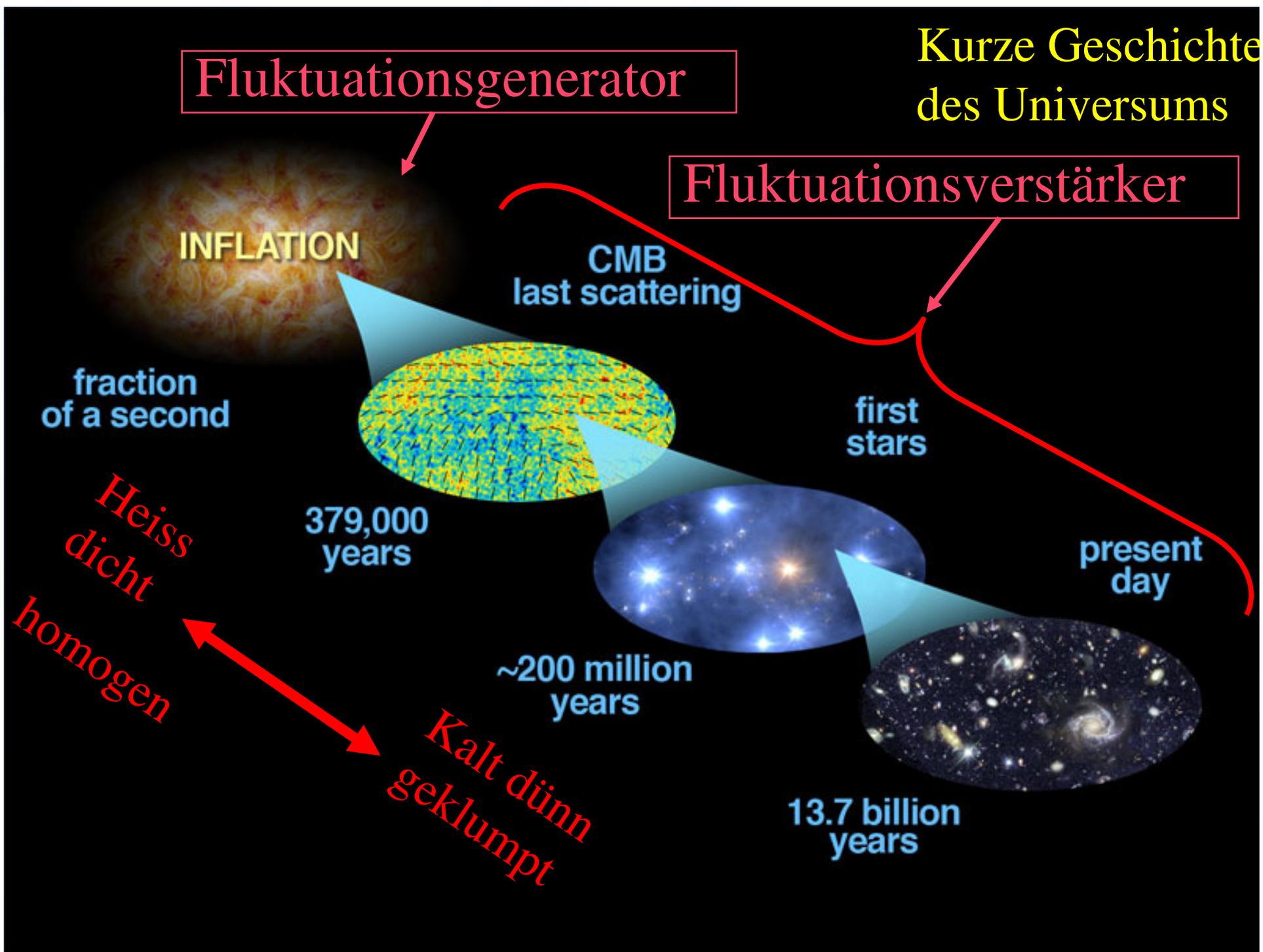
~200 million years

present day

13.7 billion years

Heiss  
dicht  
homogen

Kalt dünn  
geklumpt



## Bekannte Dimension des „Welt-Alls“

	Jahr	Größe	Phänomen
Aristoteles	-300	$7 \times 10^7$ m	Himmelskugel
Kopernikus	~1500	$2 \times 10^{11}$ m	Sonnensystem
Kapteyn et al.	1900	$3 \times 10^{19}$ m	Milchstraße
Shapley/Hubble	1929	$4 \times 10^{26}$ m	Horizont
Guth/Linde	1974	$10^{50}$ m	Inflation
Perlmutter/Riess	1998	$> 10^{86}$ m	Beschleunigung

# Inflation - Flachheit



Alle „Runzeln des Raumes“ werden durch die Inflation ausgeglättet.

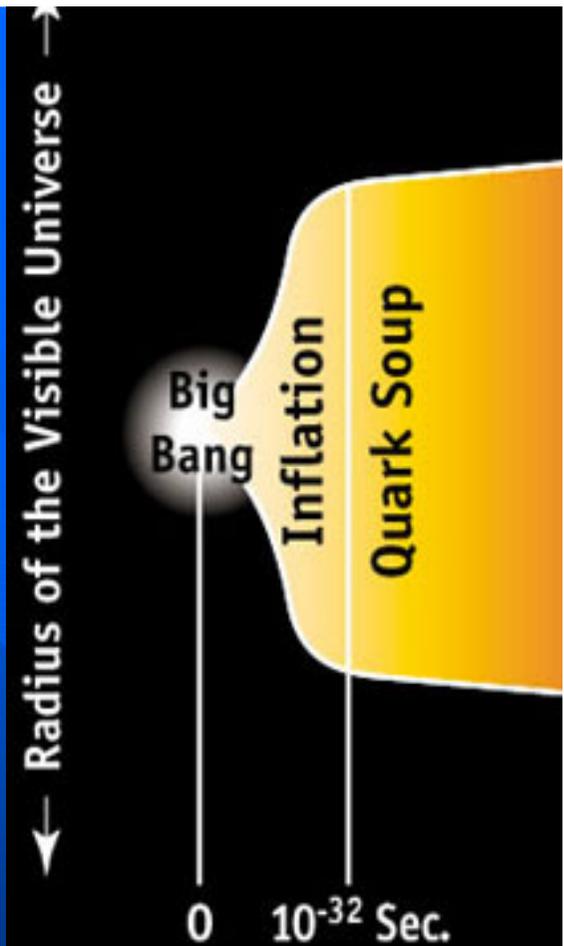
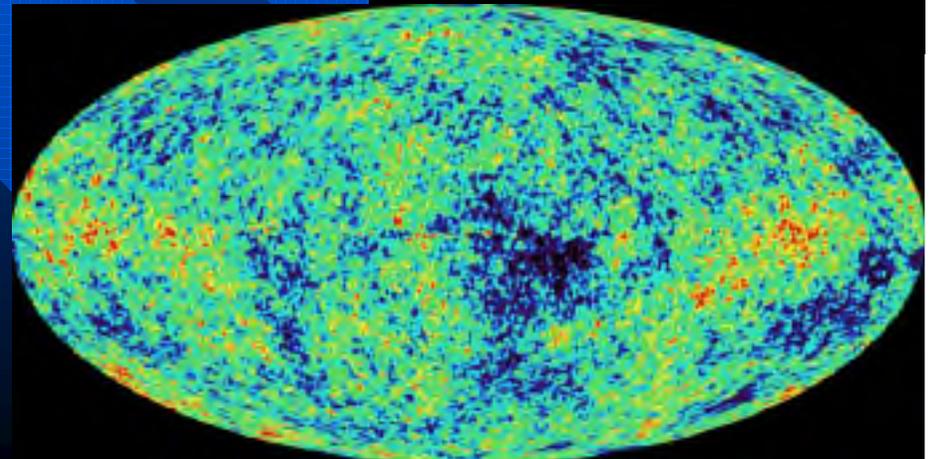
→ Der Raum wird flach

# Inflation

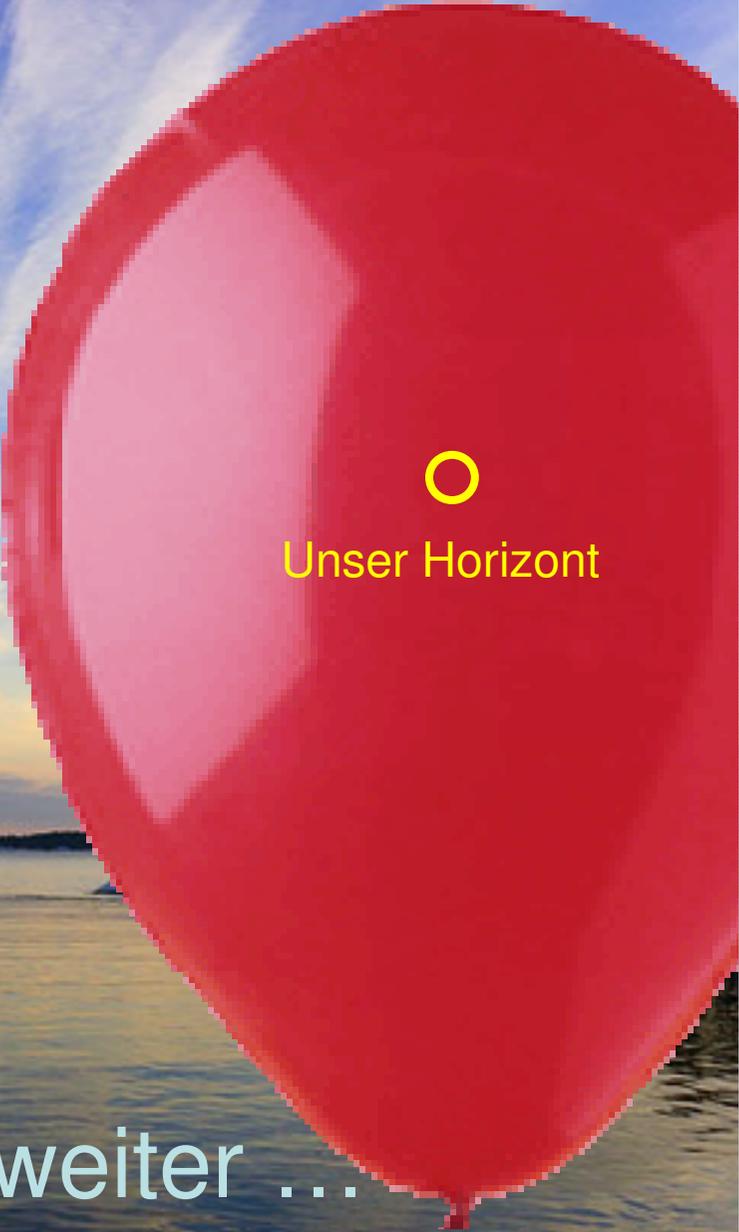


Gleiche Amplitude auf allen Skalen  
→ Harrison-Zeldovich Leistungsspektrum

WMAP-Daten



# Der Horizont



Unser Horizont

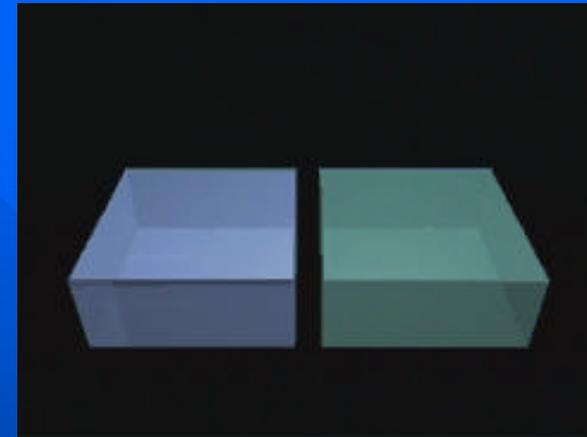
Hinter'm Horizont geht's weiter ...

# Strukturbildung im Universum

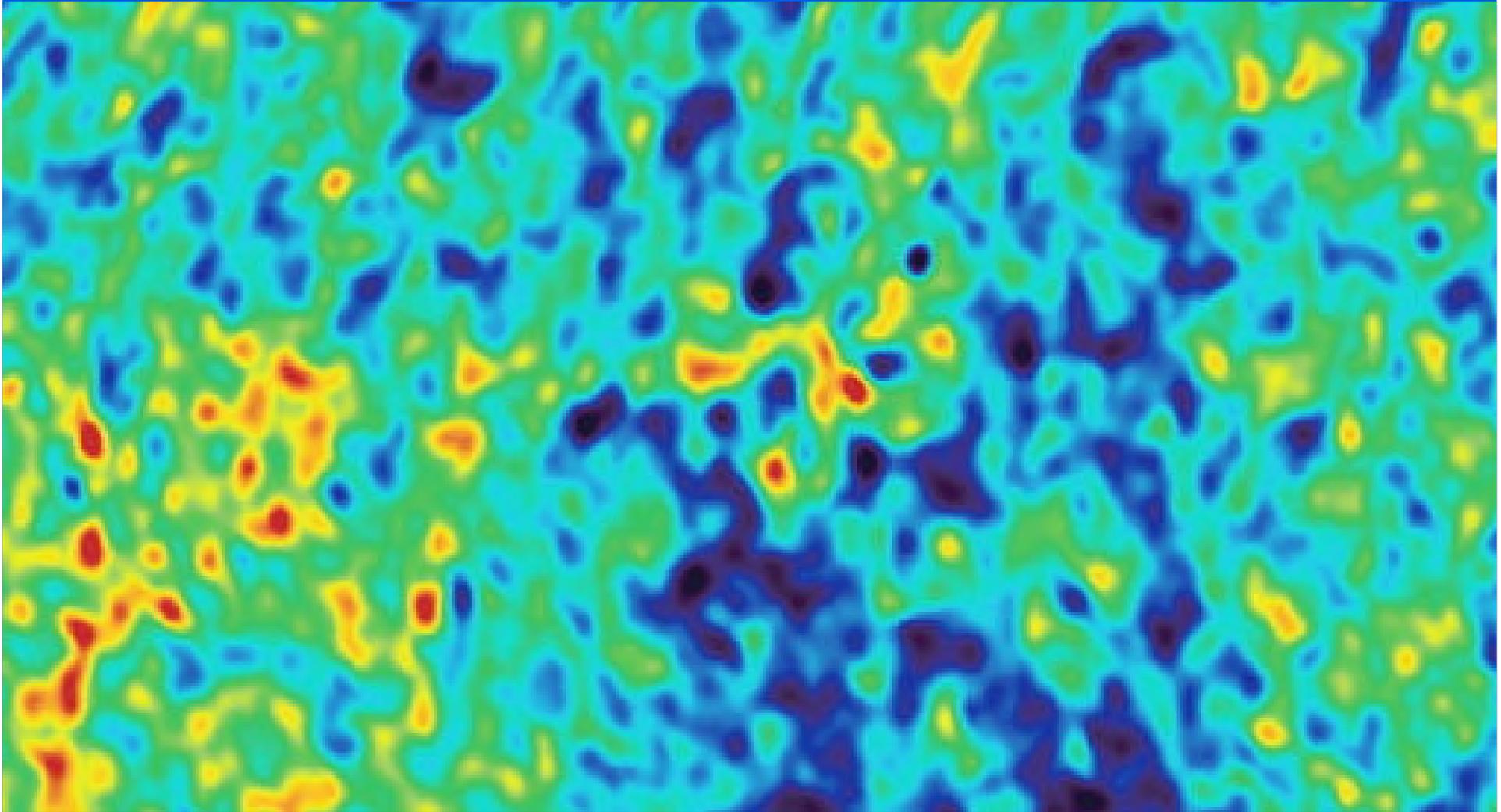
Kleine Dichteunterschiede als  
Nachhall des Urknalls

Verstärken sich durch  
„Aufsammeln“ aus Umgebung

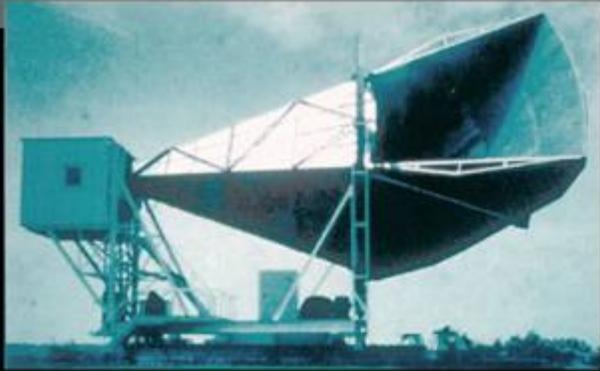
Schwerkraft: Wo schon viel ist,  
landet noch mehr



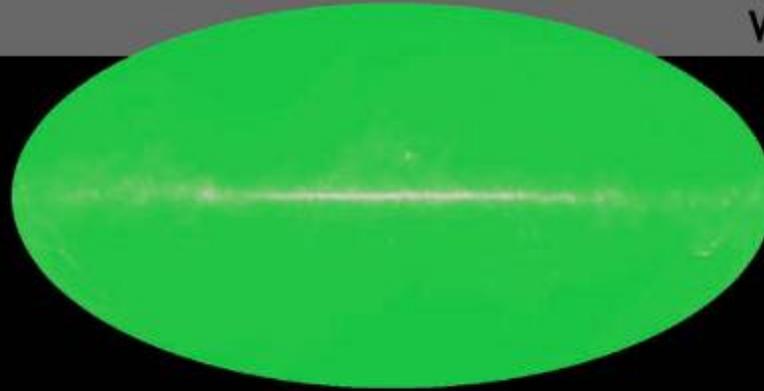
# **Das Foto der quantenmechanischen Schwankungen des Anfangs - aufgeblasen auf die Größe des Kosmos**



1965



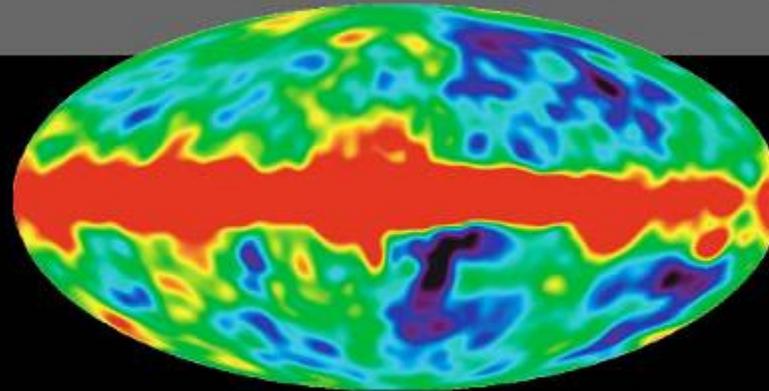
Penzias and  
Wilson



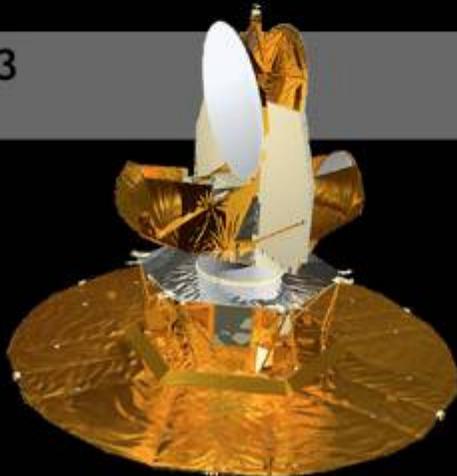
1992



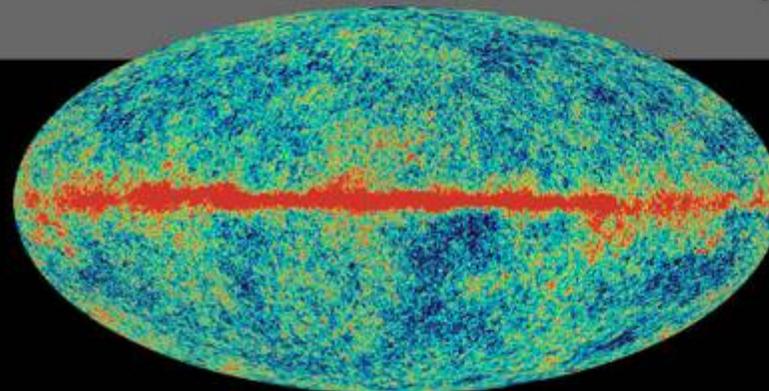
COBE



2003



WMAP



# Wenn das Universum heute 80 Jahre wäre...

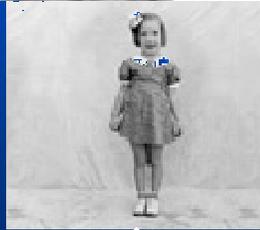
(13.700.000.000 Jahre → 80 Jahre)



Ein Neugeborenes,  
19 Stunden alt.



Erste Schritte  
mit 13 Monaten



Schulanfang  
mit 6 Jahren



Das Universum ist 80.  
„Hat“ seit 5 Stunden  
Homo Sapiens

**Time Since the Big Bang**



0  
379,000  
years

200  
million  
years

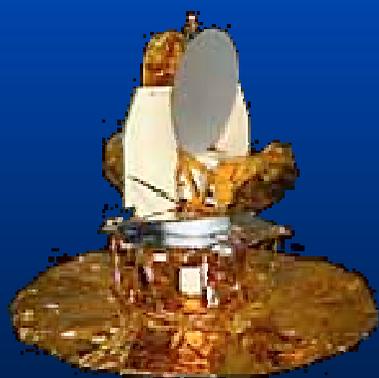
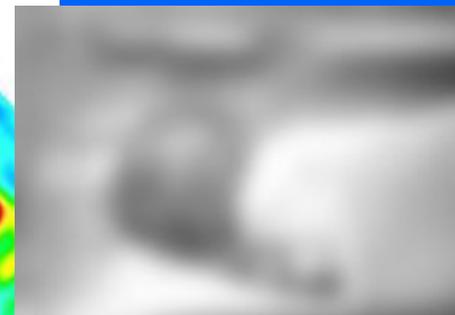
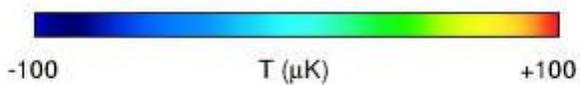
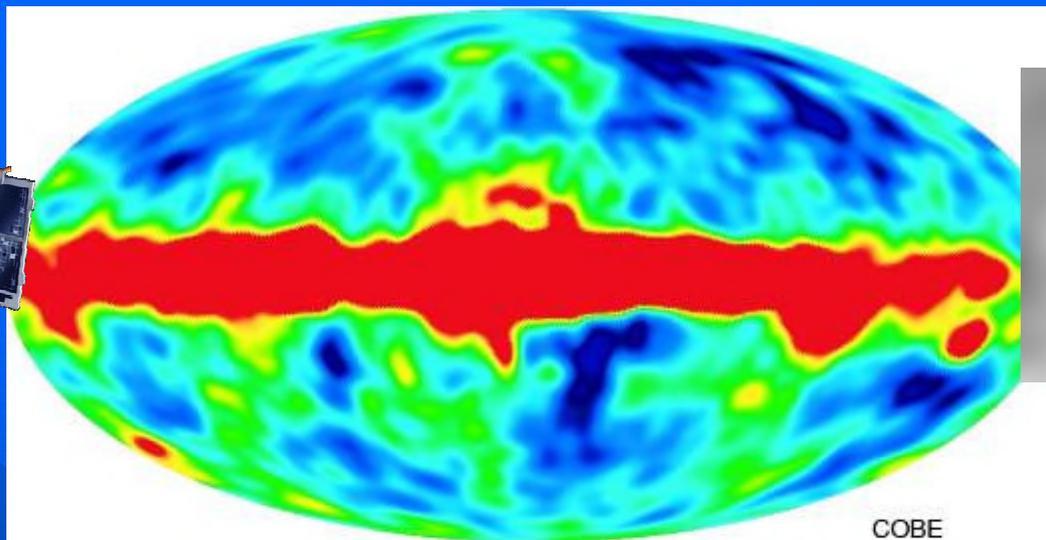
1 billion  
years

Present

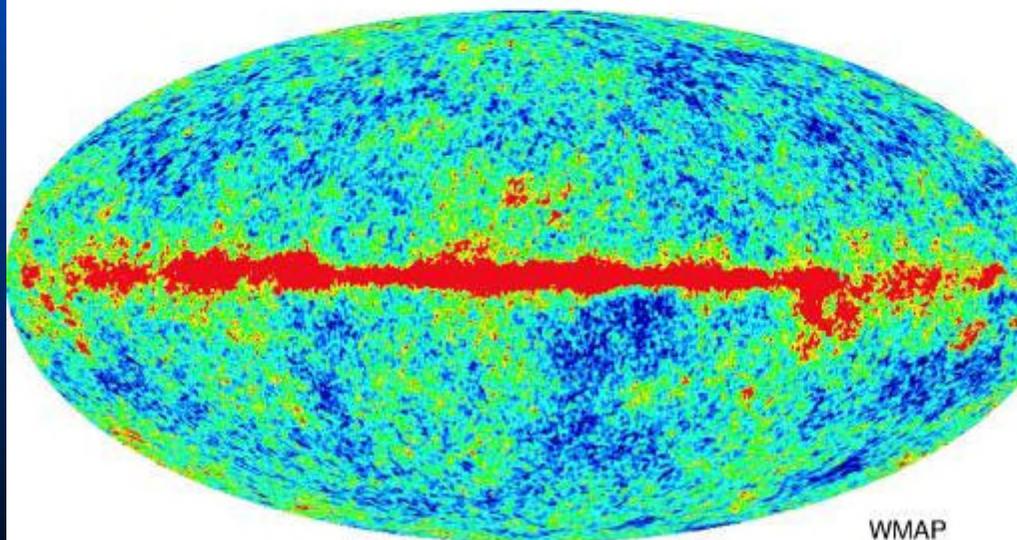
# Mikrowellen als Babyfoto



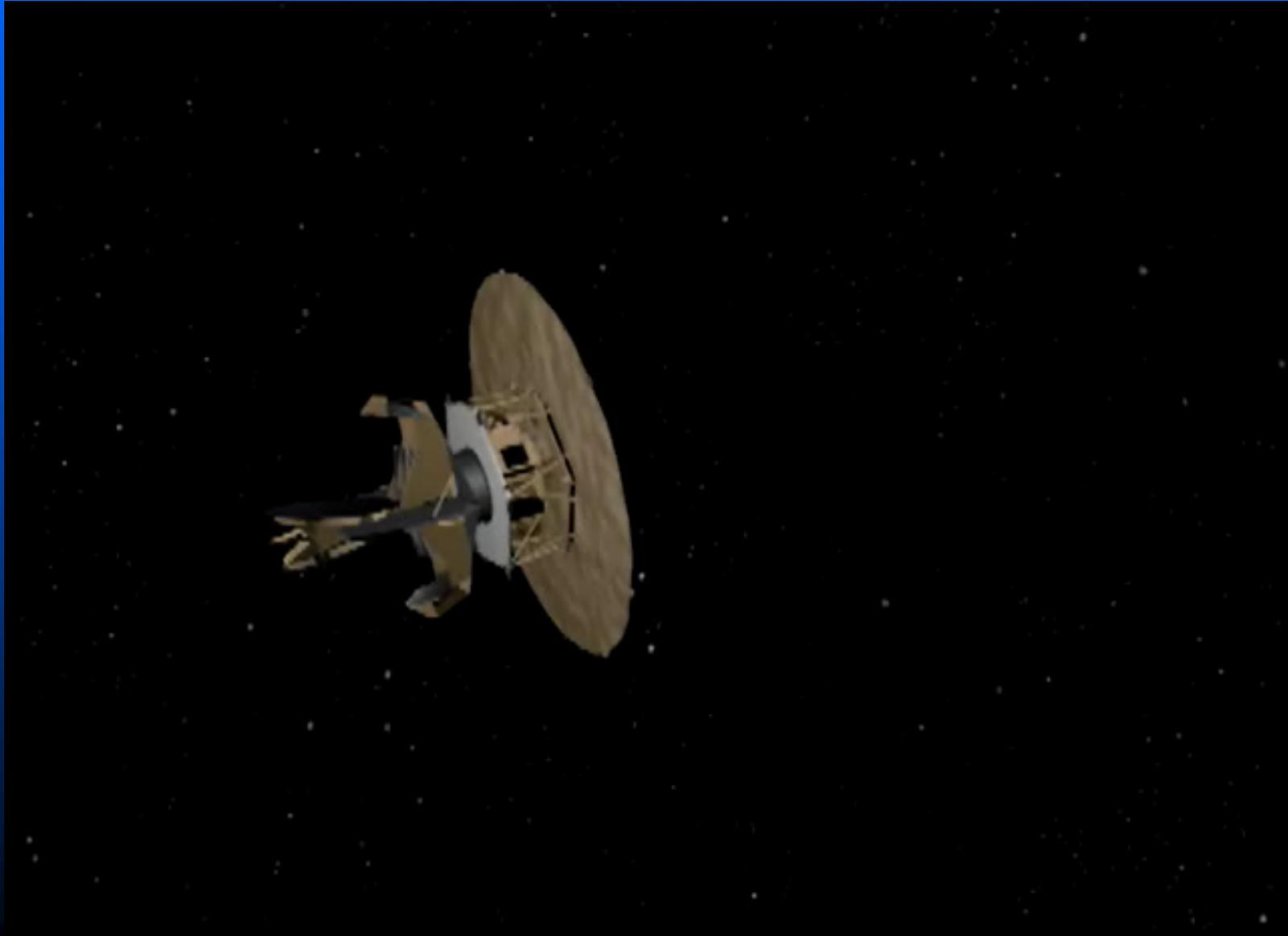
Cobe 1994



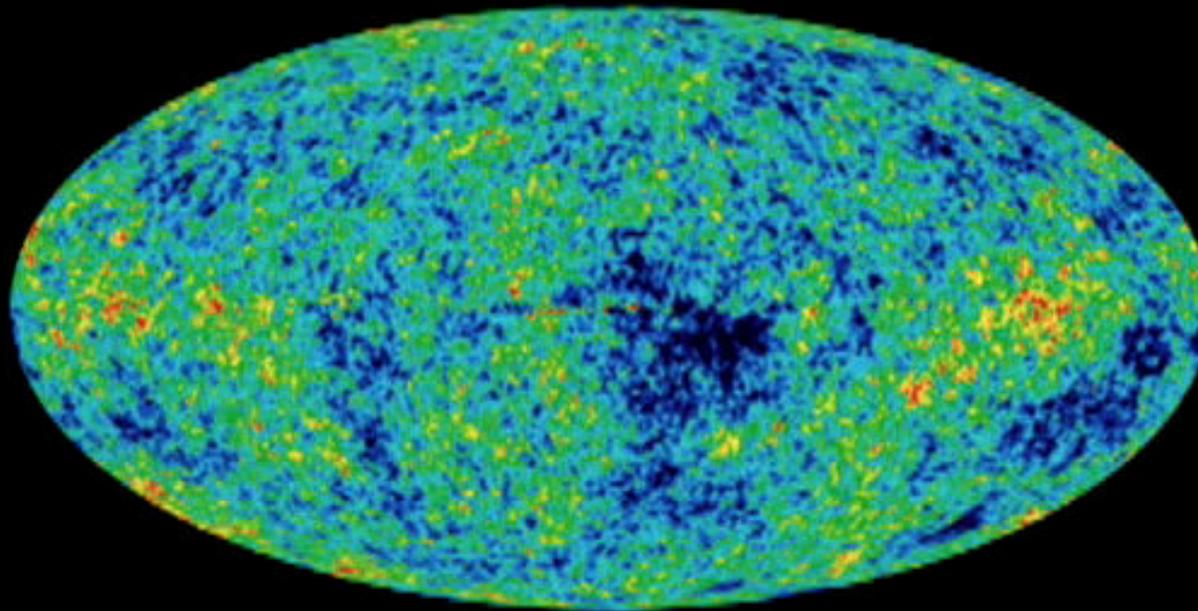
WMAP 2003



# Von der Erde zum Urknall – vom Heute ins Gestern



... und wieder nach Hause



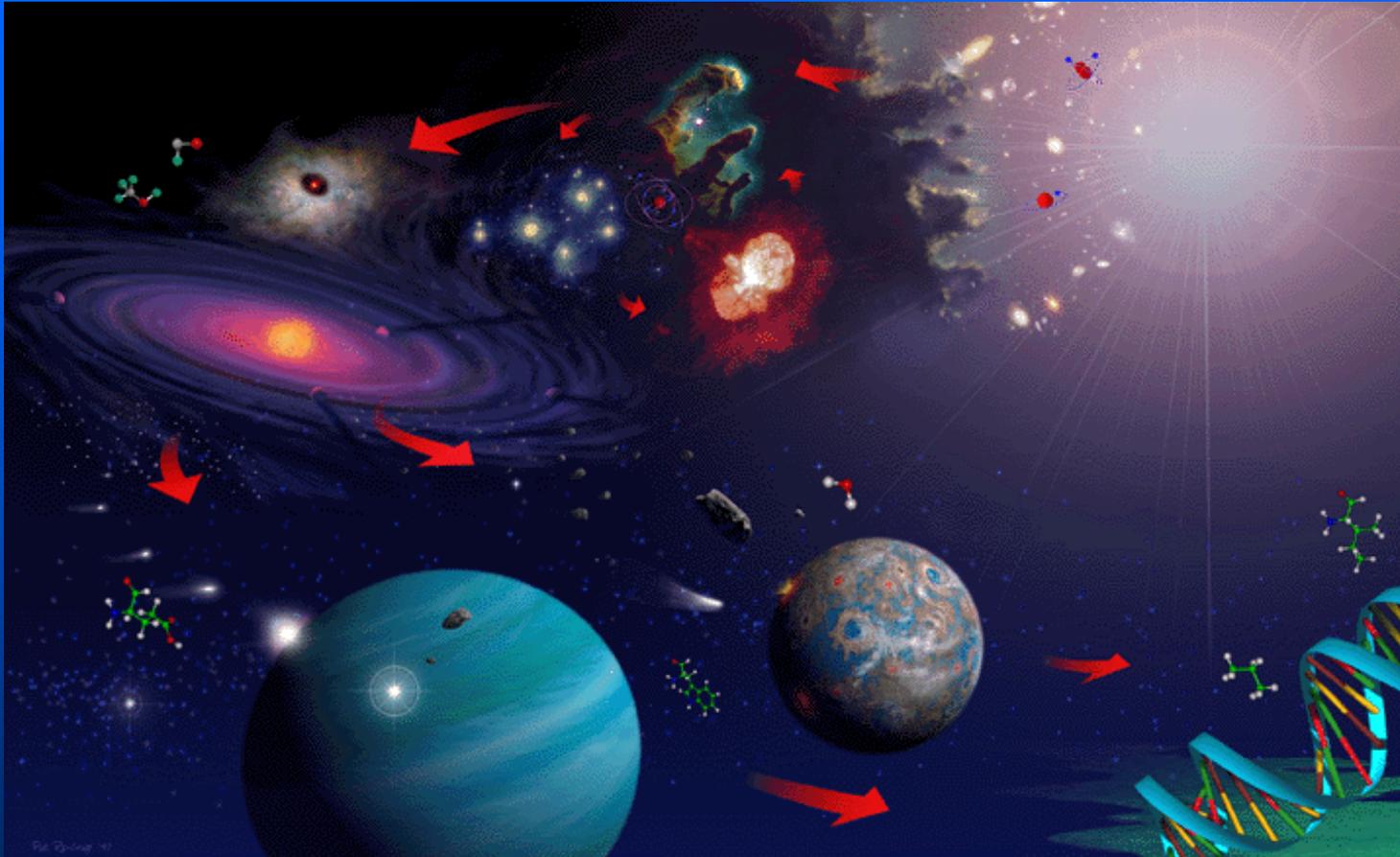
# Die Geometrie des Kosmos



# Spontane Symmetriebrüche

1. Vorher – Nachher Situationen
2. Zeit
3. Irreversibilität
4. Nichtgleichgewichte ...

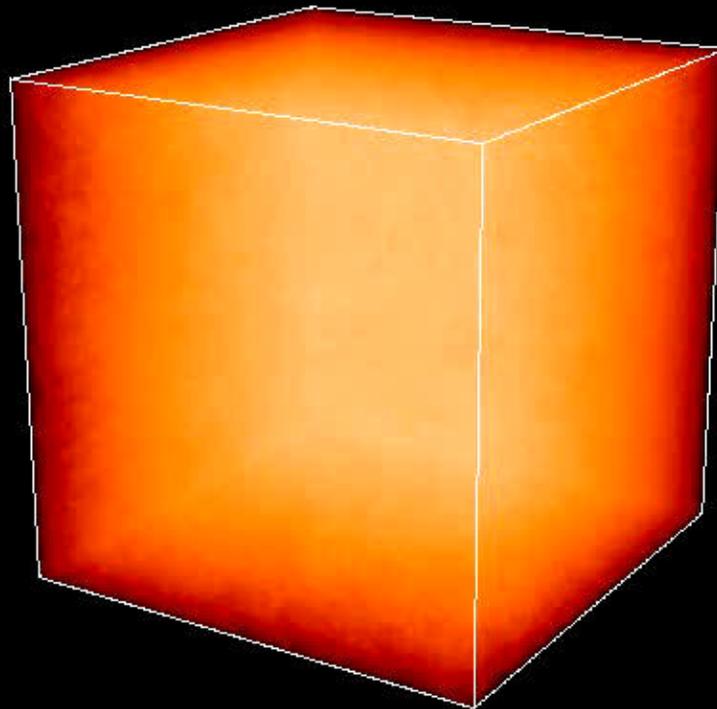
# Die größte Geschichte aller Zeiten ...



**Selbstentfaltung des materiellen Seins !  
Vom Einfachen zum Komplexen – vom Urknall zum Gehirn !**

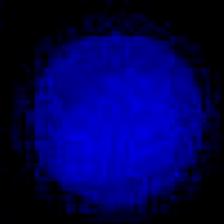
# Nichtlinearität zerstört *Kausalität*

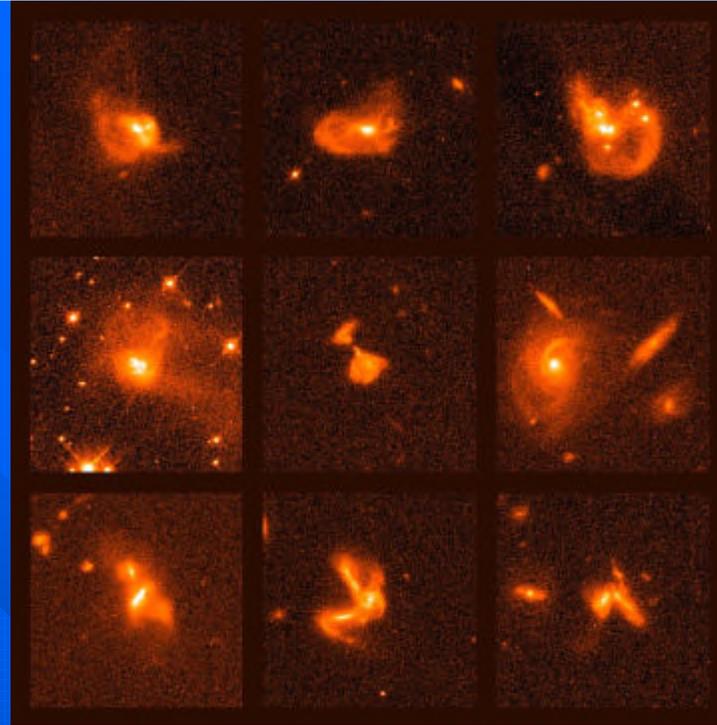
Gedächtnisverlust durch Komplexität  
So entsteht der Zeitpfeil



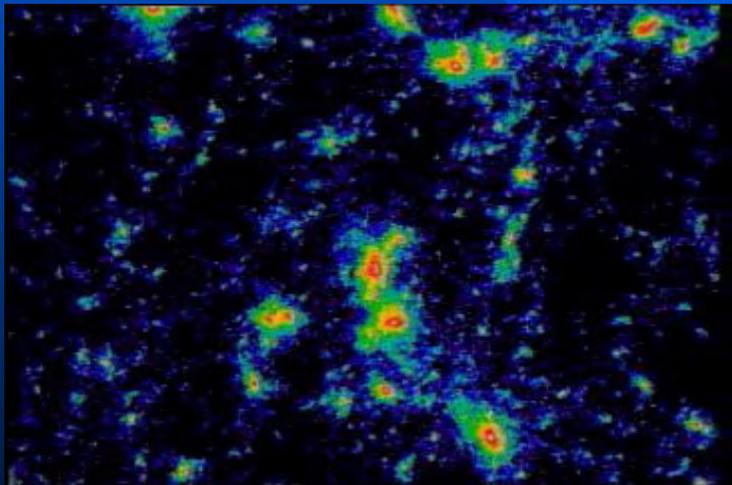
# Strukturen im expandierenden Kosmos

$z=49.000$

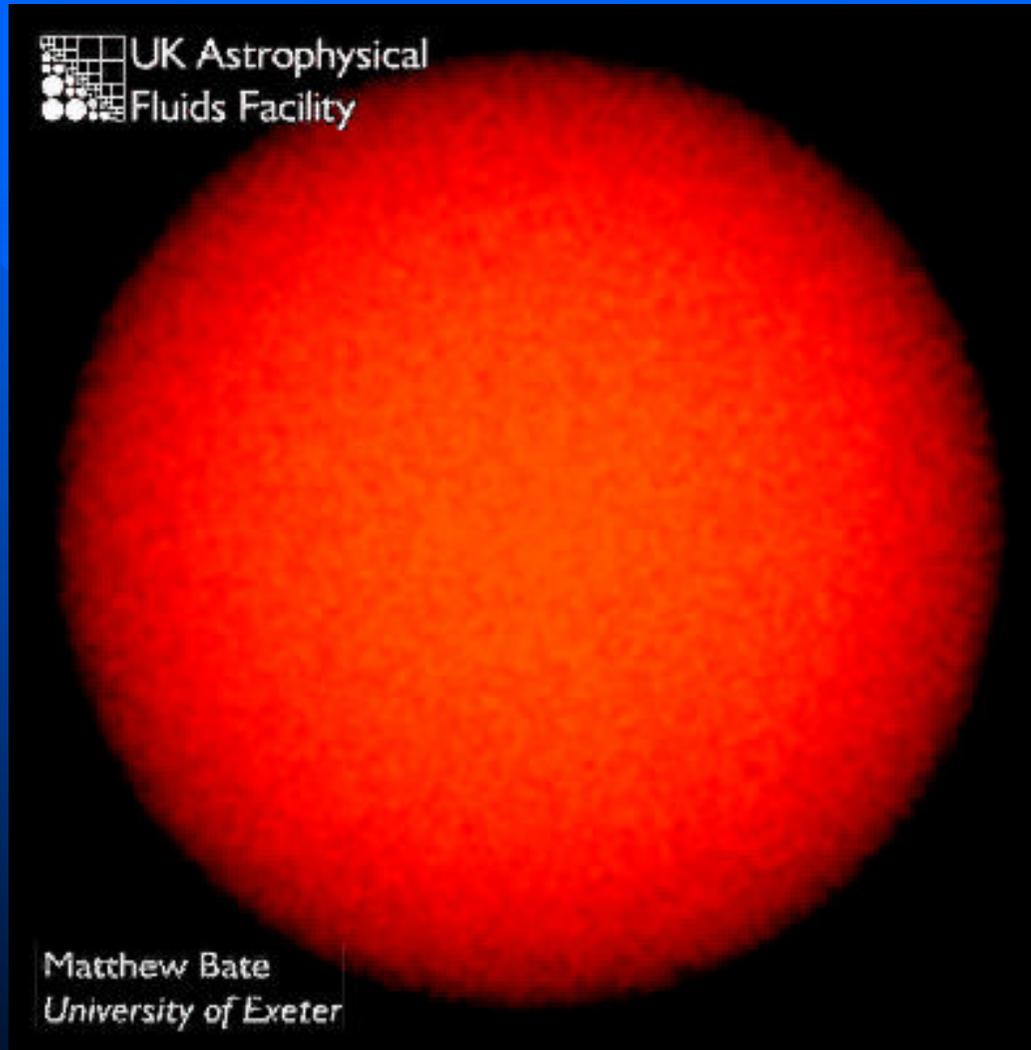




Galaxien-  
Kollisionen

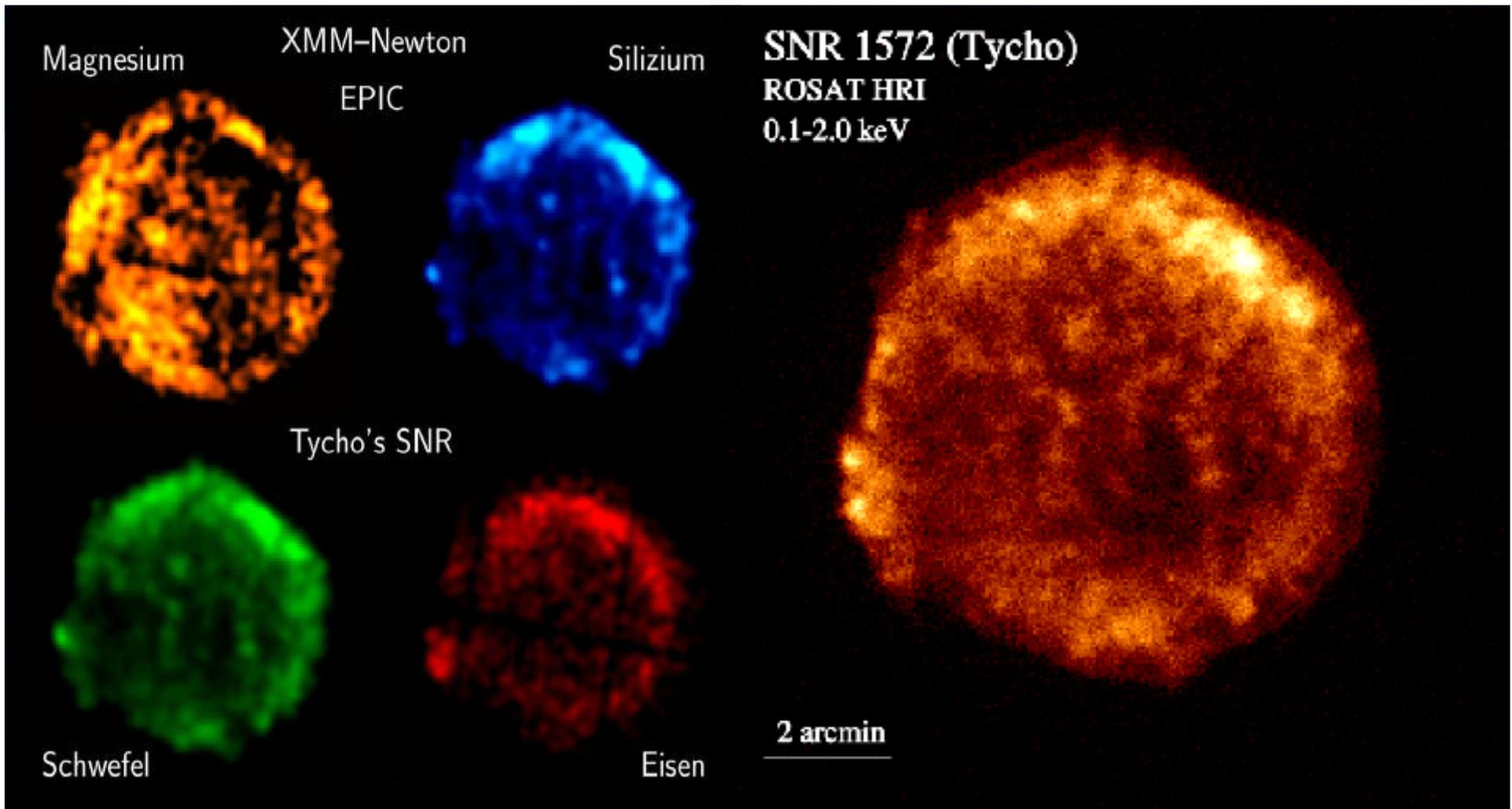


# Das Werden von Sternen



# Die Quelle der Elemente Sterne & Kerne





Elementspedition Supernova – Just in Time ...

# Periodensystem

H																	He
Li	Be											B	C	N	O	F	Ne
Na	Mg											Al	Si	P	S	Cl	Ar
K	Ca	Sc	Ti	V	Cr	Mn	Fe	Co	Ni	Cu	Zn	Ga	Ge	As	Se	Br	Kr
Rb	Sr	Y	Zr	Nb	Mo	Tc	Ru	Rh	Pd	Ag	Cd	In	Sn	Sb	Te	I	Xe
Cs	Ba		Hf	Ta	W	Re	Os	Ir	Pt	Au	Hg	Tl	Pb	Bi	Po	At	Rn
Fr	Ra		Rf	Da	Sg	Bh	Hs	Mt	Ds	Uuu	Uub						
		La	Ce	Pr	Nd	Pm	Sm	Eu	Gd	Tb	Dy	Ho	Er	Tm	Yb	Lu	
		Ac	Th	Pa	U	Np	Pu	Am	Cm	Bk	Cf	Es	Fm	Md	No	Lr	

# **Die Welt als Selbstorganisationsprozess (Causa Sui)**

- 1. Zeitsymmetrische Naturgesetze**
- 2. Kleine Abweichungen erzeugen neue Möglichkeiten**
- 3. Instabilitäten versuchen Ungleichgewichte auszugleichen**
- 4. Energieflüsse treiben die Welt**
- 5. Kritische Situationen treiben Entscheidungen**
- 6. Im Meer der Unordnung entstehen Inseln der Ordnung**

**Momente können Schlüssel sein zu Türen, die entweder auf- oder zugehen und uns in Korridore führen, die unserem Leben eine völlig neue Richtung geben können.**



Carl Friedrich von Weizsäcker:

***Die rationale Physik  
sieht nur die  
Oberfläche der  
Wirklichkeit.***

***Die Physik  
erklärt nicht  
die Geheimnisse der Natur,  
sie führt sie auf  
tiefer liegende Geheimnisse zurück.***