

# Zeitreise vom Urknall ins Heute

Ute Löw

Schnupperuniversität  
9.10.2003



# Blick auf den nächtlichen Sternenhimmel

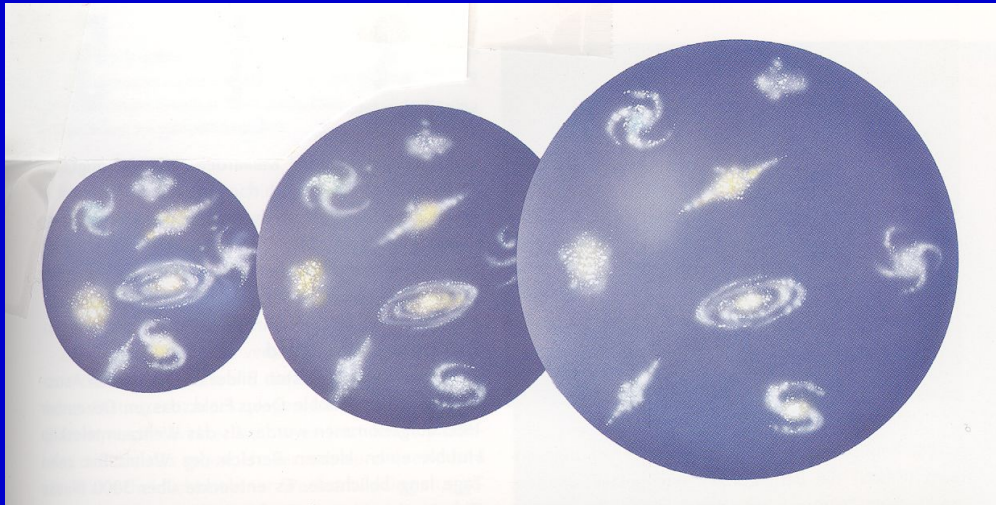
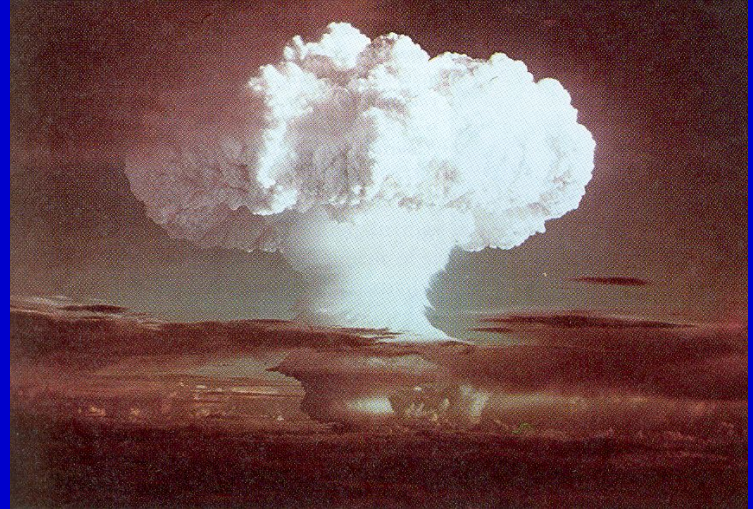


Universum befindet sich im Zustand einer gewaltigen Explosion.

**Urknall:** Explosion, die den gesamten Raum ausfüllt.

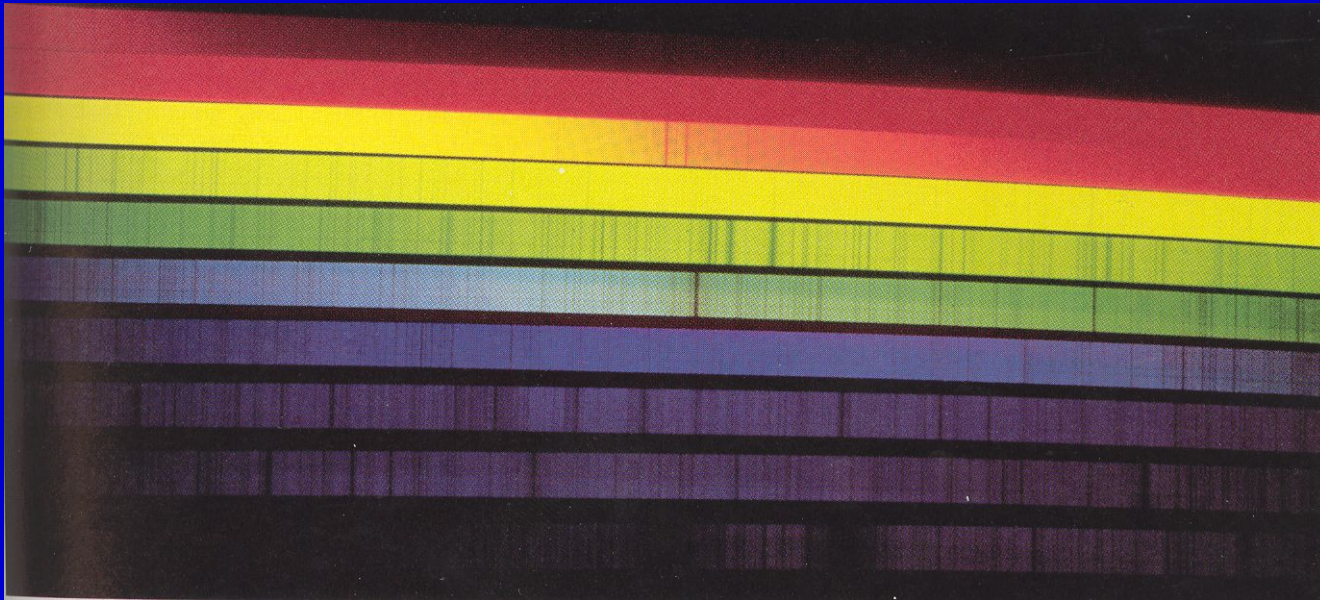
Keine Explosion im eigentlichen Sinn.

Aufblasen eines Ballons

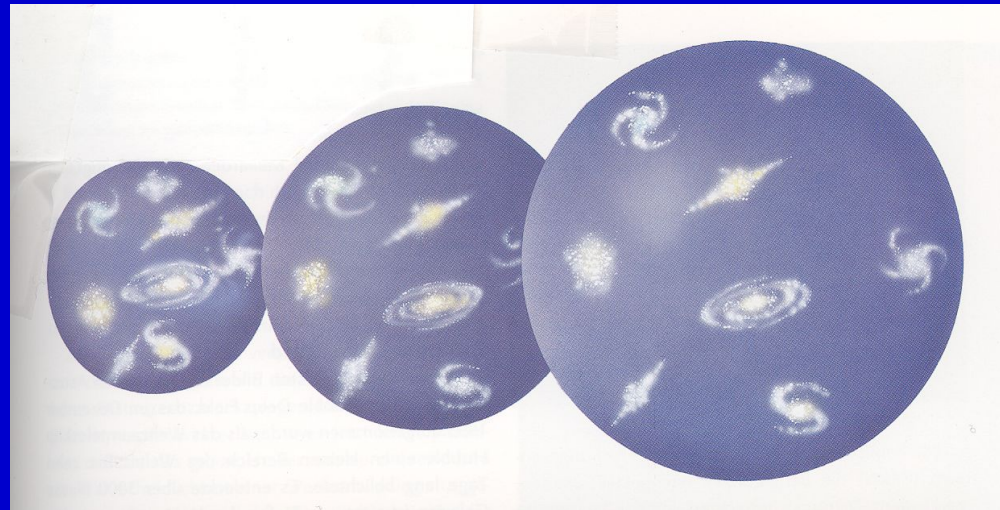
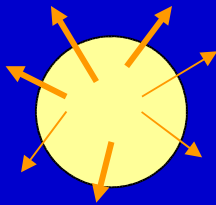


Hubble 1929: Die anderen Galaxien bewegen von uns weg. Ihre Geschwindigkeit ist proportional zu ihrer Entfernung zu uns.

Rotverschiebung der Spektrallinien aufgrund des Doppler Effektes.



Zurückgehen in der Zeit:  
Galaxien waren früher näher zusammen.

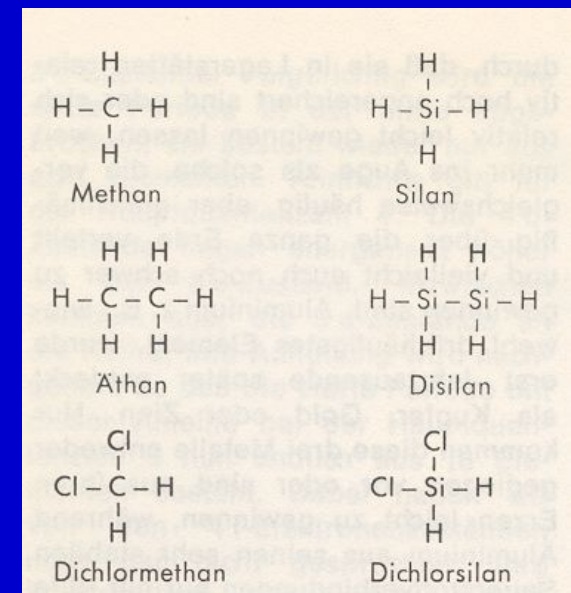
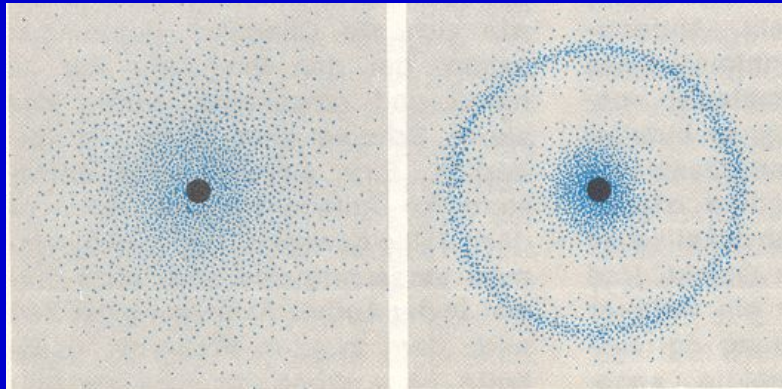
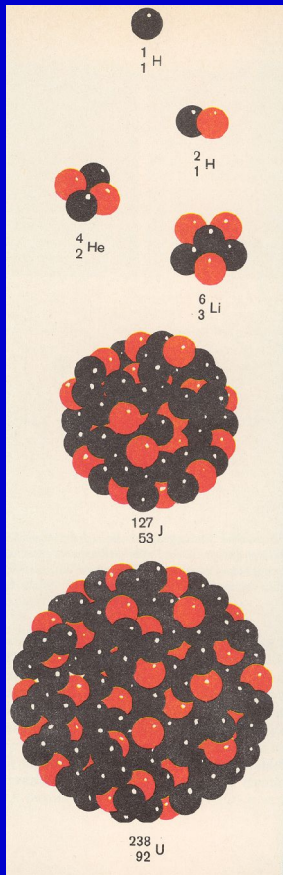


Frühes Universum: Ultraheisser Feuerball, der explodiert und sich dabei abkühlt (Urknall, Bing Bang).

Standardmodell der Kosmologie.

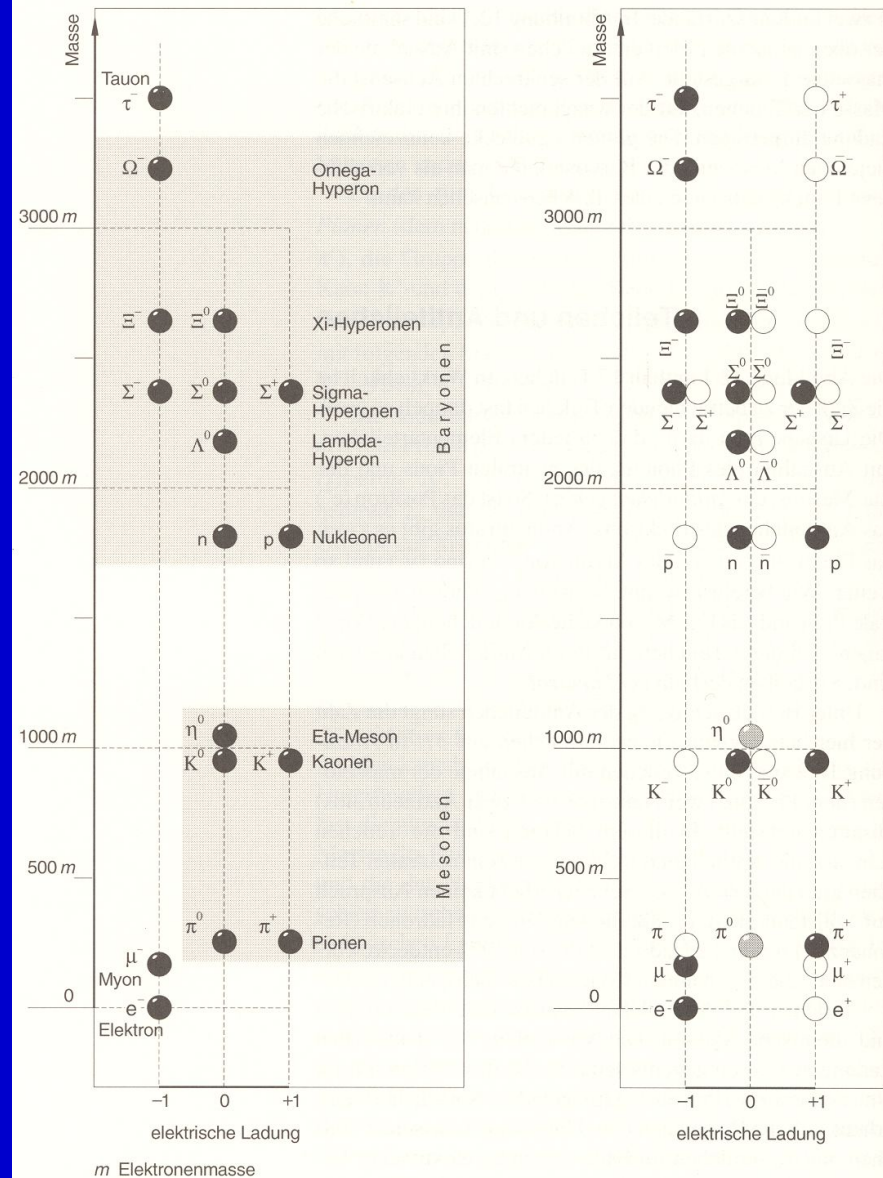
Wie sah dieser Feuerball nach 1/100 Sekunde, nach ein paar Sekunden, nach einigen Minuten und Jahren und Jahrmillionen aus?

Nicht wie die Materie die Sie kennen: Atomen, Molekülen



Materie ist in Bausteine aufgelöst: Protonen, Neutronen, Elektronen und Photonen ...

Aber auch andere Teilchen: Pi-Mesonen, Myonen, Positronen, Antineutronen, Anti-Protonen ...




# Was geschieht mit dem Feuerball ?

t=0  t=14 Milliarden Jahre

Er kühlt sich ab, er dehnt sich aus, seine Dichte nimmt ab

1/100 Sekunde	100 000 Millionen Grad
1/10 Sekunde	30 000 Millionen Grad
1 Sekunde	10 000 Millionen Grad
3 Minuten	1 000 Millionen Grad
300 000 Jahre	3000 Grad
1 Milliarde Jahre	20 Grad
heute	3 Grad

70 mal so heiss  
wie das Sonneninnere

 gemeint sind  
Kelvin nicht Celsius  
0 Grad Kelvin= -273 Grad Celsius



Vom Anfang:  
t=0

Bis heute:  
14 Milliarden  
Jahre  
später

t=14 Milliarden  
Jahre  
(Alter des  
Universums)

1 ▶ Zeit: 0. Das Universum beginnt; Raum und Zeit werden geboren. Materie und Energie entstehen.

3 ▶ Zeit: etwa 5 Milliarden Jahre heute). Temperatur: 10<sup>4</sup> K. Menschen entwickeln sich. Sie unteruchen das Universum.

7 ▶ Zeit: eine Milliarde Jahre (10<sup>9</sup> Jahre). Temperatur: 20 K. Die Materie im Universum beginnt zusammenzuklumpen. Es bilden sich Galaxien, in denen Sterne entstehen.

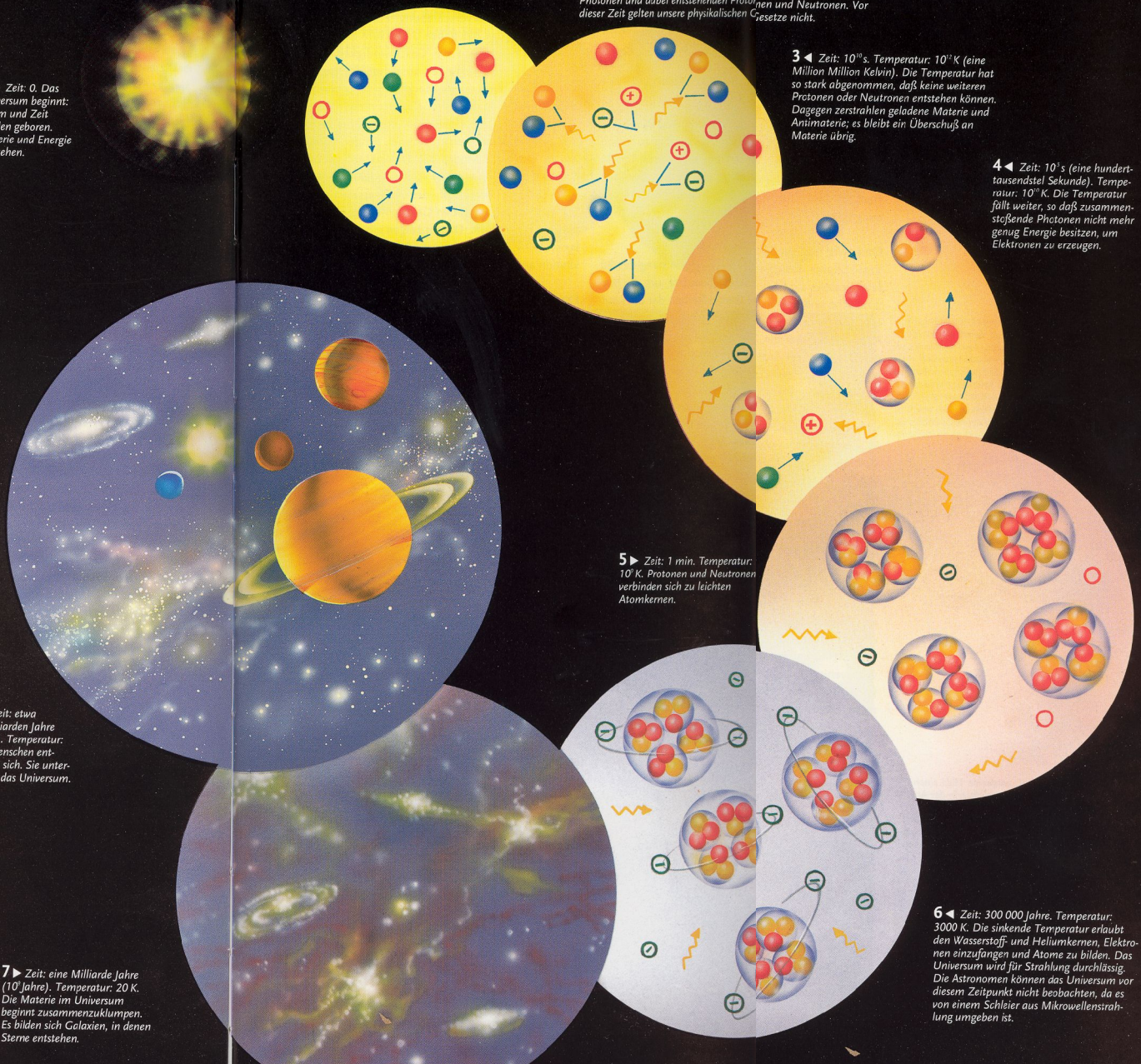
2 ◀ 5,4 × 10<sup>-43</sup> s (die Planck-Zeit). Temperatur: 10<sup>32</sup> K. Das Universum ist eine „kosmische Suppe“ aus Materie, Antimaterie, extrem starker Strahlung und Gravitation, mit zusammenstoßenden Photonen und dabei entstehenden Protonen und Neutronen. Vor dieser Zeit gelten unsere physikalischen Gesetze nicht.

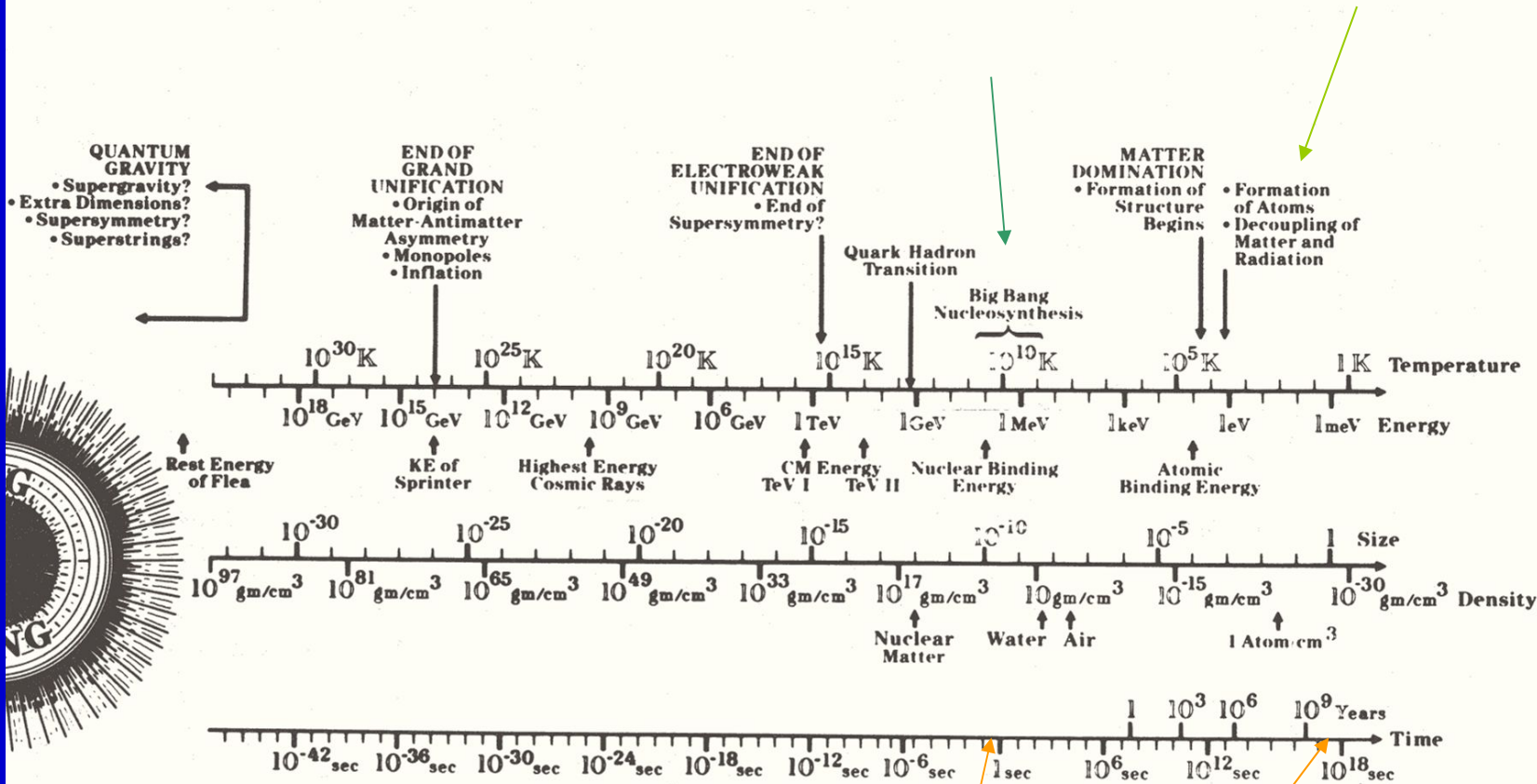
3 ◀ Zeit: 10<sup>-6</sup> s. Temperatur: 10<sup>10</sup> K (eine Million Million Kelvin). Die Temperatur hat so stark abgenommen, daß keine weiteren Protonen oder Neutronen entstehen können. Dagegen zerstrahlen geladene Materie und Antimaterie; es bleibt ein Überschuß an Materie übrig.

4 ◀ Zeit: 10<sup>-5</sup> s (eine hunderttausendstel Sekunde). Temperatur: 10<sup>9</sup> K. Die Temperatur fällt weiter, so daß zusammenstoßende Photonen nicht mehr genug Energie besitzen, um Elektronen zu erzeugen.

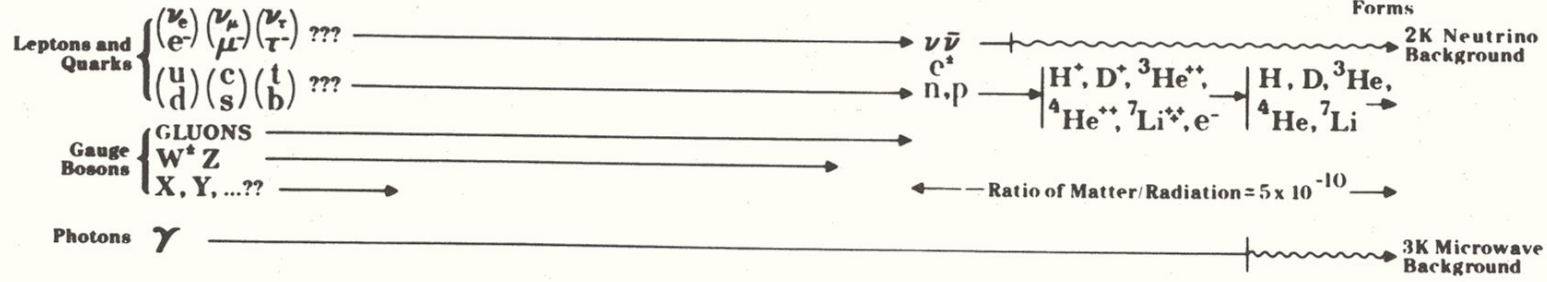
5 ▶ Zeit: 1 min. Temperatur: 10<sup>3</sup> K. Protonen und Neutronen verbinden sich zu leichten Atomkernen.

6 ◀ Zeit: 300 000 Jahre. Temperatur: 3000 K. Die sinkende Temperatur erlaubt den Wasserstoff- und Heliumkernen, Elektronen einzufangen und Atome zu bilden. Das Universum wird für Strahlung durchlässig. Die Astronomen können das Universum vor diesem Zeitpunkt nicht beobachten, da es von einem Schleier aus Mikrowellenstrahlung umgeben ist.





**CONSTITUENTS**



**NOW**  
 Galaxy Forms  
 Solar System Forms

Nach **ca. 10 Sekunden**: Energie soweit abgesunken, dass Elektronen und ihre Antiteilchen (Positronen) nicht mehr aus Licht erzeugt werden können (T= 3000 Millionen Kelvin). Das Universum ist **lichterfüllt**. Es bilden sich **erste leichte Kerne** : Helium, Deuterium, Tritium (Isotope des Wasserstoffs).

Nach **einigen Minuten**:  
Das Universum besteht aus wenigen leichten Kernen, vor allem aus Heliumkernen und einigen Protonen.

Nach **700 000 Jahren**: Bilden sich **Atome** aus den freien Elektronen und Kernen.

Nach ca. **1 Milliarde Jahren**: Materie im Universum beginnt zusammenzuklumpen (**Galaxienentstehung**).

# Entwicklung des frühen Univerums:

Nach **1/100 Sekunde**: 100 000 Millionen Grad

Die Materie ist in Bausteine aufgelöst:

**Protonen, Neutronen, Elektronen.**

Aber auch andere Teilchen: **Pi-Mesonen, Myonen und Strahlung ( Photonen ).**

Das Elektron und sein Antiteilchen werden ständig **vernichtet d.h. in Licht umgewandelt,**

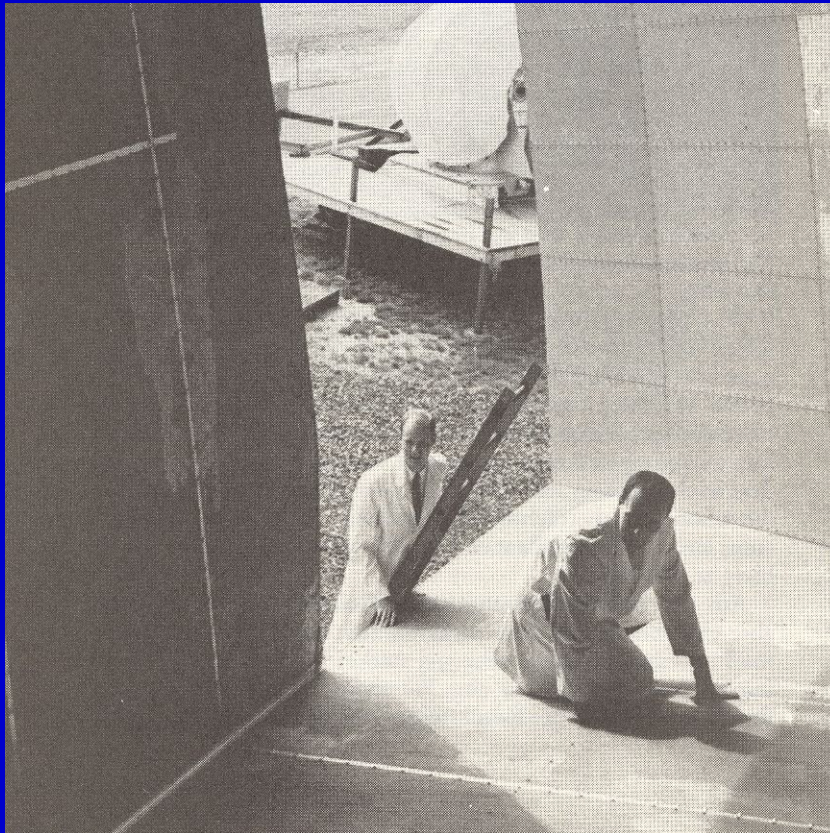
umgekehrt werden sie mit der gleichen Rate aus Licht wieder erzeugt.

**Das Universum ist strahlungsdominiert.**

**Radiohintergrundrauschen** Radorauschen, das bis in die Anfänge des Universums zurückgeht ( **3 Kelvin-Strahlung** )

**Penzias, Wilson 1964/65** bei einer Wellenlänge von 7.35 cm entdeckt.

Von Richtung am Himmel weitgehend unabhängig.



Steven Weinberg  
Die ersten  
drei Minuten

Der Ursprung des Universums

SERI  
PIPER

GRAVITATION

Claus Kiefer

- ▶ Himmelsmechanik
- ▶ Allgemeine Relativitätstheorie

elle  
ystem (GPS)

schwarze Löcher

itreisen



Das Kosmos Buch  
vom Weltraum

PAM SPENCE



LITERATUR