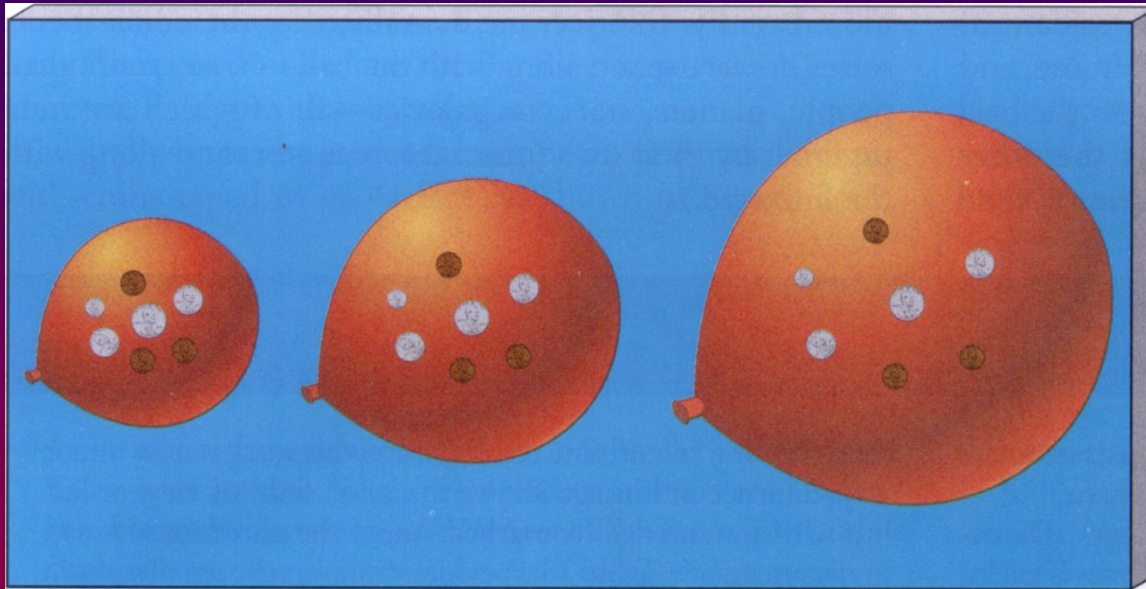


Der wilde Tanz der Teilchen

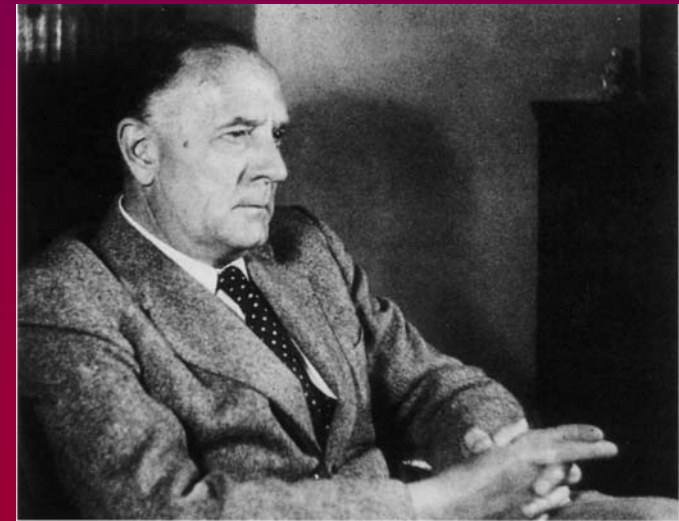
Die Geschichte vom Anfang der Welt

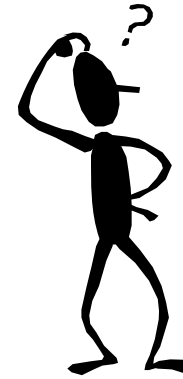
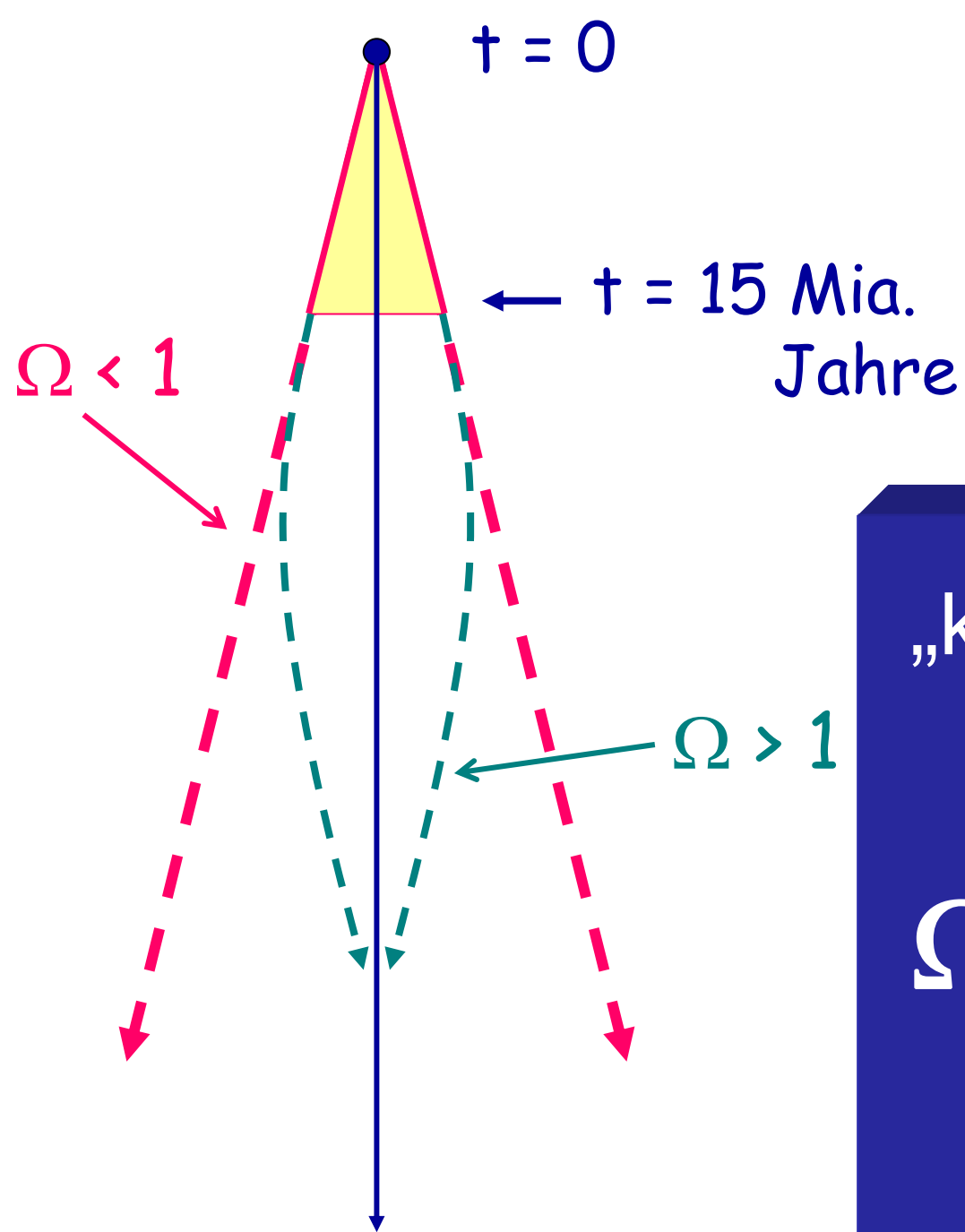
Rotverschiebung



Der Kosmos
bläht sich auf

Edwin Hubble
1929

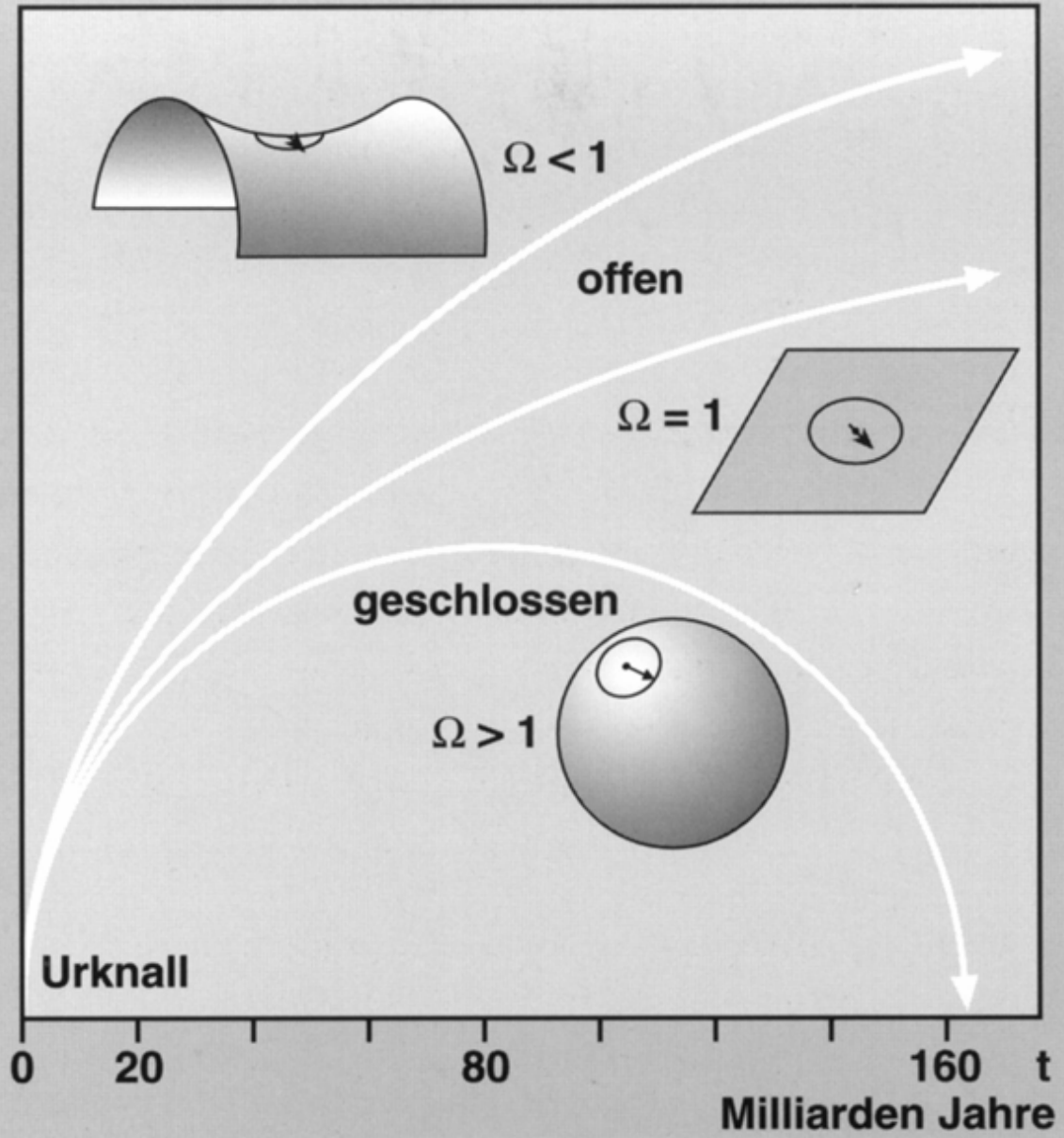




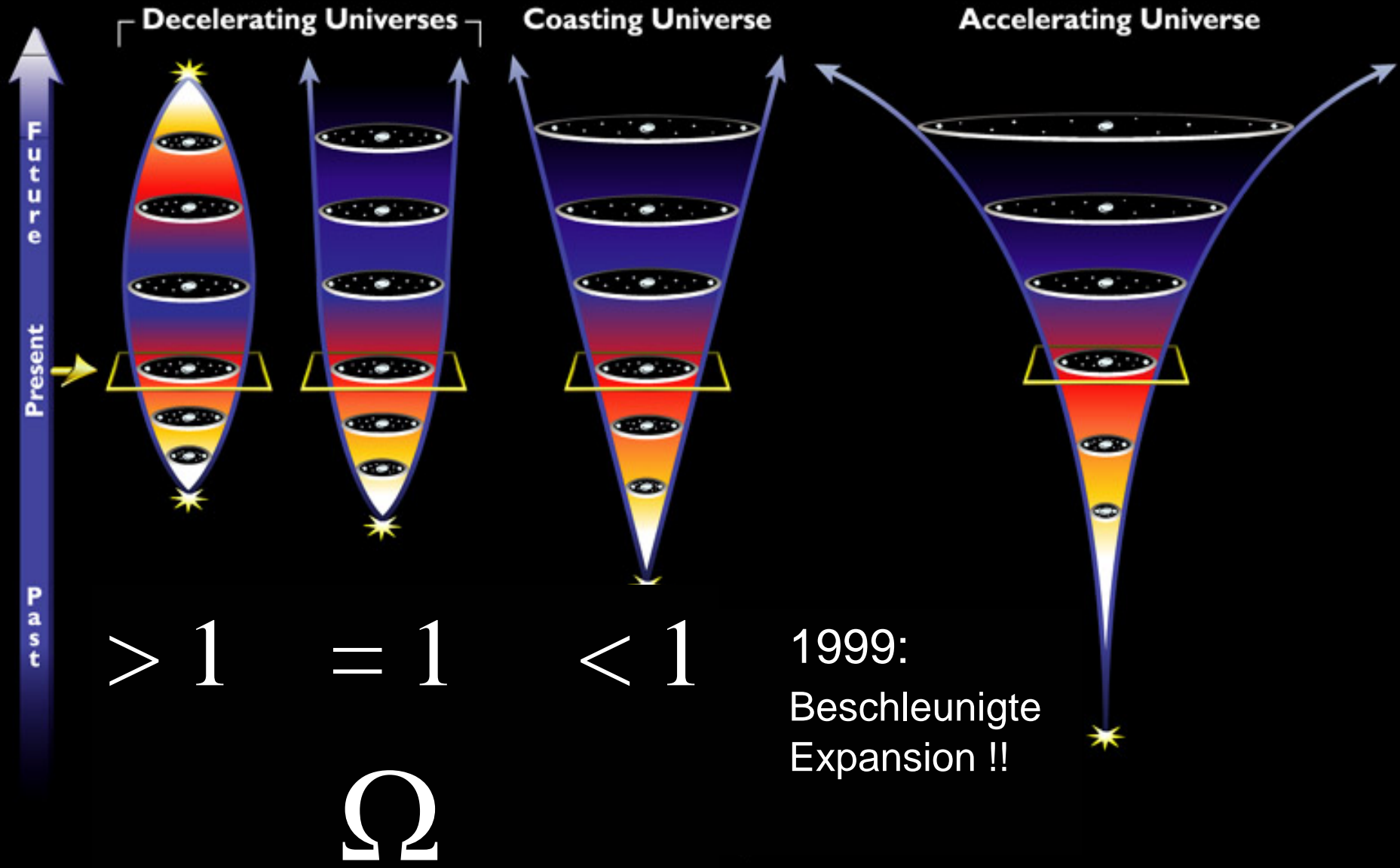
„kritische Dichte“
 $\approx 10^{-29} \text{ g/cm}^3$

$$\Omega = \frac{\text{tatsächliche Dichte}}{\text{kritische Dichte}}$$

Größe des Universums (R)



Possible Models of the Expanding Universe



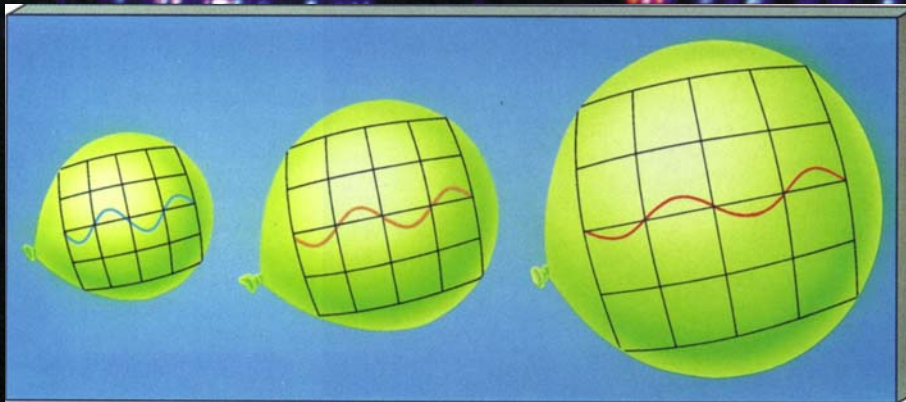
Die 3°K Hintergrund- strahlung



Penzias und Wilson, 1965

Wellenlängenspektrum der Hintergrundstrahlung

$$T = 2.735 \pm 0.006 \text{ K}$$
$$\gamma/p \approx 1 \text{ Milliarde} : 1$$

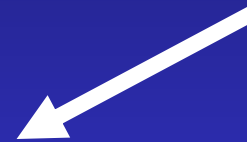


He/H - Verhältnis

Die dritte Säule der Urknall-Hypothese

75%	<i>H</i>
23%	<i>He</i>
2%	<i>alles andere</i>

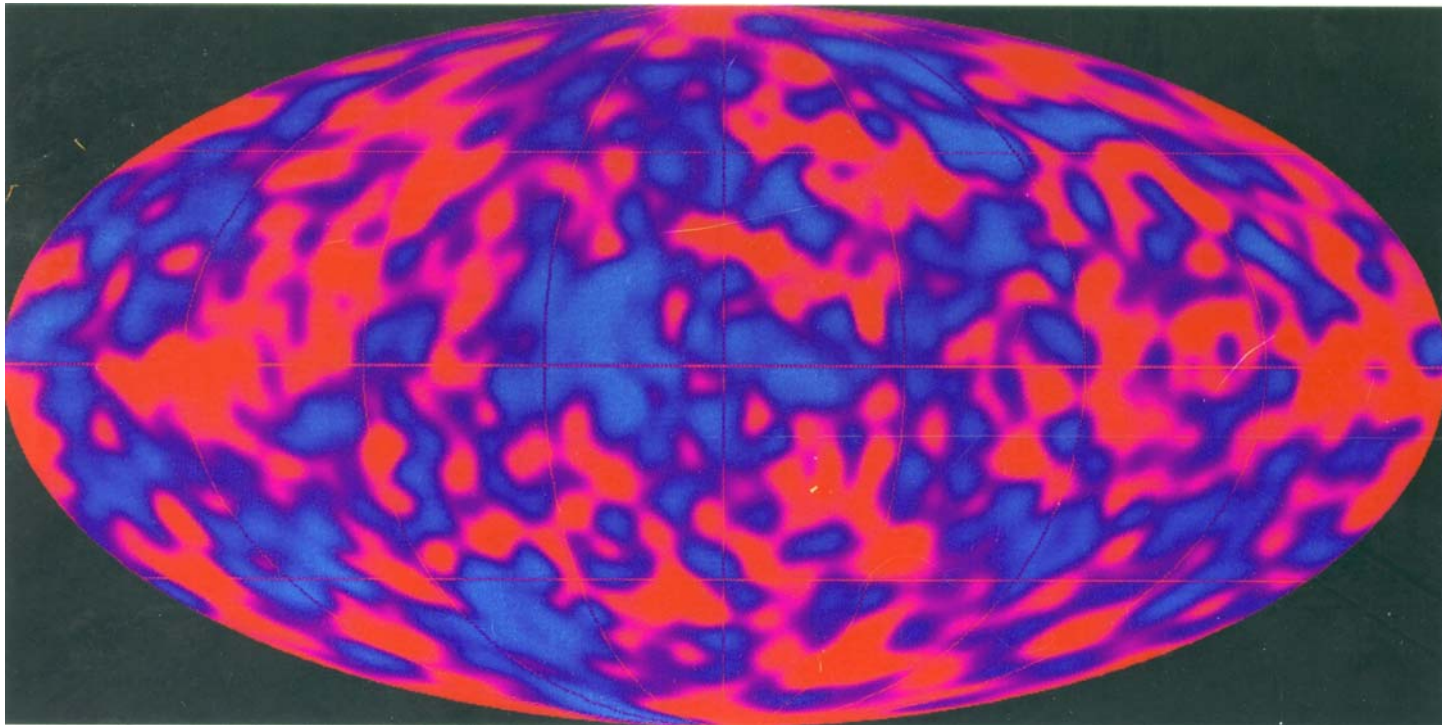
In Sternen erzeugt



Urknall-Modell:

$$\text{He/H} \approx 1/3$$

Die COBE-Karte von 1992: „Blick ins Antlitz Gottes“ (George Smoot)



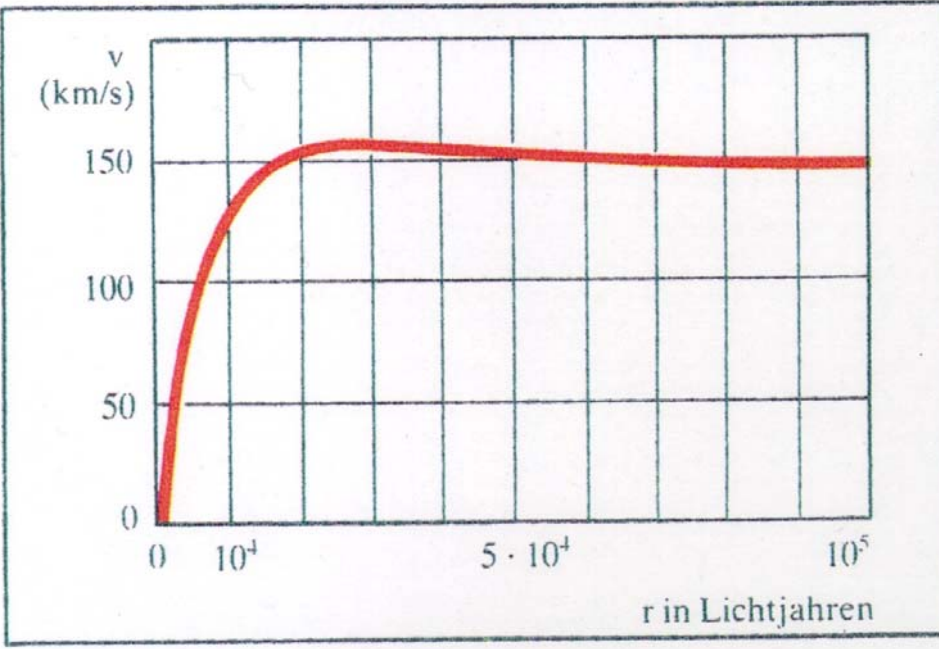
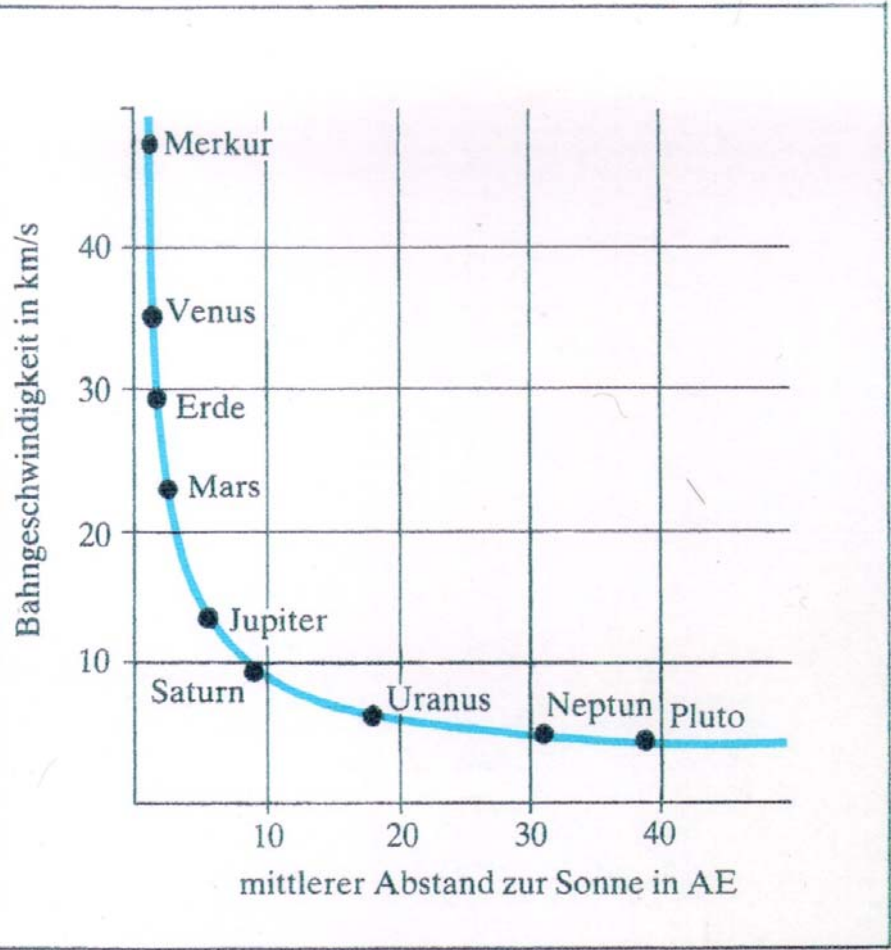
Fluktuationen von bis zu $60 \mu\text{K}$,
entstanden bei $t \approx 10^{-35}$ Sekunden.

Dunkle Materie

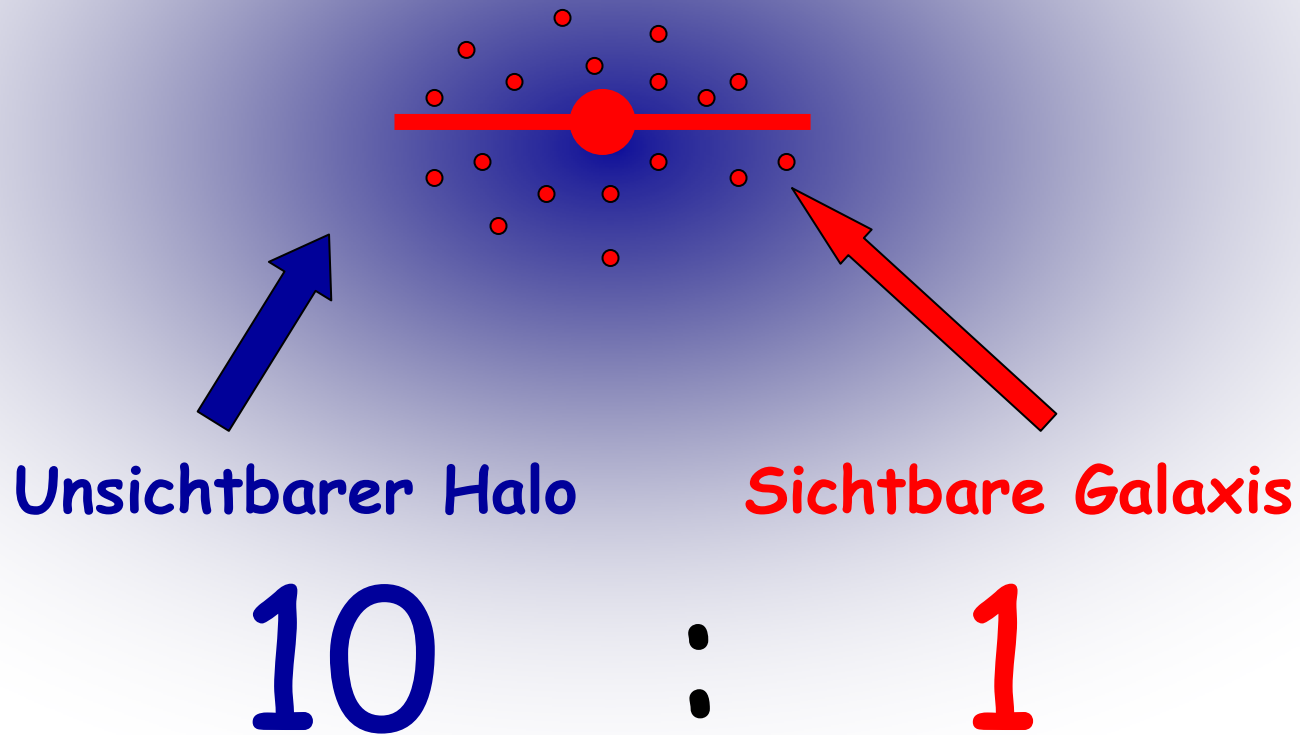
Ein großer Teil des Universums scheint aus einem Stoff zu bestehen, den unsere Beobachtungsinstrumente nicht wahrnehmen - Dunkler Materie

**Indiz Nr. 1:
Rotationskurven von Galaxien**

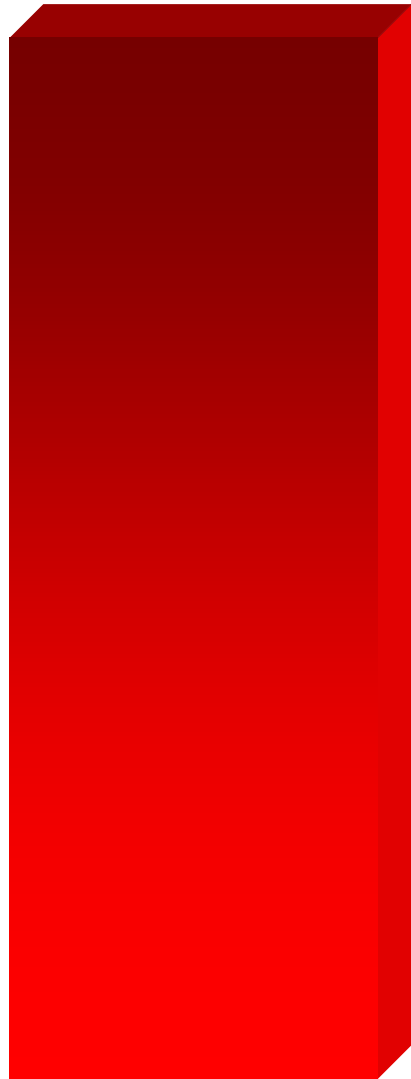




Dunkle Materie um unsere Galaxis



Dunkle Energie



Dunkle Materie



**Sichtbare
Materie**

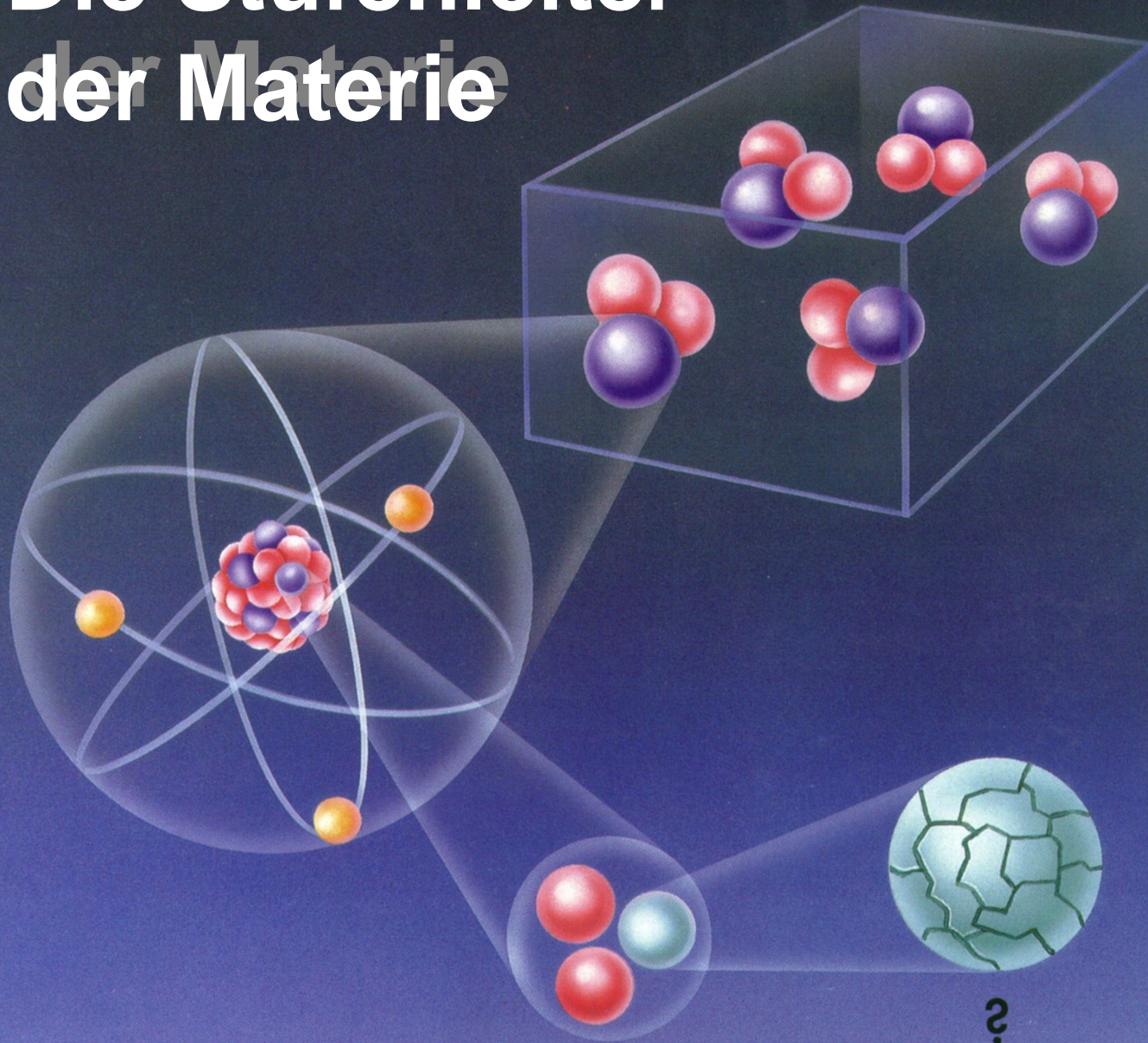


← **Exotisch**

← **Normale
Kernmaterie**

Omega \approx 1

Die Stufenleiter der Materie



Moleküle
 10^{-7} cm

Atom
 10^{-8} cm

Atomkern
 10^{-12} cm

Proton
 10^{-13} cm

**Quark,
Elektron**
 $< 10^{-16}$ cm

Die Kräfte der Natur

Kraft

Elektromagnetische Kraft

Schwerkraft

Starke Kraft

Schwache Kraft

Reichweite

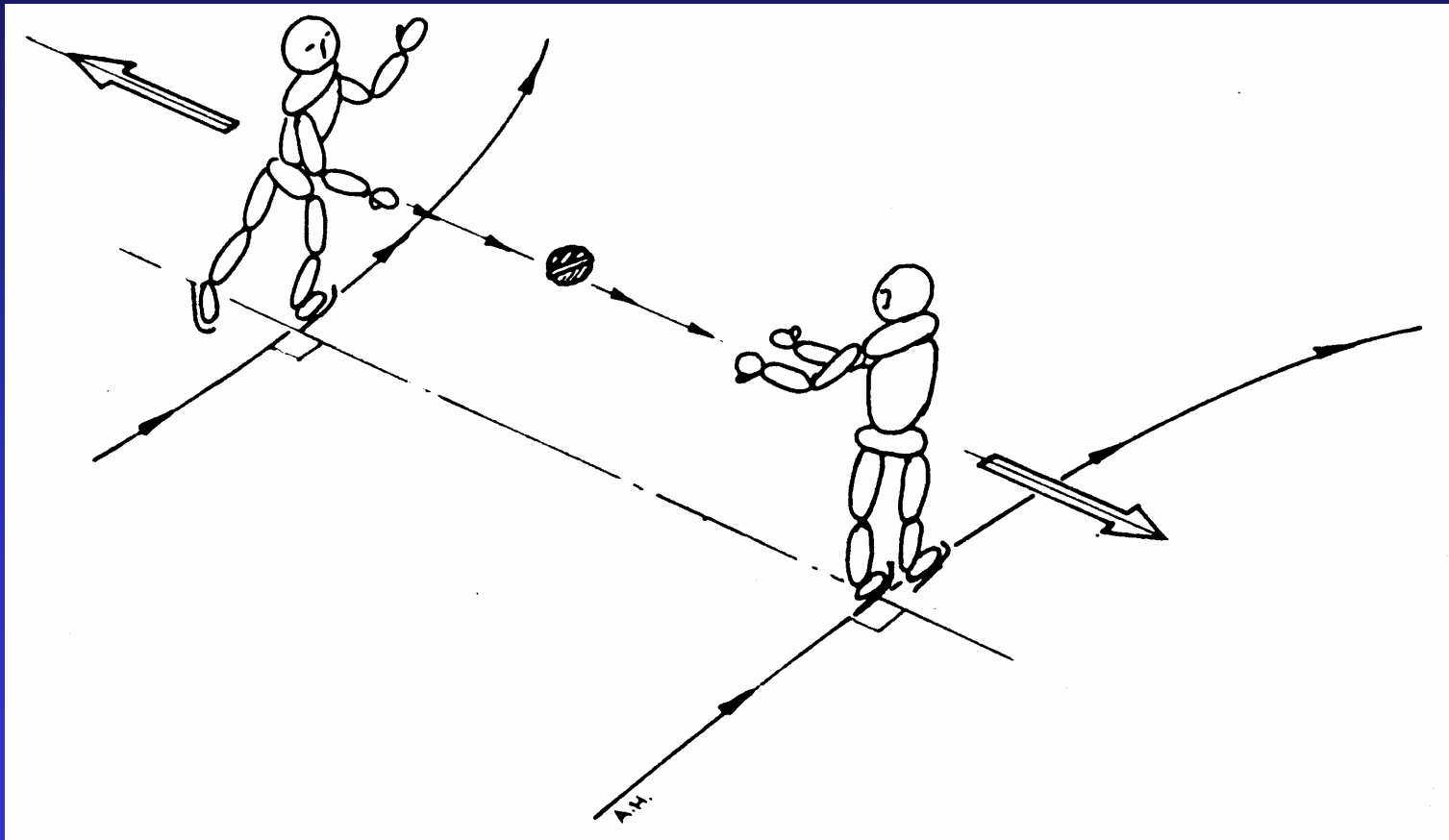
unendlich

unendlich

Kerndurchmesser

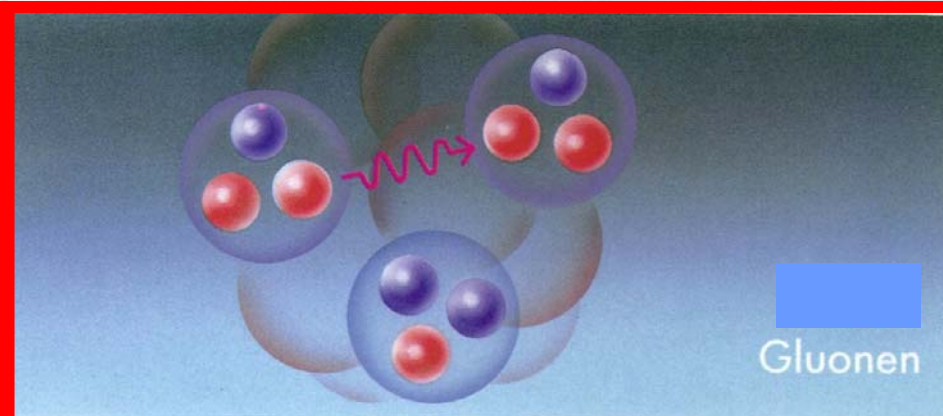
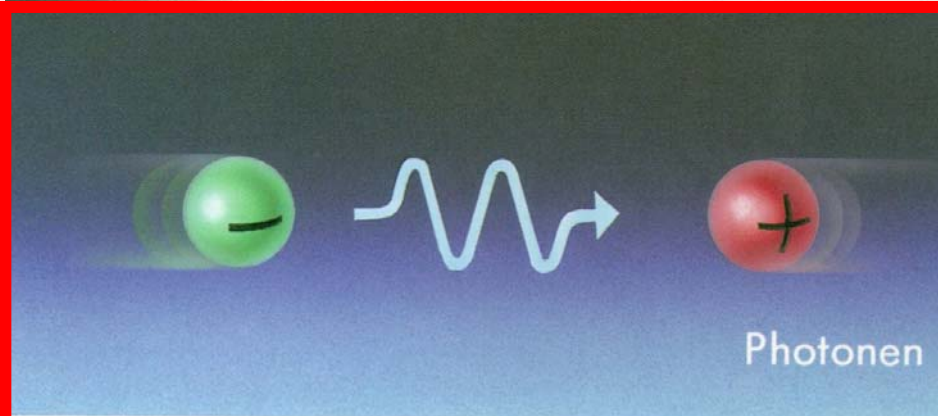
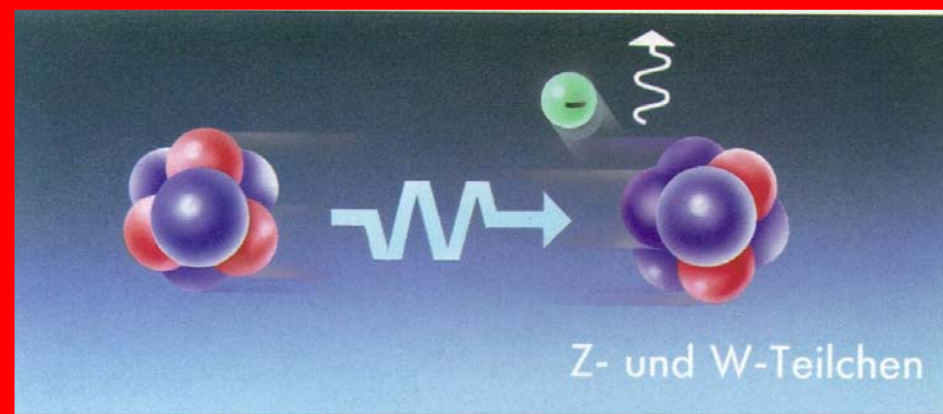
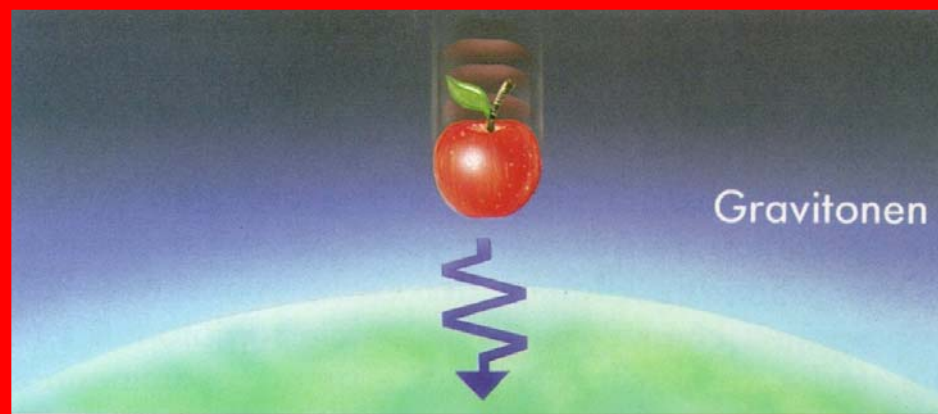
1/100 Kerndurchmesser

Teilchen als Kraftmittler



Schwerkraft

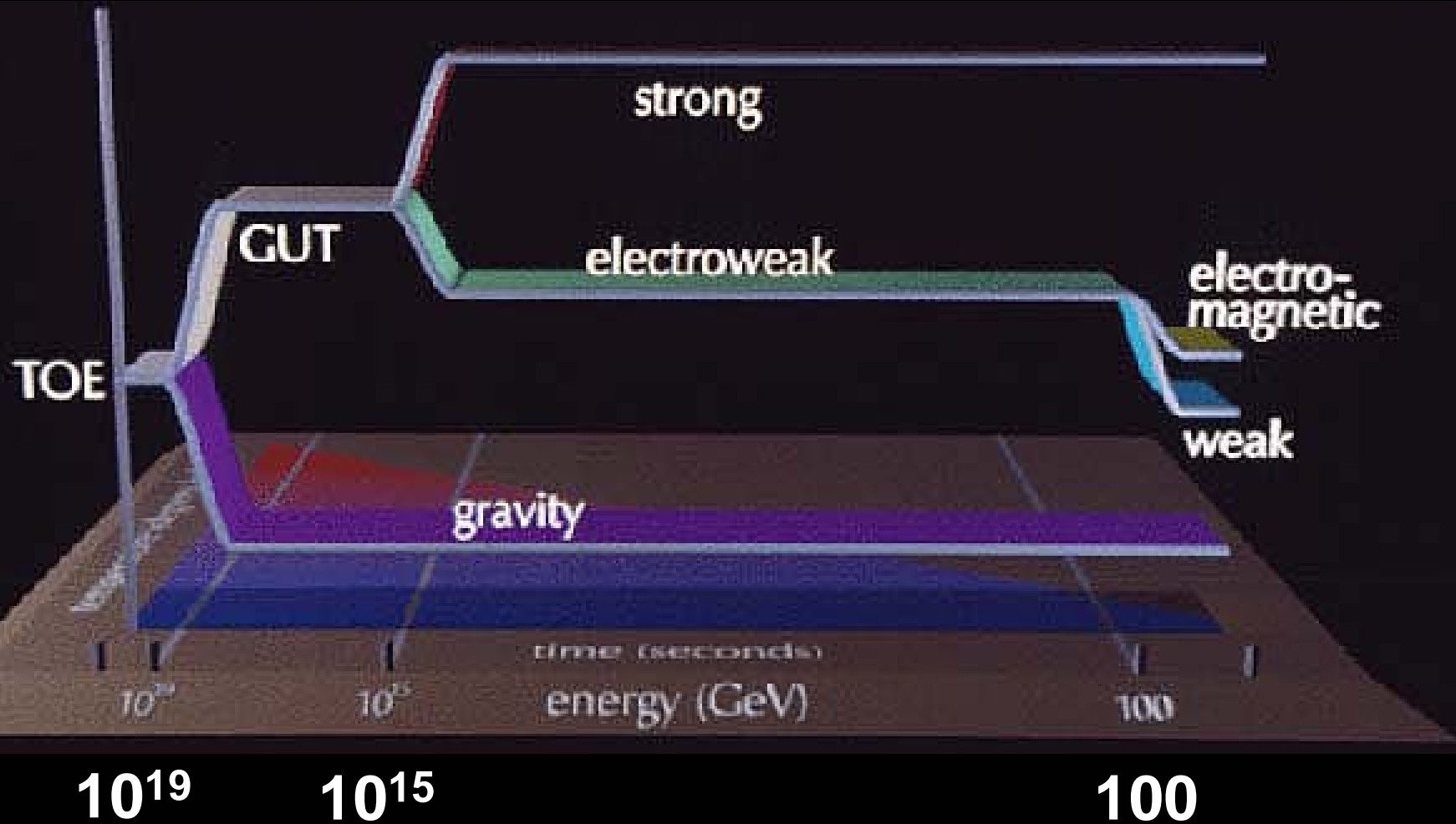
schwache Kraft



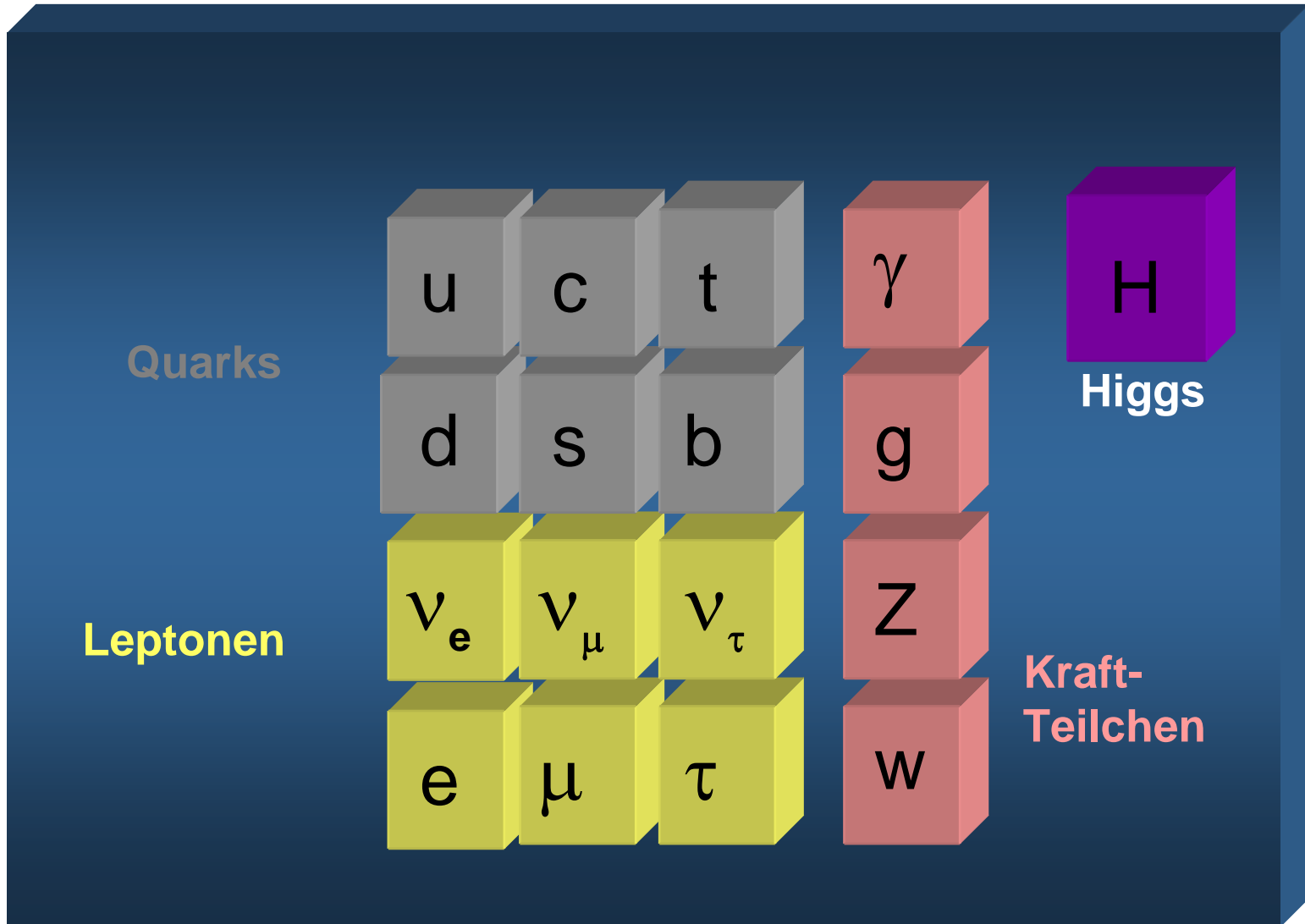
el.-magn.Kraft

starke Kraft

Die Vereinigung von Kräften

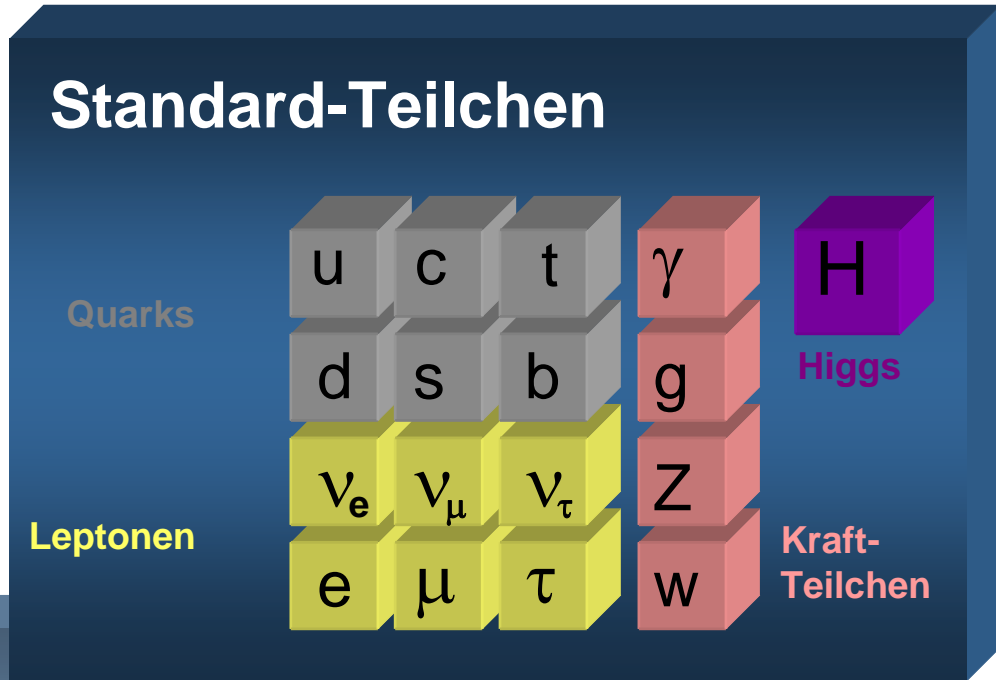


Der Baukasten der Natur




Supersymmetrie 2nd Generation

Eine Schattenwelt
aus SUSY-
Teilchen ?



Das kosmische

Drama

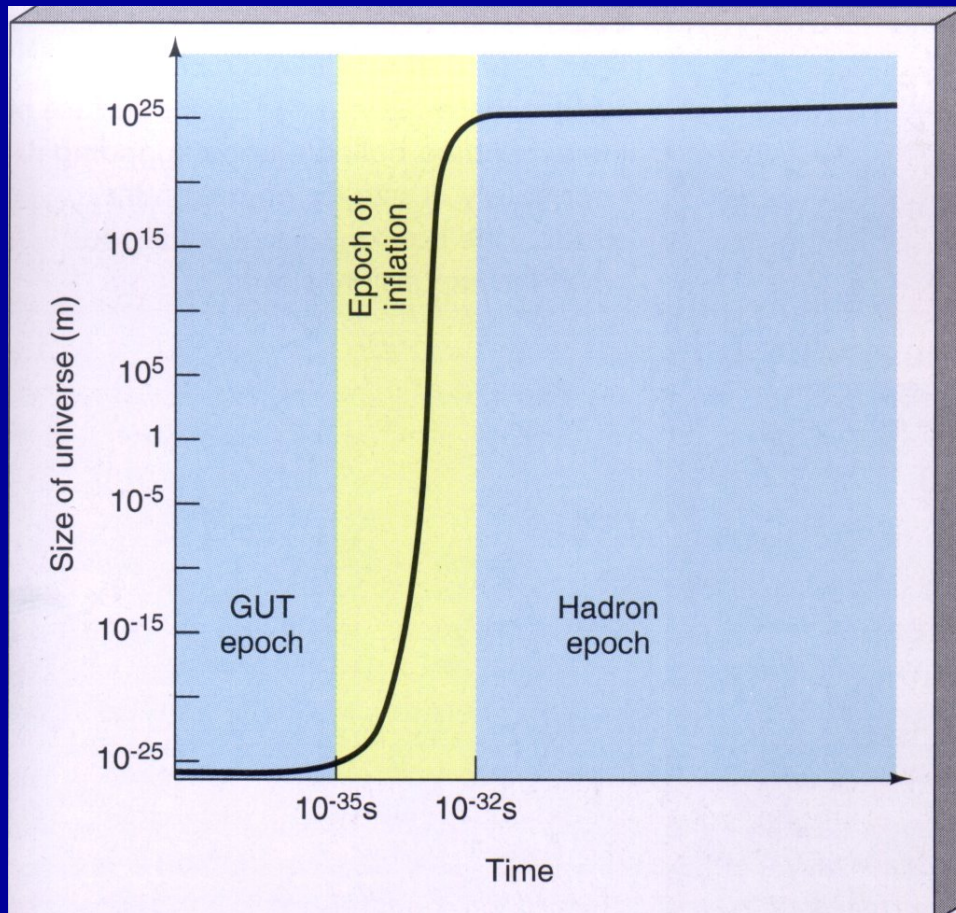


10^{-43} s:

Der Vorhang hebt sich ...

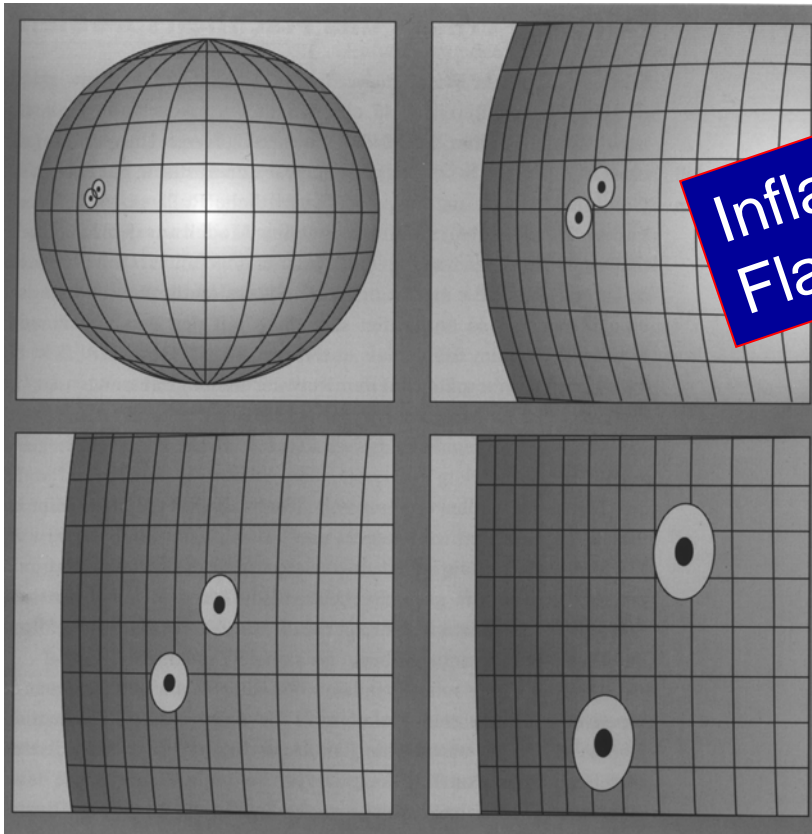
Raum und Zeit
sind "schaumig".

Die kosmische Inflation



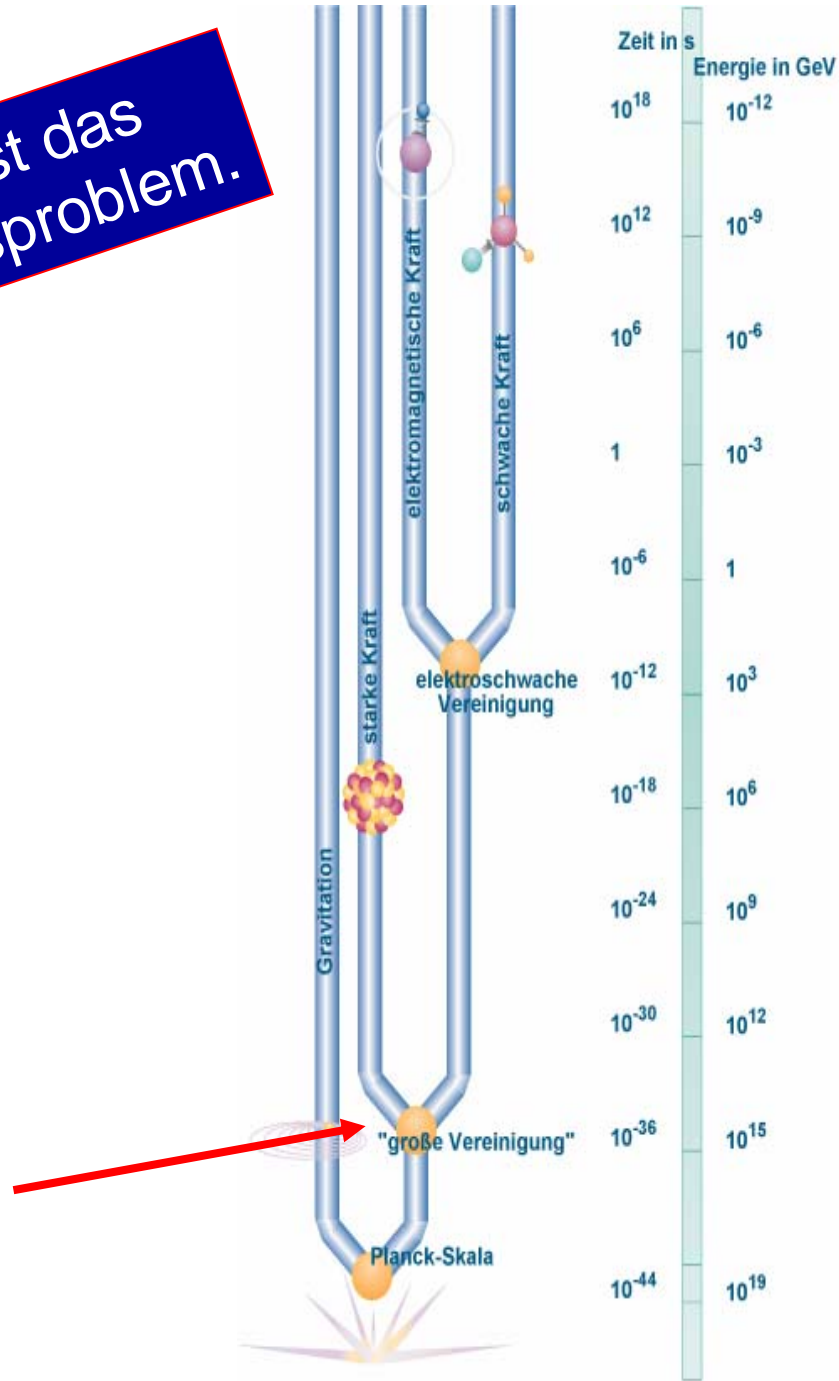
$$t = 10^{-35} - 10^{-32} \text{ s}$$

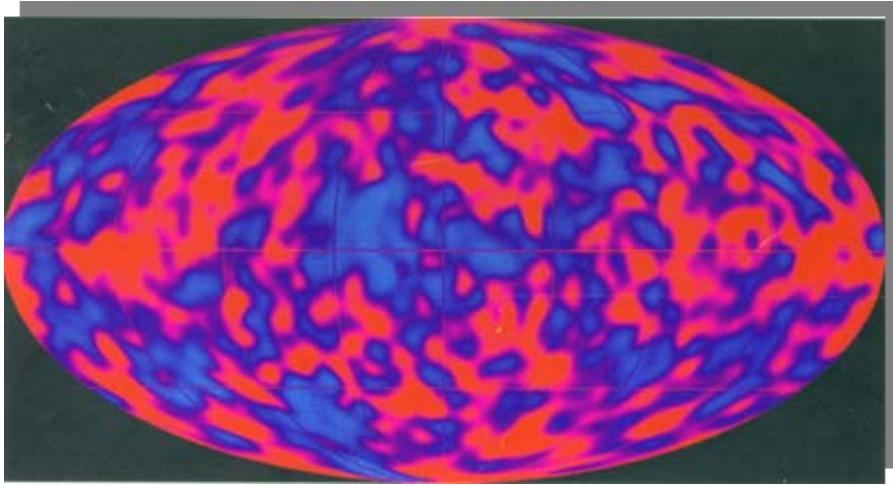
Aufblähen
um das
 10^{50} -fache
in 10^{-32}
Sekunden



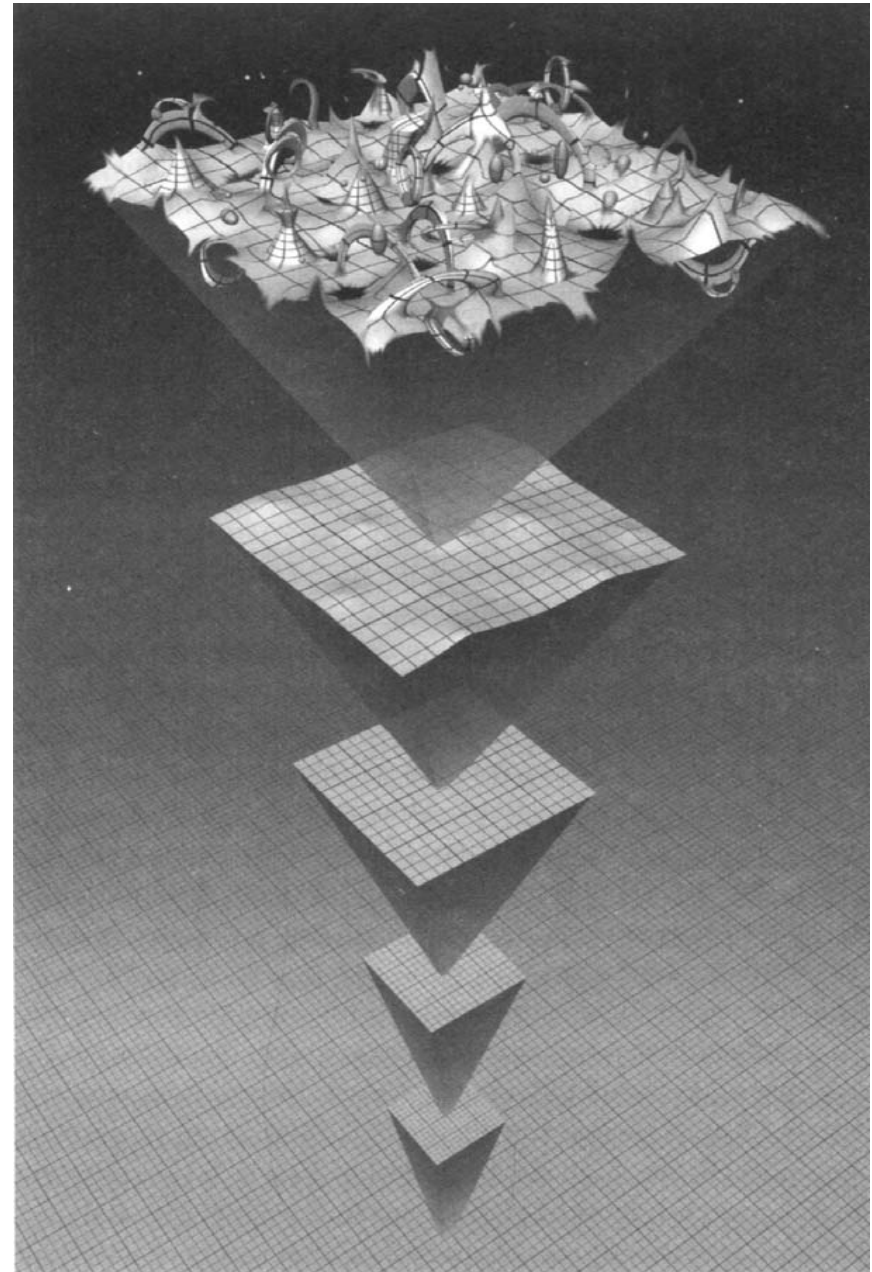
Inflation löst das Flachheitsproblem.

Verzögerter Übergang von der Phase der Symmetrie zwischen starker und elektroschwacher Kraft zur Phase mit gebrochener Symmetrie.

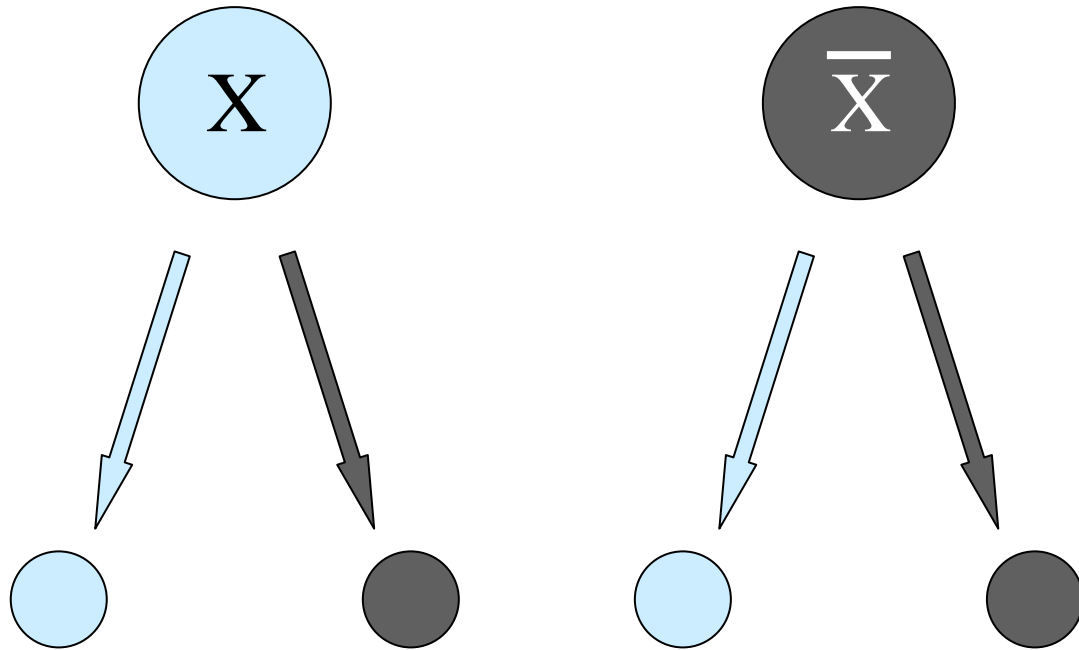




Die Inflation
bläst winzige
Quanten-
fluktuationen
zu kosmischer
Größe auf.



Ein winziger Überschuss von Materie über Antimaterie



1.000000001 : 1 1.000000001 : 1

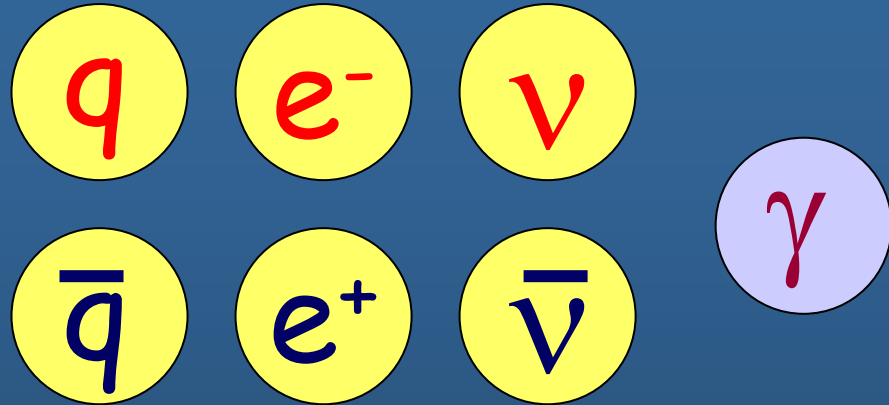
Aus der 1 in der neunten Stelle hinter dem Komma sind **wir** gemacht.

Andrej Sacharov



Zeit
(Sekunden)

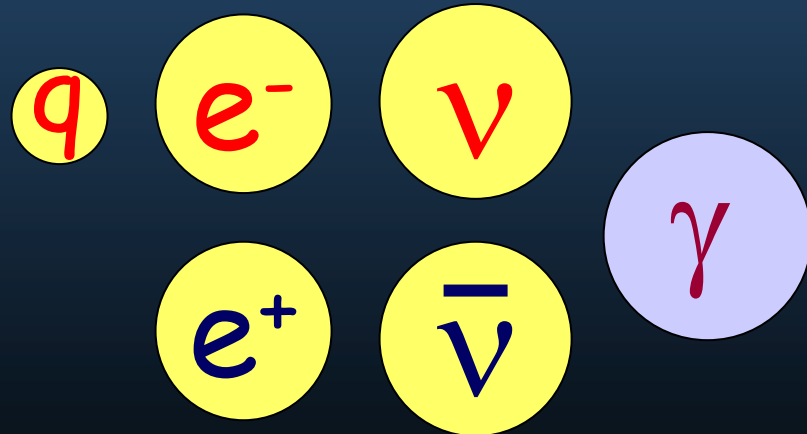
10^{-10}



Elektroschwache Symmetrie bricht

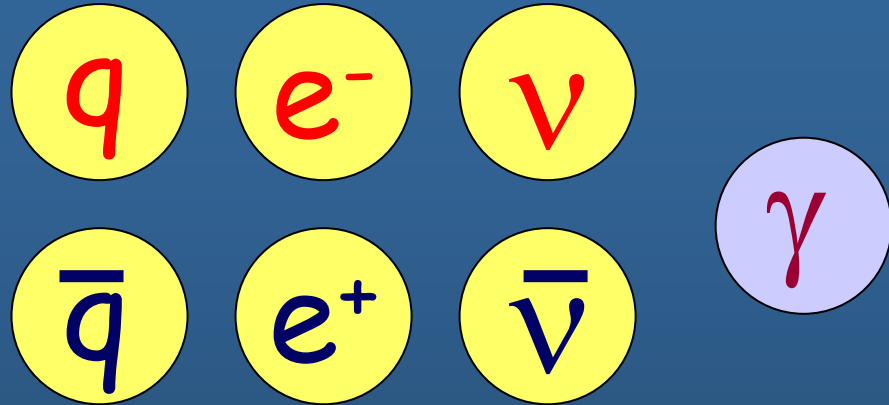
Quark-Antiquark-Vernichtung

10^{-6}



Zeit
(Sekunden)

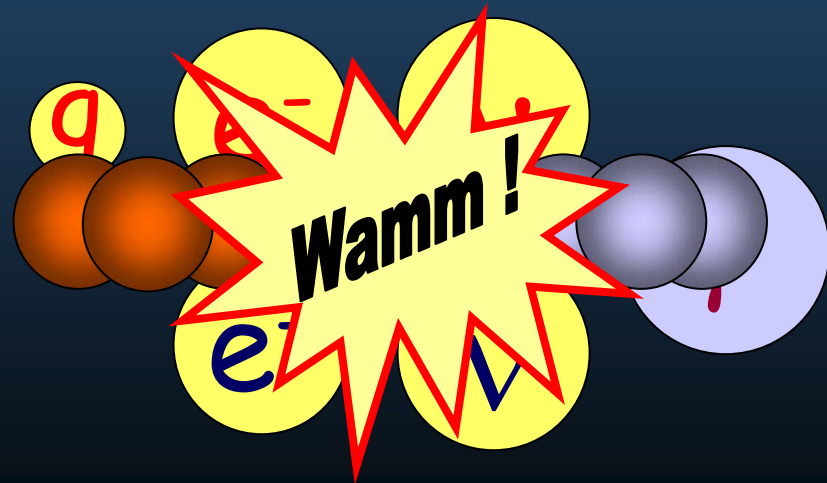
10^{-10}



Elektroschwache Symmetrie bricht

Quark-Antiquark-Vernichtung

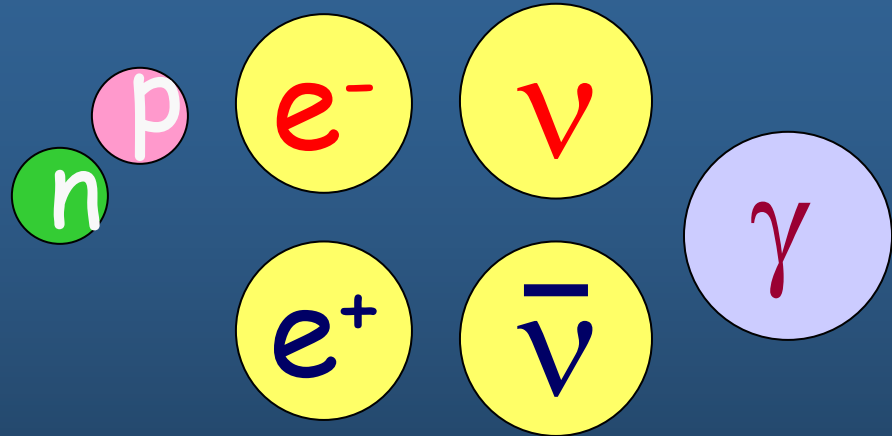
10^{-6}



Zeit
(Sekunden)

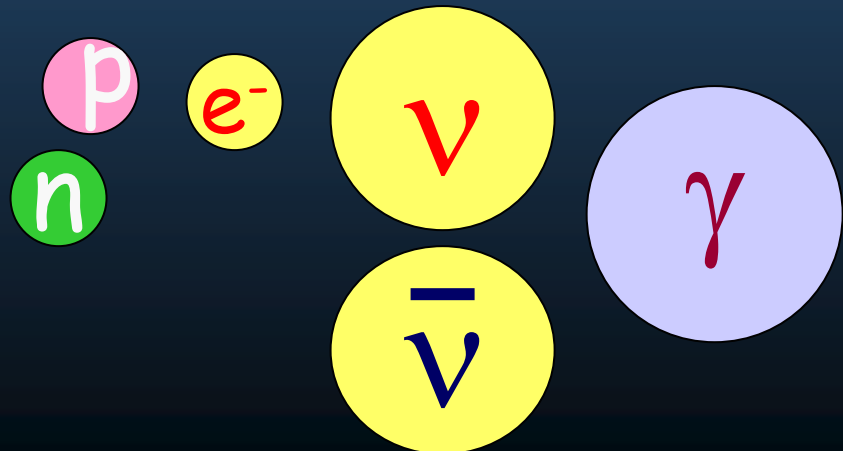
Synthese von Proton und Neutron

10^{-4}



10^{-2}

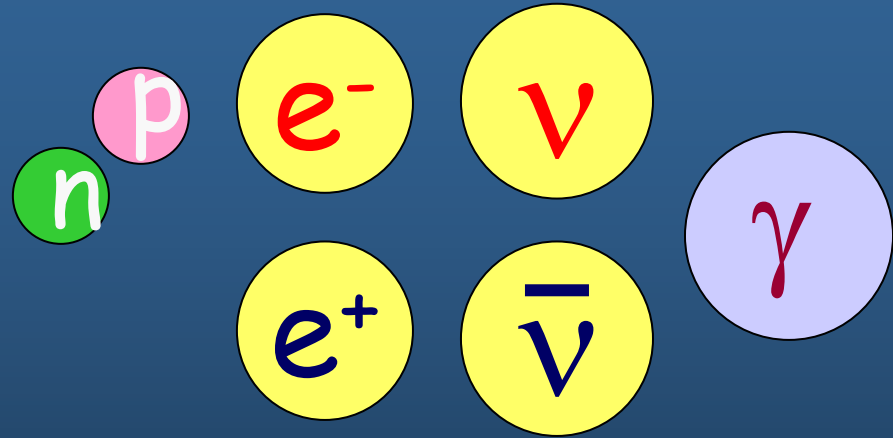
Elektron-Positron-Vernichtung



Zeit
(Sekunden)

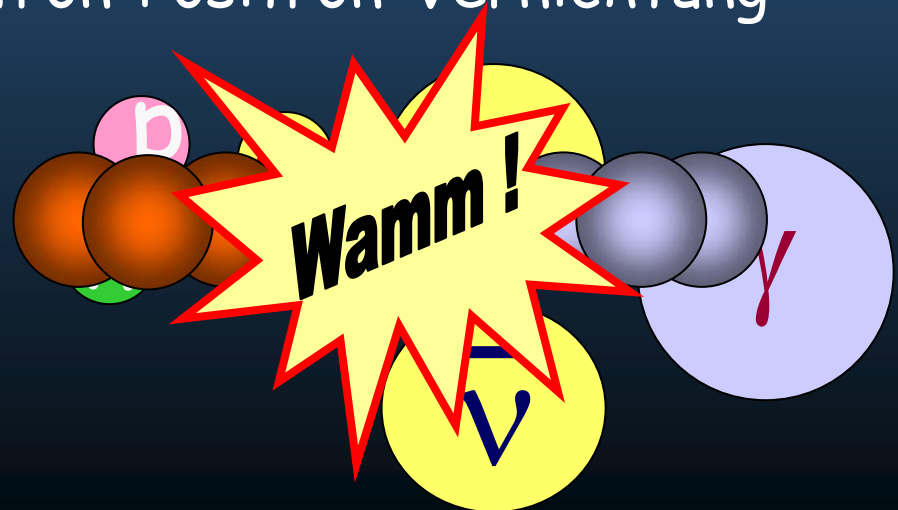
Synthese von Proton und Neutron

10^{-4}



10^{-2}

Elektron-Positron-Vernichtung

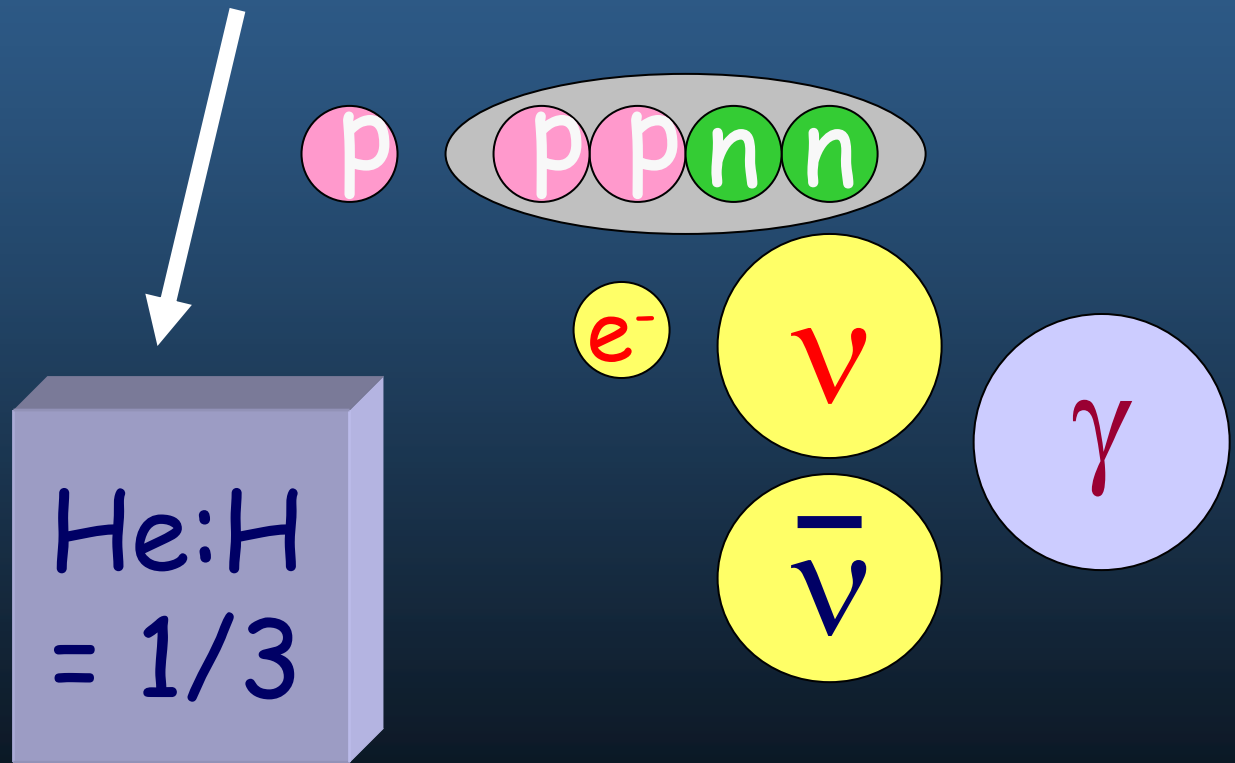


Zeit
(Sekunden)

Helium-Synthese

Neutronen: Flucht in den rettenden
Hafen des He-Kerns

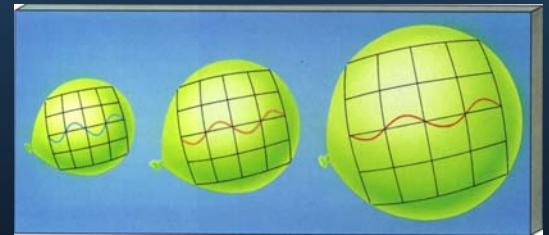
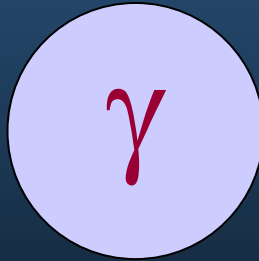
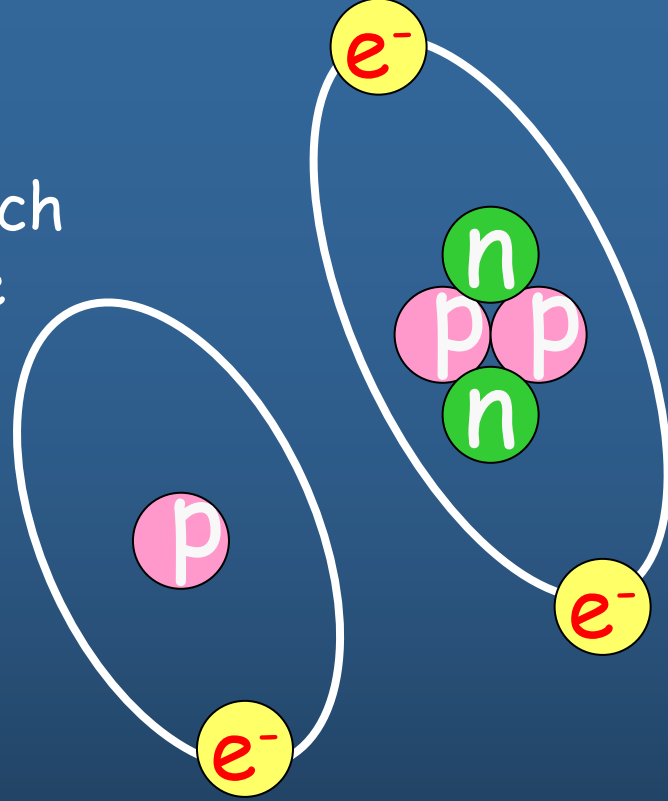
1



300 000
Jahre

Elektrisch
neutrale
Atome

$T = 4000^{\circ}\text{K}$



15 Mia Jahre

$T = 2.735^{\circ}\text{K}$

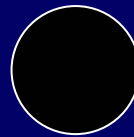
300 000 Jahre Elektrisch neutrale Atome:
Das Universum wird durchsichtig

Galaxien
erste Sterne Synthese schwerer Elemente

15 Mia
Geburt der Sonne
Menschheit
Tod der Sonne

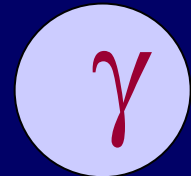
Tod der letzten Sterne

Schwarze Löcher



10^{33}

Protonzerfall?



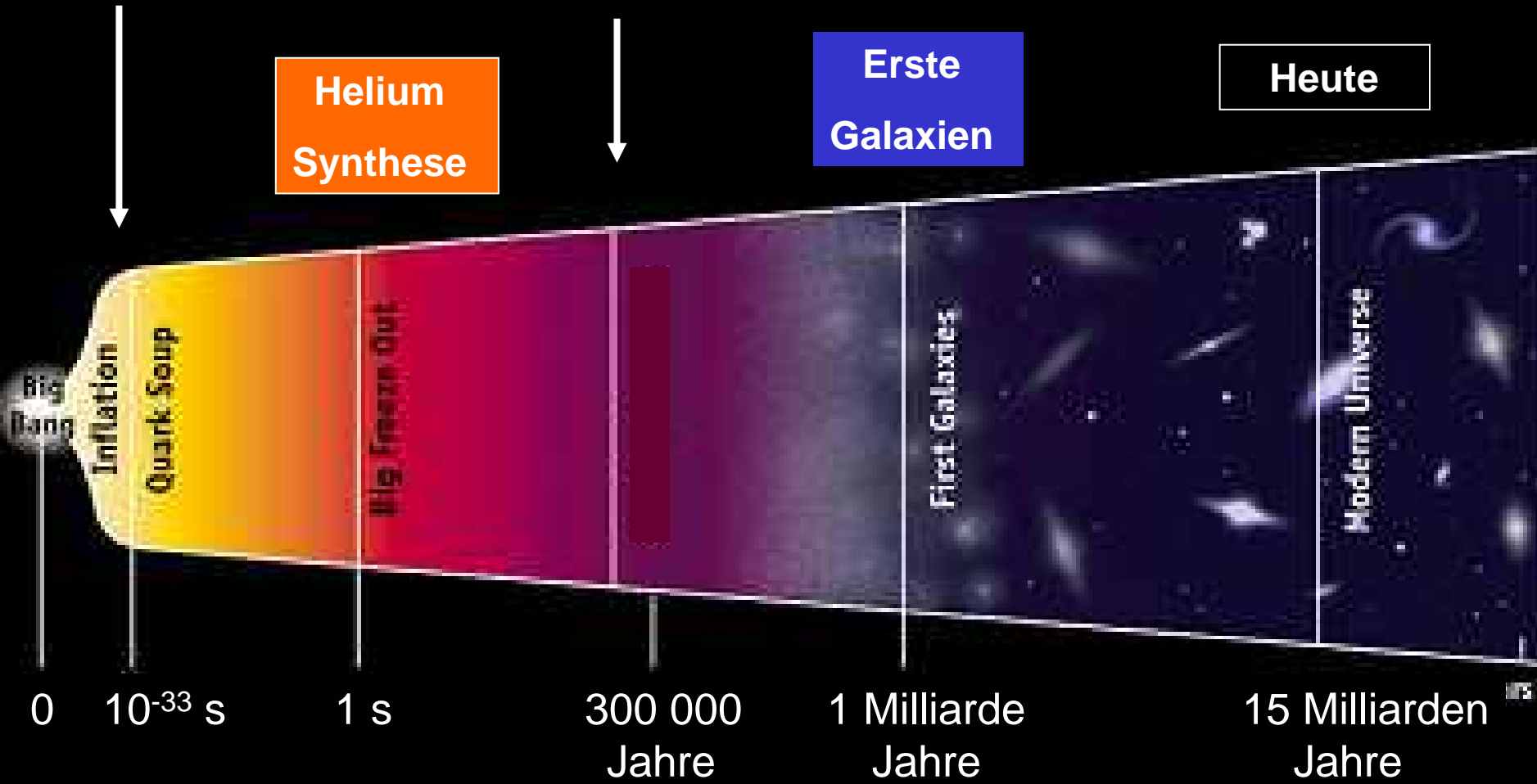
Inflation

Universum wird durchsichtig

**Helium
Synthese**

**Erste
Galaxien**

Heute



0

10^{-33} s

1 s

300 000
Jahre

1 Milliarde
Jahre

15 Milliarden
Jahre

Big
Bang

Inflation
Quark Soup

Big Freeze Out

First Galaxies

Modern Universe



Geistesgegenwärtig hatte Gott damals vom Urknall ein Foto geschossen, welches er immer noch recht eindrucksvoll fand.