

Anthropisches Prinzip

Naturgesetz der Innuits

Die Wassertemperatur schwankt jahreszeitlich um den Gefrierpunkt

- wenn immer darunter : Eis , keine Robben , keine Innuits
- wenn immer darüber : Wasser , keine Robbenjagd , keine Innuits

Gott der Innuits hat Naturgesetz so geschaffen , dass Innuits leben können

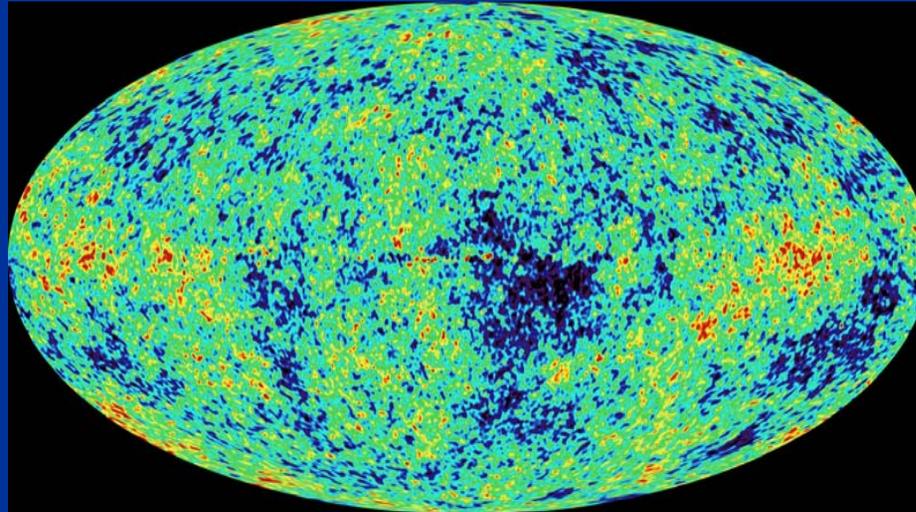
Anthropisches Prinzip

- Menschen können nur auf Planeten leben , die eine Reihe von Bedingungen erfüllen .
- Intelligente Wesen nur möglich , wenn Universum nicht zu extrem .
- Fundamentale Gesetze müssen so sein , dass Intelligenz möglich ist .

Finalität

Das ist halt so / Finalität

- Es war nicht immer so



- Es wird nicht immer so bleiben

Protonzerfall nach 10^{40} Jahren

Schöpfungsgeschichte - Apokalypse

Naturkonstanten

- Masse des Elektrons
- Feinstrukturkonstante α
- über 20 weitere

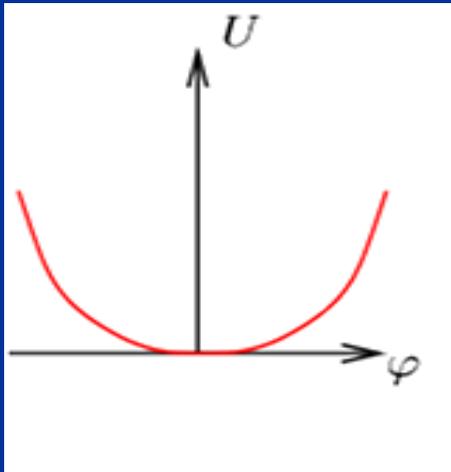
“richtige” Werte sind Bedingung für Menschen
und Intelligenz

Nicht ein für alle Mal gegeben !

Spontane Symmetrie - Brechung

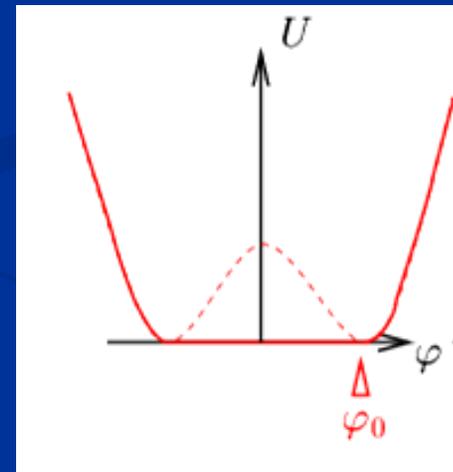
SYM

$$\langle \varphi \rangle = 0$$



SSB

$$\langle \varphi \rangle = \varphi_0 \neq 0$$



Higgs - Potenzial in SM

ähnlich Magnetisierung

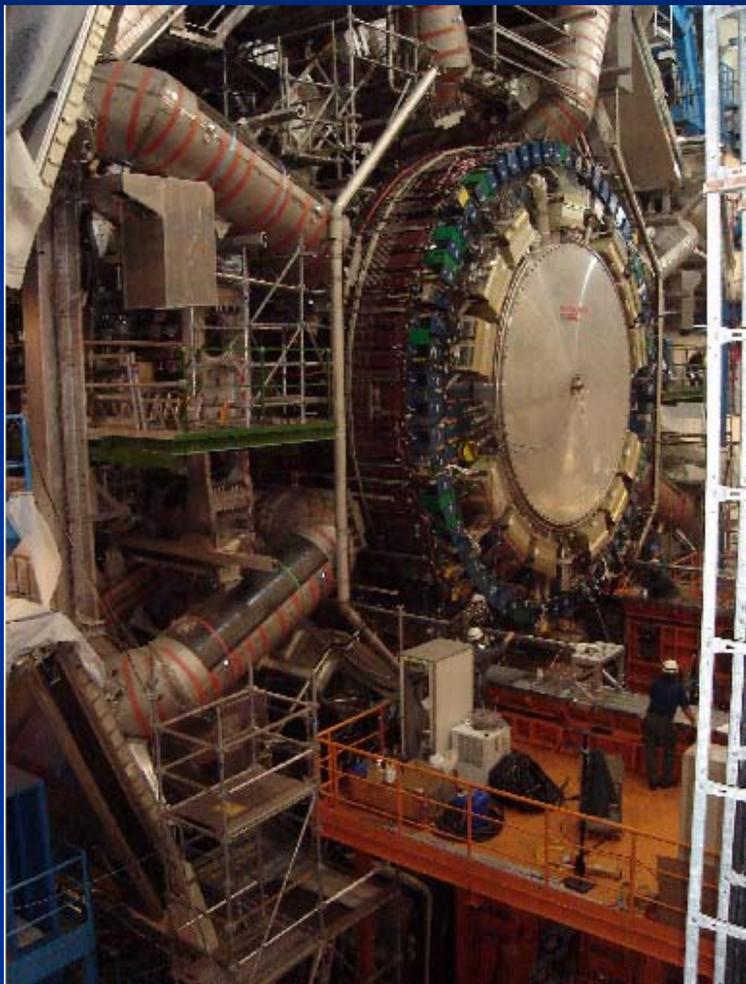
Massen und Kopplungskonstanten

werden bestimmt durch die

*Eigenschaften des **Vakuums** !*

ähnlich Maxwell – Gleichungen in Materie

LHC



*Hatten Kopplungskonstanten im
frühen Universum
andere Werte ?*

Ja !

Restoration der Symmetrie bei hohen Temperaturen im frühen Universum

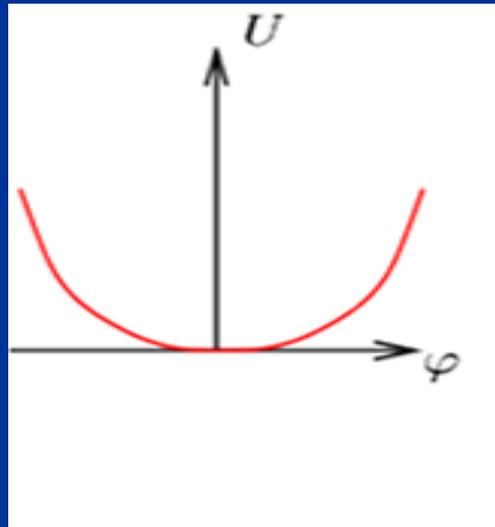
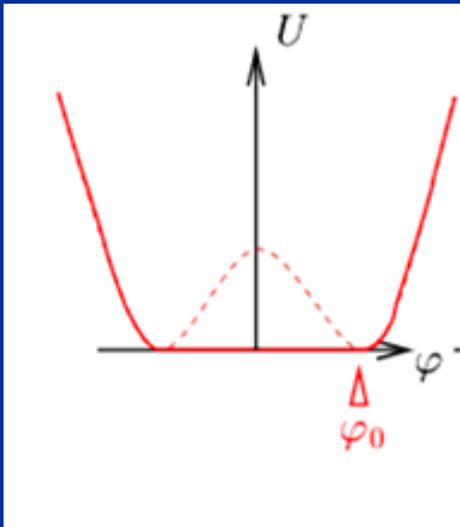
Niedrige T
SSB

$$\langle \varphi \rangle = \varphi_0 \neq 0$$

Hohe T
SYM

$$\langle \varphi \rangle = 0$$

hohe T :
weniger Ordnung
mehr Symmetrie



Beispiel:
Magnete

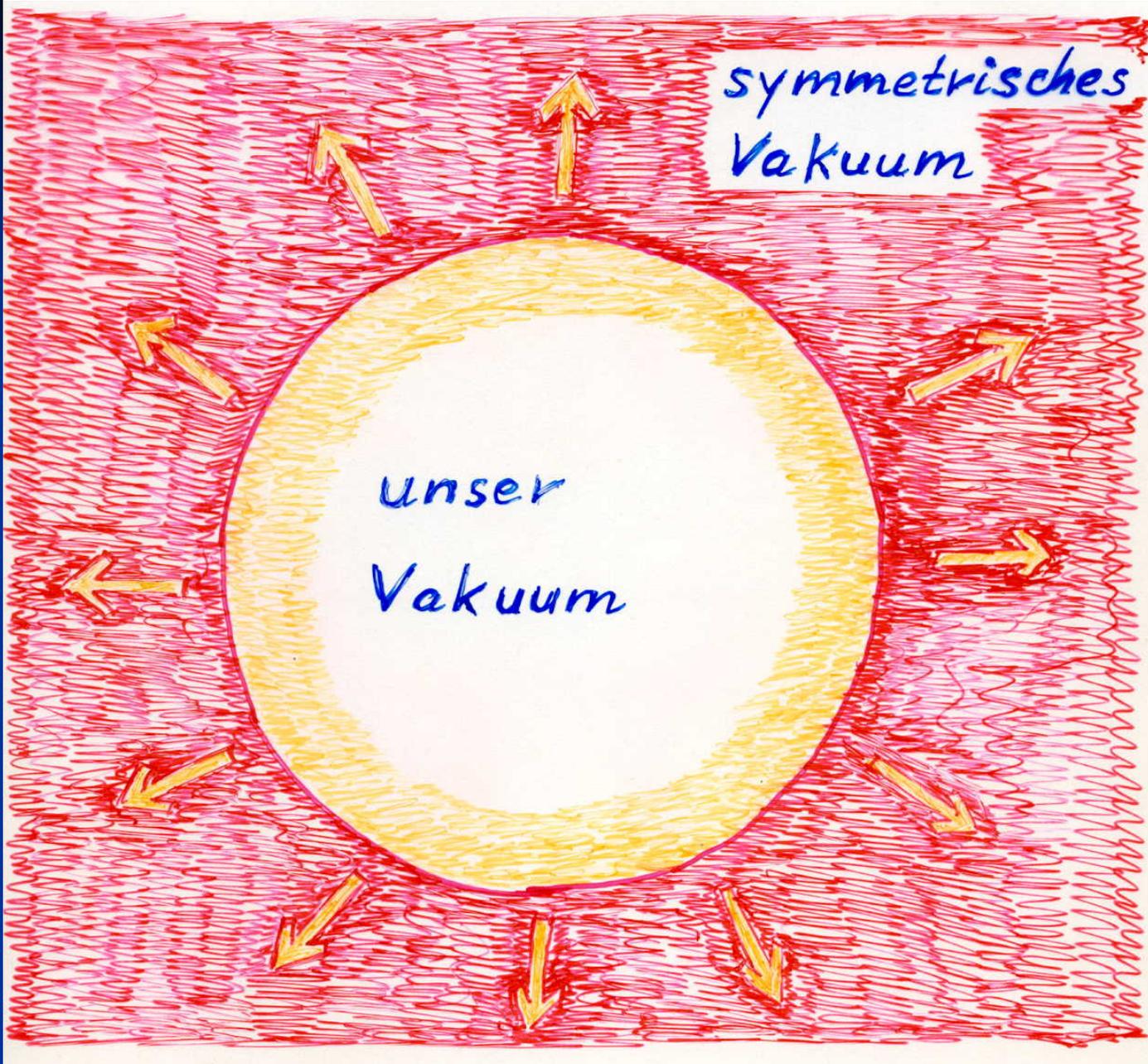
Im heissen Plasma
des frühen Universums :

**Keine unterschiedlichen Massen
für Elektron und Myon !**

**Ähnliche Stärke der
elektromagnetischen und
schwachen Wechselwirkung**

symmetrisches
Vakuum

unser
Vakuum



*Der Wert von Massenverhältnissen und
Kopplungskonstanten hängt vom Zustand ab !*

Nicht ein für alle mal gegeben !

Kann man Änderung heute beobachten ?

Naturkonstanten und anthropisches Prinzip

Werte der Naturkonstanten zufällig :
anthropisches Prinzip

Werte für große Zeiten eindeutig und erklärbar:
vereinheitlichte Theorie

Andere Regionen im Universum mit anderen Gesetzen denkbar

- inflationäres Universum: winzige Region bläht sich zu unserem ganzen beobachtbaren Universum auf
- verschiedene Regionen , verschiedene Gesetze
- wir bewohnen eine bewohnbare Region im Universum

Grenze zur Metaphysik

- unsere bewohnbare Region dehnt sich weit über beobachtbares Universum (Horizont) hinaus aus – vermutlich sehr weit !
- keine wissenschaftliche Falsifizierbarkeit der Hypothese
- Grenze zur Metaphysik verwaschen

Das Rätsel der winzigen Zahlen

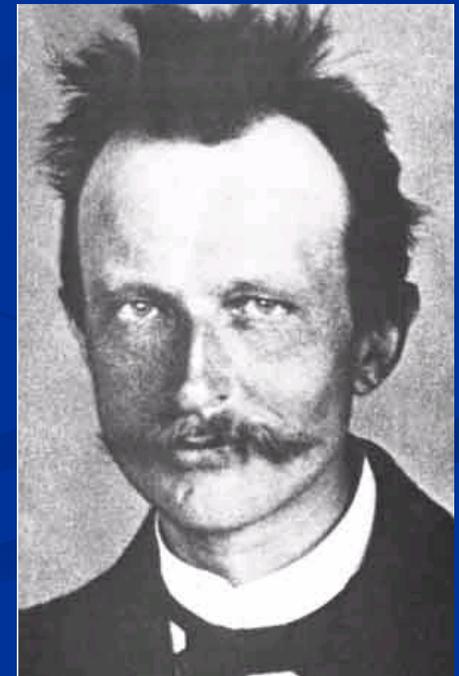
Massenskalen in der Elementarteilchenphysik

- Protonmasse
(Skala der starken Wechselwirkung)
- Fermi - Skala der schwachen Wechselwirkung
- Planck Masse
(Skala der Gravitationswechselwirkung)
(Newton)

Vereinheitlichung und Dimensionen

- Vereinheitlichung fixiert dimensionsbehaftete Parameter
- Spezielle Relativitätstheorie : c ($= 1$)
- Quantenmechanik : \hbar ($= 2\pi$)
- Vereinheitlichung mit Gravitation
(Quantengravitation)
fundamentale Massenskala
(Planck Masse , string tension , ...)

Planck



Gravitationseinheiten

- Newton's Konstante

$$G_N = 1 / (8\pi M^2)$$

- Reduzierte Planck Masse

$$M = 2.44 \times 10^{18} \text{ GeV}$$

- $M=1$: $\text{GeV} = 4.1 \times 10^{-19}$

Gravitationseinheiten

(reduzierte Planck – Masse = 1)

■ $m_{\text{Proton}} = 3.9 \times 10^{-19}$

■ $m_{\text{Elektron}} = 2.1 \times 10^{-22}$



Kleine

**Parameter –
grosse Rätsel**

■ Alter des Universums ($13.7 \times 10^9 \text{ yr}$) = 1.6×10^{60}

■ Energiedichte der Dunklen Energie : $\rho = 10^{-120}$



Adjustierung der Naturkonstanten

Kosmologische Konstante als Dunkle Energie:

könnte charakteristischen Wert zwischen -1 und 1 haben :

10^{-120} sehr unwahrscheinlich !

**Winziger Wert wichtig , damit Strukturen im
Universum entstehen können.**

“ Koinzidenz “

Auch andere fundamentale Konstanten können nur Werte in engem Bereich haben, damit Leben oder Intelligenz möglich ist

Erklärung der kleinen Bereiche durch anthropisches Prinzip ?

Falls andere Erklärung erfolgreich :

keiner wird mehr vom anthropischen Prinzip
sprechen !

**Möglicher Zusammenhang zwischen
jetziger Dunkler Energie - Dichte
und Neutrino - Masse**

$$[\rho_h(t_0)]^{\frac{1}{4}} = 1.07 \left(\frac{\gamma m_\nu(t_0)}{eV} \right)^{\frac{1}{4}} 10^{-3} eV$$

Erklärung kleiner Zahlen oder Koinzidenzen

Andere sehr kleine Zahlen oder Koinzidenzen sind
bereits erklärt !

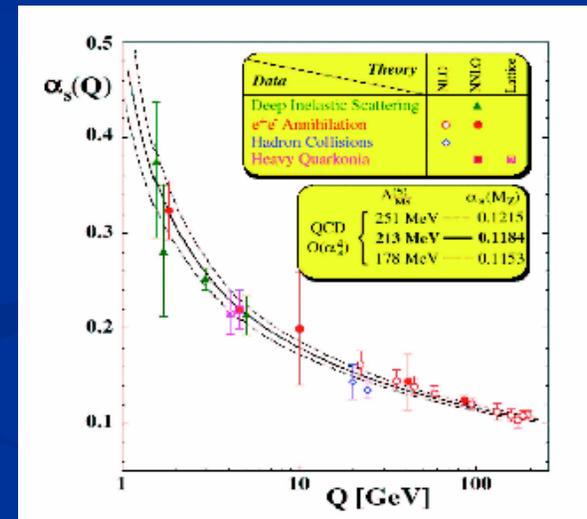
- Protonmasse / M
- Viele “Koinzidenzen” in Kern- und Atomphysik:
QCD + QED
- Warum sind alle Atome gleich :
Bei Verteilung der Eigenschaften : völlig andere
Chemie , kein genetischer Code
Quantenmechanik

Laufende Kopplung : QCD

Effektive Eichkopplung hängt von Impulsskala μ ab

$$\beta_{\text{QCD}} \equiv \mu \frac{d\alpha_s}{d\mu} = -\frac{1}{3\pi} \left[\frac{33}{2} - N_f \right] \alpha_s^2; \quad \alpha_s \equiv \frac{g^2}{4\pi}$$

$$\alpha_s(\mu) = \frac{\alpha_{s0}}{1 + \frac{\alpha_{s0}}{3\pi} \left[\frac{33}{2} - N_f \right] \ln(\mu/\mu_0)}$$



David J. Gross



H. David Politzer



Frank Wilczek

QCD : Dimensionale Transmutation

- Ohne Quark – Massen : nur dimensionslose Kopplung !
- Charakteristisches μ , bei dem Kopplung groß wird
- Massenskala Λ_{QCD}
- Proton - Masse $\sim \Lambda_{\text{QCD}}$
- Für gegebene Kopplung $\alpha_s(\mu=M) = \alpha_0$:

$$M_{\text{Proton}} = b \exp(-c / \alpha_0) M , c \approx 0.9$$

Kleines α_0 , winziges M_{Proton} !

Der ganze Fortschritt der Physik

besteht in der Erklärung von

“Zufälligkeiten” und “Koinzidenzen” !

Quantenmechanik besser als anthropisches Prinzip

- Anthropisches Prinzip : wenn Wissenschaftler nicht mehr weiter wissen
- Spekulation über mögliche Erklärbarkeit der Koinzidenzen eher nutzlos :
- Erklärbarkeit wird durch Erklärung bewiesen

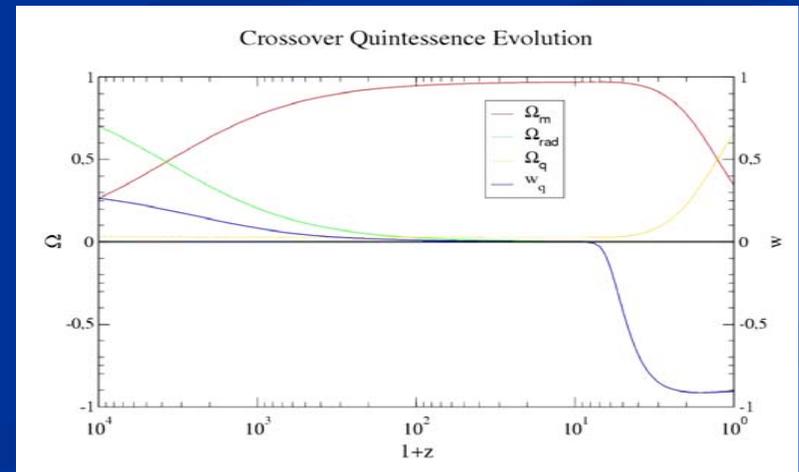


end

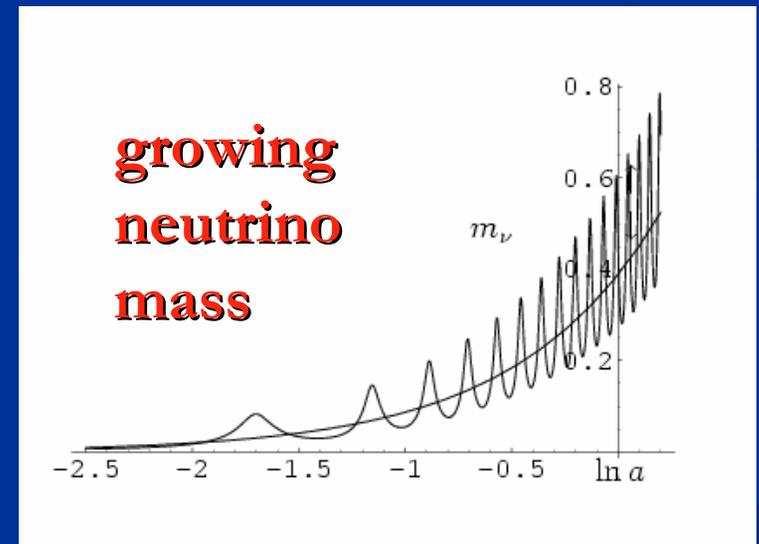
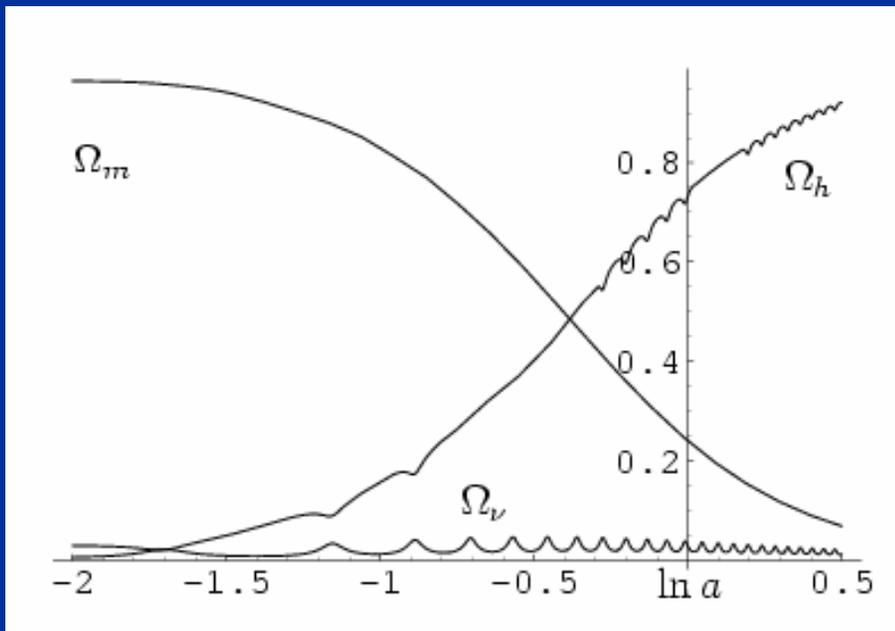
Koinzidenz - Problem

Was ist verantwortlich für Wachsen von Ω_h für $z < 6$?

Warum jetzt ?



Neutrinos mit wachsender Masse als Trigger für Übergang zu fast statischer dunkler Energie



L.Amendola, M.Baldi,...

Zusammenhang zwischen jetziger Dunkler Energie - Dichte und Neutrino - Masse

$$[\rho_h(t_0)]^{\frac{1}{4}} = 1.07 \left(\frac{\gamma m_\nu(t_0)}{eV} \right)^{\frac{1}{4}} 10^{-3} eV$$
