
Universität Ulm · Fachbereich Physik · Wintersemester 2003/04
Kolloquium für Physiklehrer am 11. Nov. 2003

Das kosmologische anthropische Prinzip

Die merkwürdige Feinabstimmung der Naturkonstanten

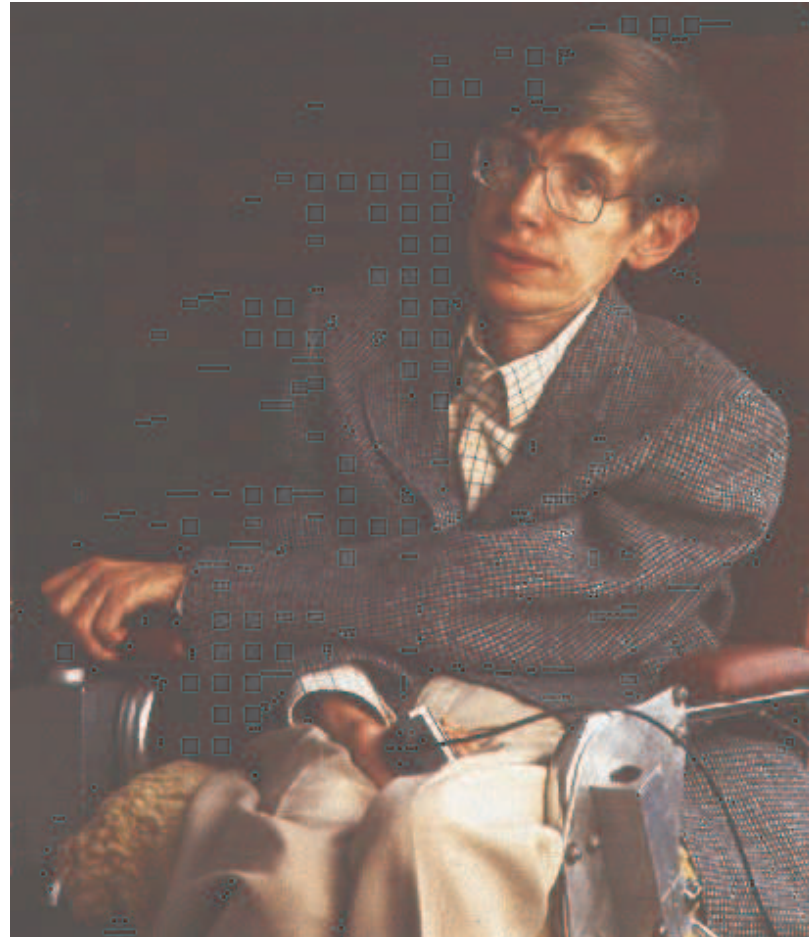
Prof. Dr. Peter C. Hägele
peter.haegele@physik.uni-ulm.de
<http://www.uni-ulm.de/~phaegele/>

Abteilung Angewandte Physik, Universität Ulm

Der Mensch verlässt das PTOLEMÄISCHE UNIVERSUM



Holzstich des Populärastronomen FLAMMARION (1888)



*„Der Mensch lebt nicht vom Brot allein.
Wir alle wollen wissen, woher wir kommen.“*

(STEPHEN W. HAWKING)

Die drei erlittenen Kränkungen der Menschheit (FREUD)

Die drei erlittenen Kränkungen der Menschheit (FREUD)

1. Übergang vom geozentrischen zum heliozentrischen Weltbild;
Erde und Mensch nicht mehr Mittelpunkt der Welt (KOPERNIKUS, GALILEI)
*„Das ewige Schweigen dieser unendlichen Räume macht mich
schaudern.“* (BLAISE PASCAL)

Die drei erlittenen Kränkungen der Menschheit (FREUD)

1. Übergang vom geozentrischen zum heliozentrischen Weltbild;
Erde und Mensch nicht mehr Mittelpunkt der Welt (KOPERNIKUS, GALILEI)
*„Das ewige Schweigen dieser unendlichen Räume macht mich
schaudern.“* (BLAISE PASCAL)
Fortschreitende Dezentrierung und Entanthropomorphisierung:

Die drei erlittenen Kränkungen der Menschheit (FREUD)

1. Übergang vom geozentrischen zum heliozentrischen Weltbild;
Erde und Mensch nicht mehr Mittelpunkt der Welt (KOPERNIKUS, GALILEI)
*„Das ewige Schweigen dieser unendlichen Räume macht mich
schaudern.“* (BLAISE PASCAL)
Fortschreitende Dezentrierung und Entanthropomorphisierung:
 - die Sonne – ein Stern unter vielen

Die drei erlittenen Kränkungen der Menschheit (FREUD)

1. Übergang vom geozentrischen zum heliozentrischen Weltbild;
Erde und Mensch nicht mehr Mittelpunkt der Welt (KOPERNIKUS, GALILEI)
„Das ewige Schweigen dieser unendlichen Räume macht mich schaudern.“ (BLAISE PASCAL)
Fortschreitende Dezentrierung und Entanthropomorphisierung:
 - die Sonne – ein Stern unter vielen
 - unsere Milchstraße – eine Galaxie unter vielen

Die drei erlittenen Kränkungen der Menschheit (FREUD)

1. Übergang vom geozentrischen zum heliozentrischen Weltbild;
Erde und Mensch nicht mehr Mittelpunkt der Welt (KOPERNIKUS, GALILEI)
„Das ewige Schweigen dieser unendlichen Räume macht mich schauern.“ (BLAISE PASCAL)
Fortschreitende Dezentrierung und Entanthropomorphisierung:
 - die Sonne – ein Stern unter vielen
 - unsere Milchstraße – eine Galaxie unter vielen
 - unser Kosmos – ein (Teil)kosmos unter vielen??

Die drei erlittenen Kränkungen der Menschheit (FREUD)

1. Übergang vom geozentrischen zum heliozentrischen Weltbild;
Erde und Mensch nicht mehr Mittelpunkt der Welt (KOPERNIKUS, GALILEI)
„Das ewige Schweigen dieser unendlichen Räume macht mich schauern.“ (BLAISE PASCAL)
Fortschreitende Dezentrierung und Entanthropomorphisierung:
 - die Sonne – ein Stern unter vielen
 - unsere Milchstraße – eine Galaxie unter vielen
 - unser Kosmos – ein (Teil)kosmos unter vielen??
2. Sonderstellung des Menschen unter den Lebewesen fraglich;
Mechanismen statt Zwecke (DARWIN, MONOD)

Die drei erlittenen Kränkungen der Menschheit (FREUD)

1. Übergang vom geozentrischen zum heliozentrischen Weltbild;
Erde und Mensch nicht mehr Mittelpunkt der Welt (KOPERNIKUS, GALILEI)
„Das ewige Schweigen dieser unendlichen Räume macht mich schauern.“ (BLAISE PASCAL)
Fortschreitende Dezentrierung und Entanthropomorphisierung:
 - die Sonne – ein Stern unter vielen
 - unsere Milchstraße – eine Galaxie unter vielen
 - unser Kosmos – ein (Teil)kosmos unter vielen??
2. Sonderstellung des Menschen unter den Lebewesen fraglich;
Mechanismen statt Zwecke (DARWIN, MONOD)
3. Der Mensch ist nicht „Herr im Hause“:
Das Unbewusste bestimmt ihn in hohem Maße (FREUD)

- die Evolutionäre Erkenntnistheorie

- die Evolutionäre Erkenntnistheorie
- die künstliche Intelligenz

- die Evolutionäre Erkenntnistheorie
- die künstliche Intelligenz
- die Robotertechnik

Zielt der Kosmos auf Leben hin?

„Wenn wir ins Universum hinaus blicken und erkennen, wie viele Zufälle in Physik und Astronomie zu unserem Wohle zusammengearbeitet haben, dann scheint es fast, als habe das Universum in einem gewissen Sinne gewusst, dass wir kommen.“

(FREEMAN J. DYSON)

Zielt der Kosmos auf Leben hin?

„Wenn wir ins Universum hinaus blicken und erkennen, wie viele Zufälle in Physik und Astronomie zu unserem Wohle zusammengearbeitet haben, dann scheint es fast, als habe das Universum in einem gewissen Sinne gewusst, dass wir kommen.“
(FREEMAN J. DYSON)

„Die kosmische Grundbedingung des Menschen oder menschenähnlicher Wesen besteht [...] in der Existenz nicht irgendeines, sondern eines höchstspezifischen Kosmos.

Wenn der Mensch Wert legt auf kosmische Würde und auf kosmischen Rang: Hier sind beide zurückerstattet in einer Größenordnung, die man kaum steigern kann.“
(OTTO HECKMANN 1901-1983)

Zielt der Kosmos auf Leben hin?

„Wenn wir ins Universum hinaus blicken und erkennen, wie viele Zufälle in Physik und Astronomie zu unserem Wohle zusammengearbeitet haben, dann scheint es fast, als habe das Universum in einem gewissen Sinne gewusst, dass wir kommen.“
(FREEMAN J. DYSON)

„Die kosmische Grundbedingung des Menschen oder menschenähnlicher Wesen besteht [...] in der Existenz nicht irgendeines, sondern eines höchstspezifischen Kosmos.

Wenn der Mensch Wert legt auf kosmische Würde und auf kosmischen Rang: Hier sind beide zurückerstattet in einer Größenordnung, die man kaum steigern kann.“
(OTTO HECKMANN 1901-1983)

There "is for me the powerful evidence that there is something going on behind it all. The impression of design is overwhelming." (PAUL DAVIES 1988)

Zielt der Kosmos auf Leben hin?

Feststellung:

Feinabstimmung von Naturkonstanten auf Leben hin
im Standardmodell der Kosmologie

Einige Naturkonstanten

$$e = 1,602\,177\,33 \cdot 10^{-19} \text{ C}$$

elektrische Elementarladung

$$m_e = 9,109\,389\,7 \cdot 10^{-31} \text{ kg}$$

Ruhemasse des Elektrons

$$m_p = 1,672\,623\,1 \cdot 10^{-27} \text{ kg}$$

Ruhemasse des Protons

$$c = 299\,792\,458 \frac{\text{m}}{\text{s}}$$

Lichtgeschwindigkeit (Vakuum)

$$G = 6,672\,59 \cdot 10^{-11} \frac{\text{m}^3}{\text{kg s}^2}$$

Gravitationskonstante

$$\hbar = 6,626\,075\,5 \cdot 10^{-34} \text{ Js}$$

PLANCKsches Wirkungsquantum

$$\varepsilon_0 = 8,854\,187\,817 \cdot 10^{-12} \frac{\text{F}}{\text{m}}$$

elektrische Feldkonstante

Einige Naturkonstanten

$$\alpha_S = 0,08 \dots 14$$

Feinstrukturkonstante
der starken Wechselwirkung

$$\alpha = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \frac{e^2}{\hbar c} = \frac{1}{137,036}$$

SOMMERFELDSche Feinstrukturkonstante

$$\alpha_W = \frac{m_e^2 c}{\hbar^3} G_F = 3,05 \cdot 10^{-12}$$

Feinstrukturkonstante
der schwachen Wechselwirkung
 $G_F = 1,435 \cdot 10^{-62} \text{ Jm}^3$ (FERMI)

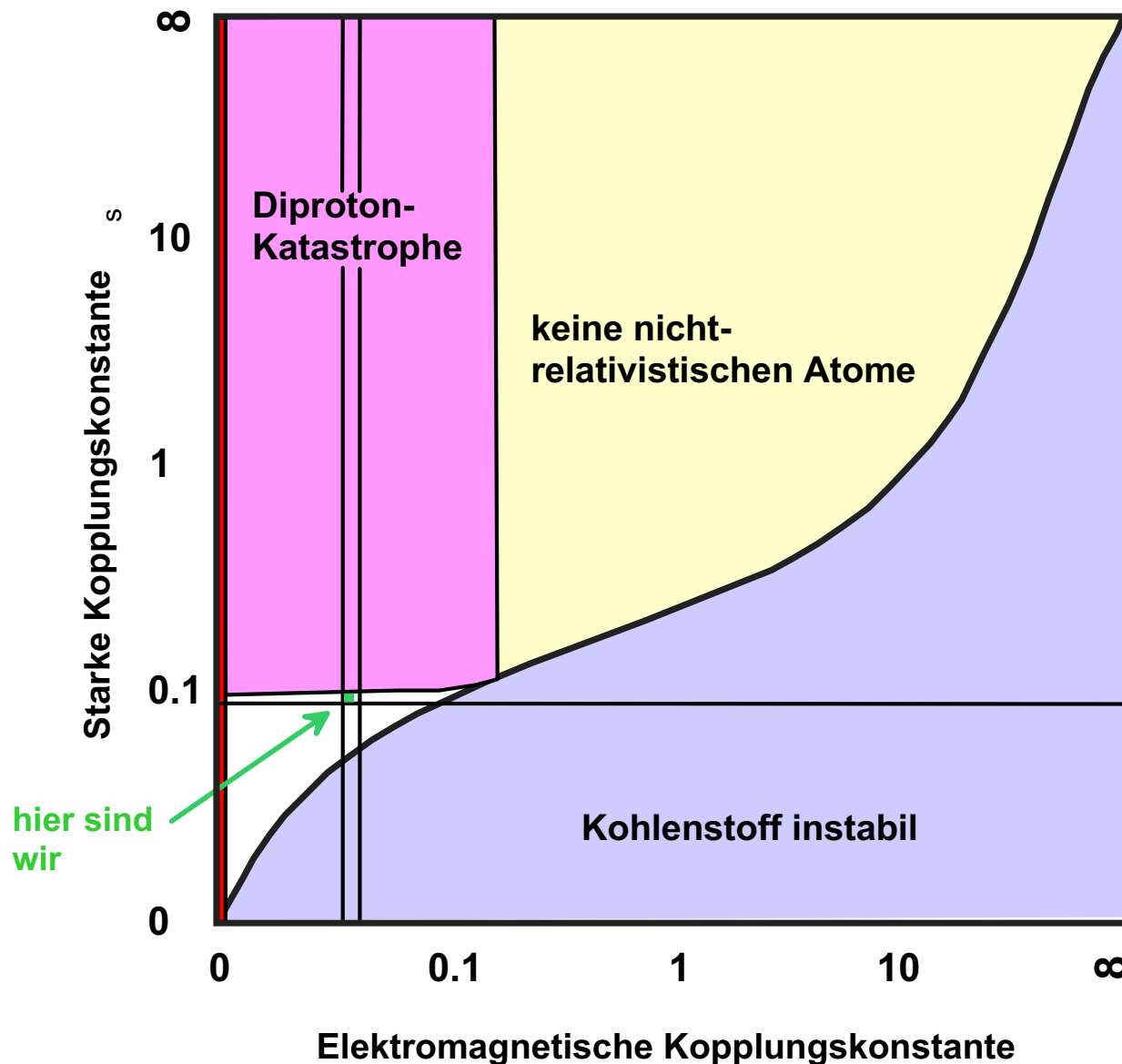
$$\alpha_G = \frac{Gm_p^2}{\hbar c} = 0,591 \cdot 10^{-40}$$

Feinstrukturkonstante
der Gravitationswechselwirkung

$$\frac{m_p}{m_e} = 1836,153$$

Massenverhältnis zwischen Proton und Elektron

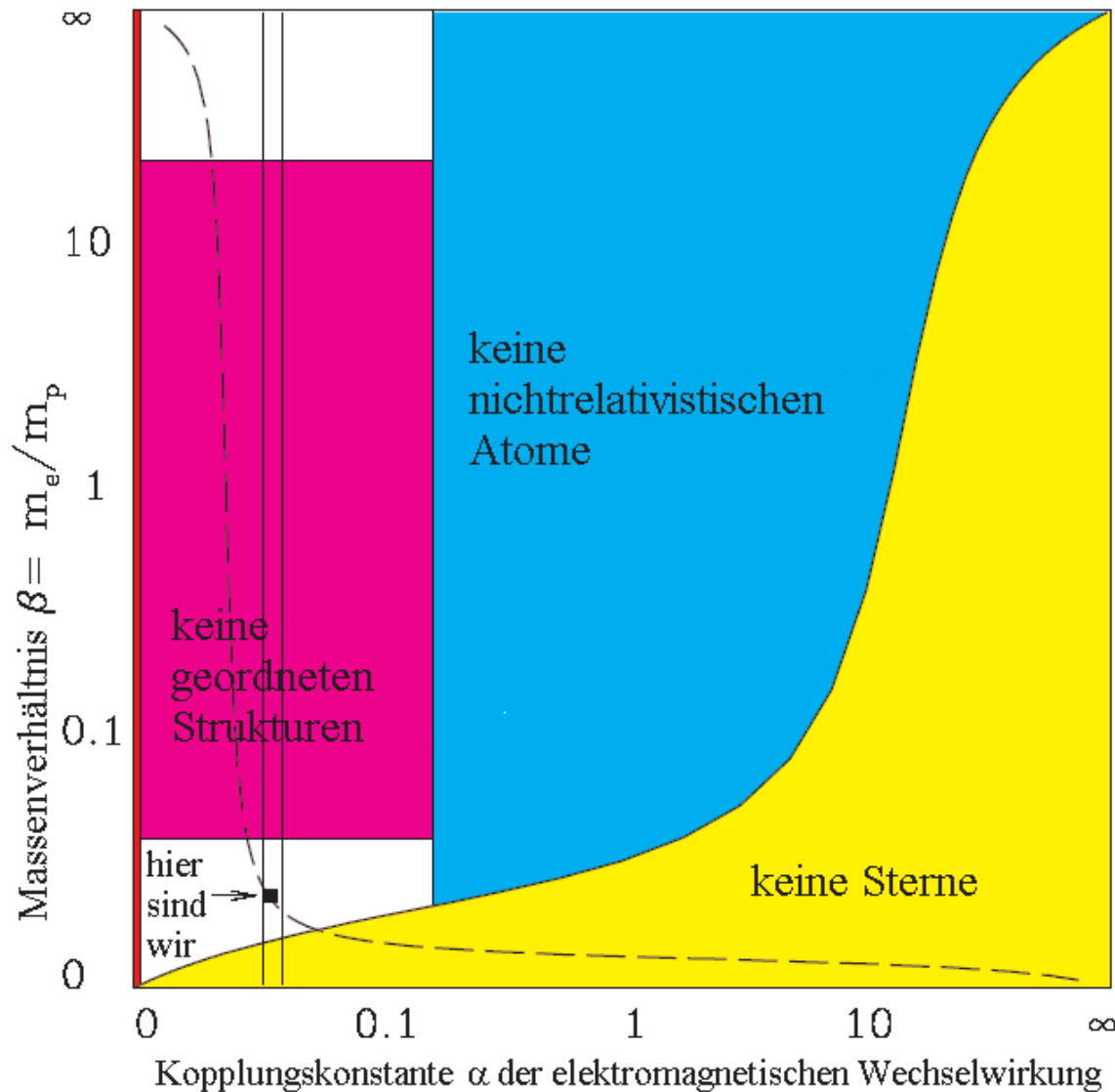
Feinabstimmung von Kopplungskonstanten



Feinabstimmung der elektromagnetischen und der starken Wechselwirkung

nach M. TEGMARK in:
J.D.BARROW, P.C.W.DAVIES, &
C.L.HARPER (Eds.):
From Quantum to Cosmos, honoring
John Wheeler's 90th birthday.
Cambridge Univ. Press (2003)

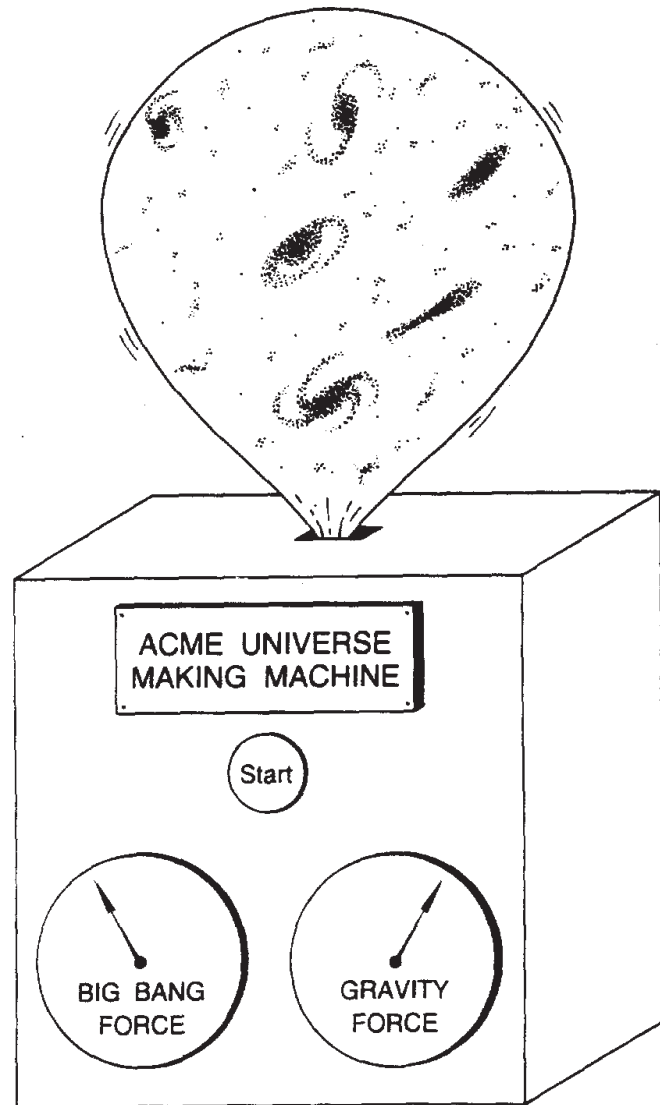
Feinabstimmung von Kopplungskonstanten



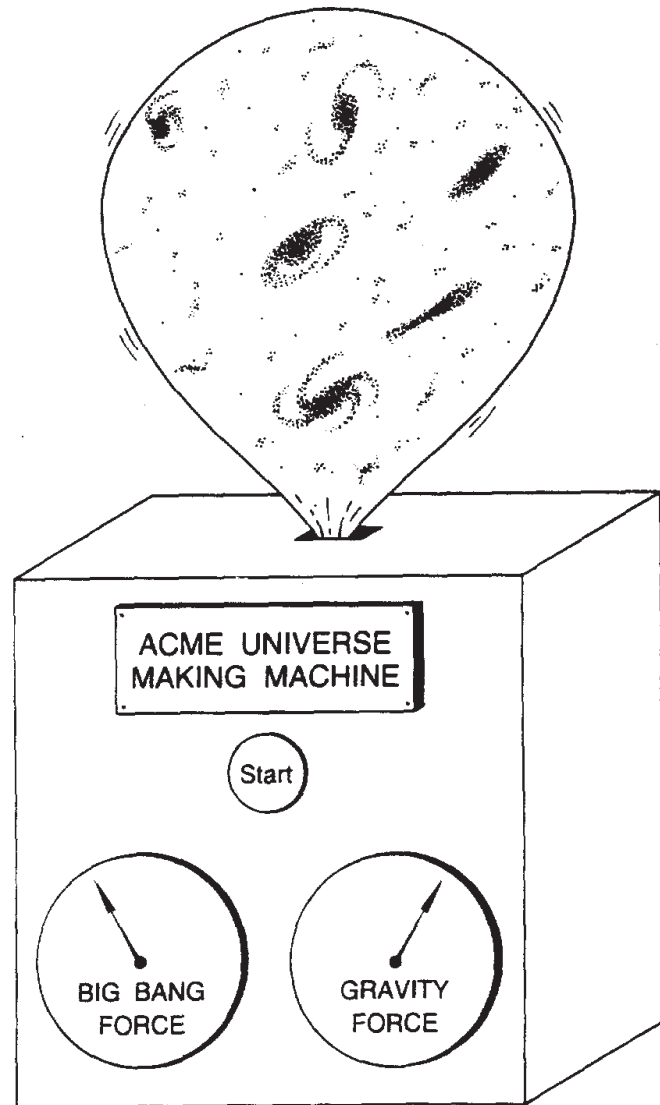
Feinabstimmung der elektromagnetischen Wechselwirkung und des Massenverhältnisses m_e/m_p

nach M. TEGMARK , Annals of Physics **270**,1–51 (1998)

Feinabstimmung: "Make yourself a universe!"



Feinabstimmung: "Make yourself a universe!"

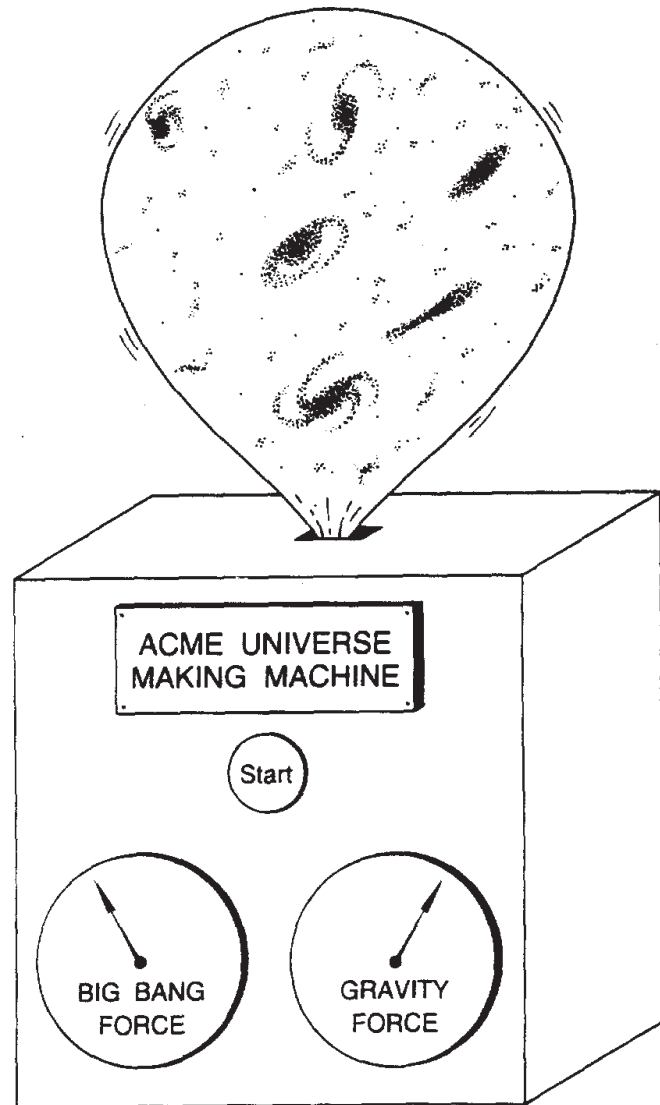


Feinabstimmung der Big-Bang-Kraft
und der Gravitationskraft

Präzision $1 : 10^{60}$

D. WILKINSON: God, Time and Stephen Hawking.
An exploration into origins. London & Grand Rapids,
Michigan: Monarch Books 2001

Feinabstimmung: "Make yourself a universe!"



Feinabstimmung der Big-Bang-Kraft
und der Gravitationskraft

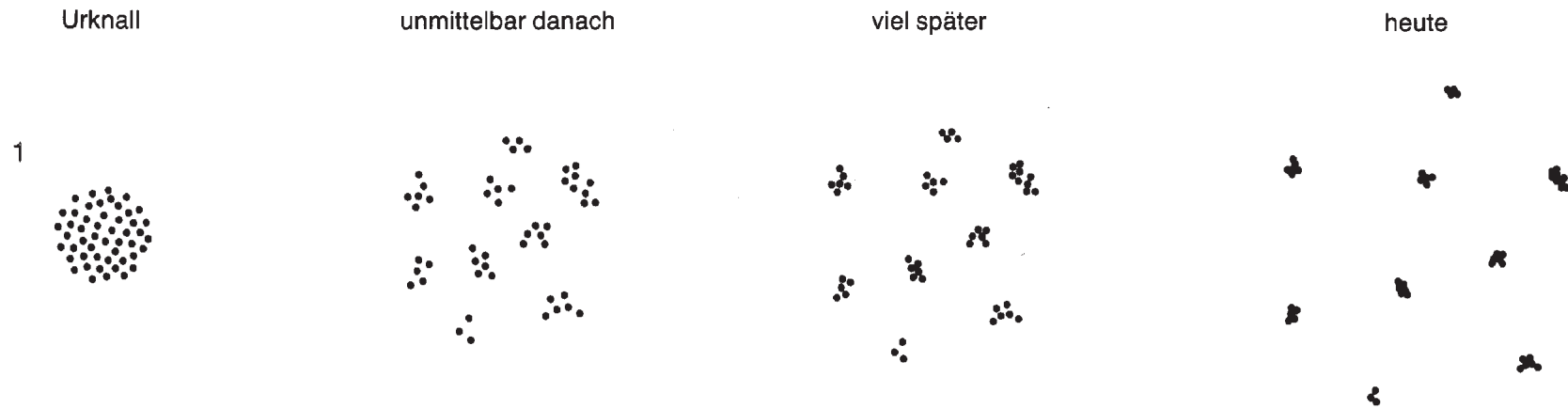
Präzision $1 : 10^{60}$

D. WILKINSON: God, Time and Stephen Hawking.
An exploration into origins. London & Grand Rapids,
Michigan: Monarch Books 2001

Präzision von Λ $1 : 10^{120}$

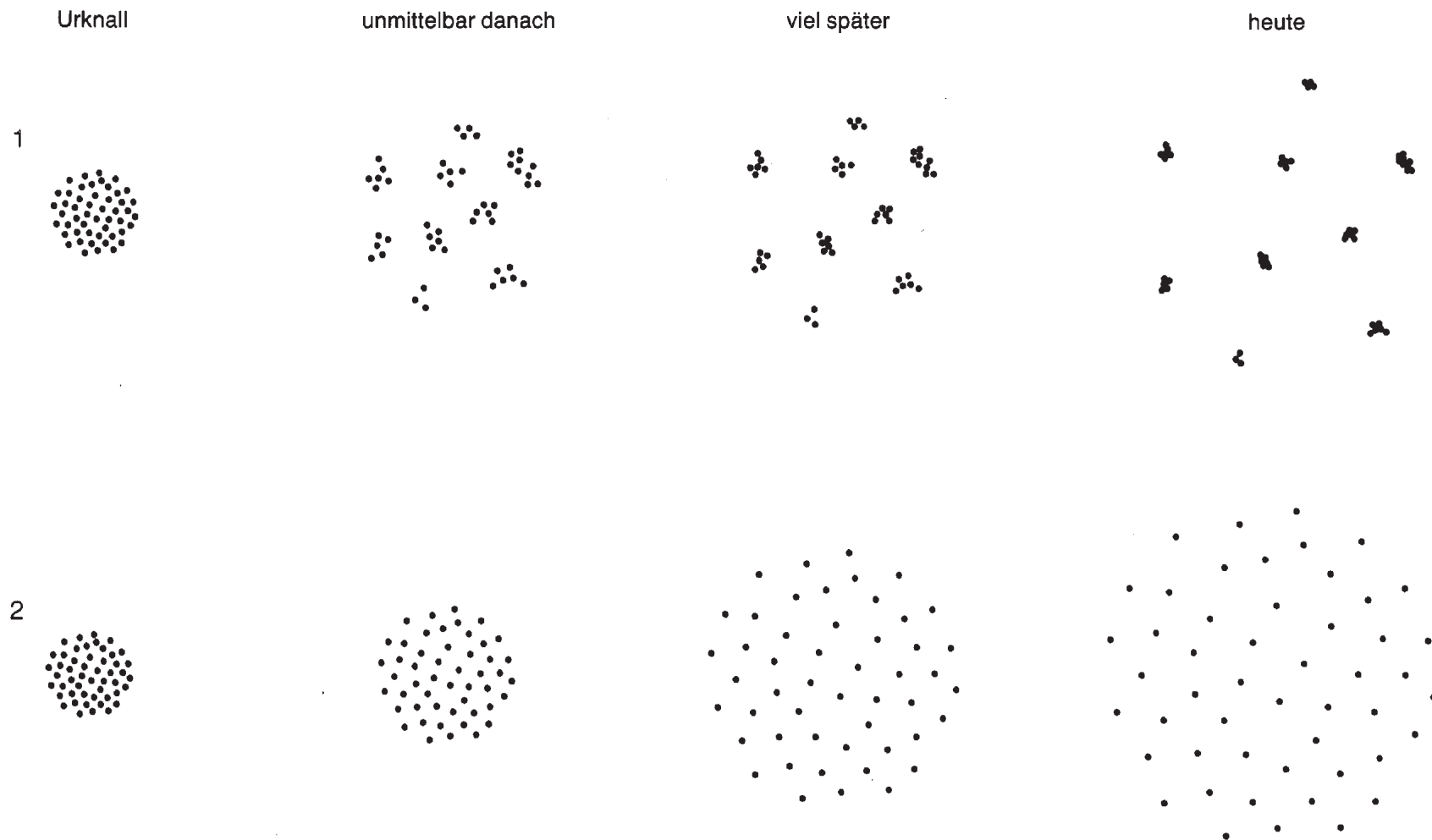
L. M. KRAUSS: "The End of the Age Problem and the Case
for a Cosmological Constant Revisited" *Astrophys. J.* 501
(1998), 461.

Feinabstimmung: Entwicklungsmodelle des Universums



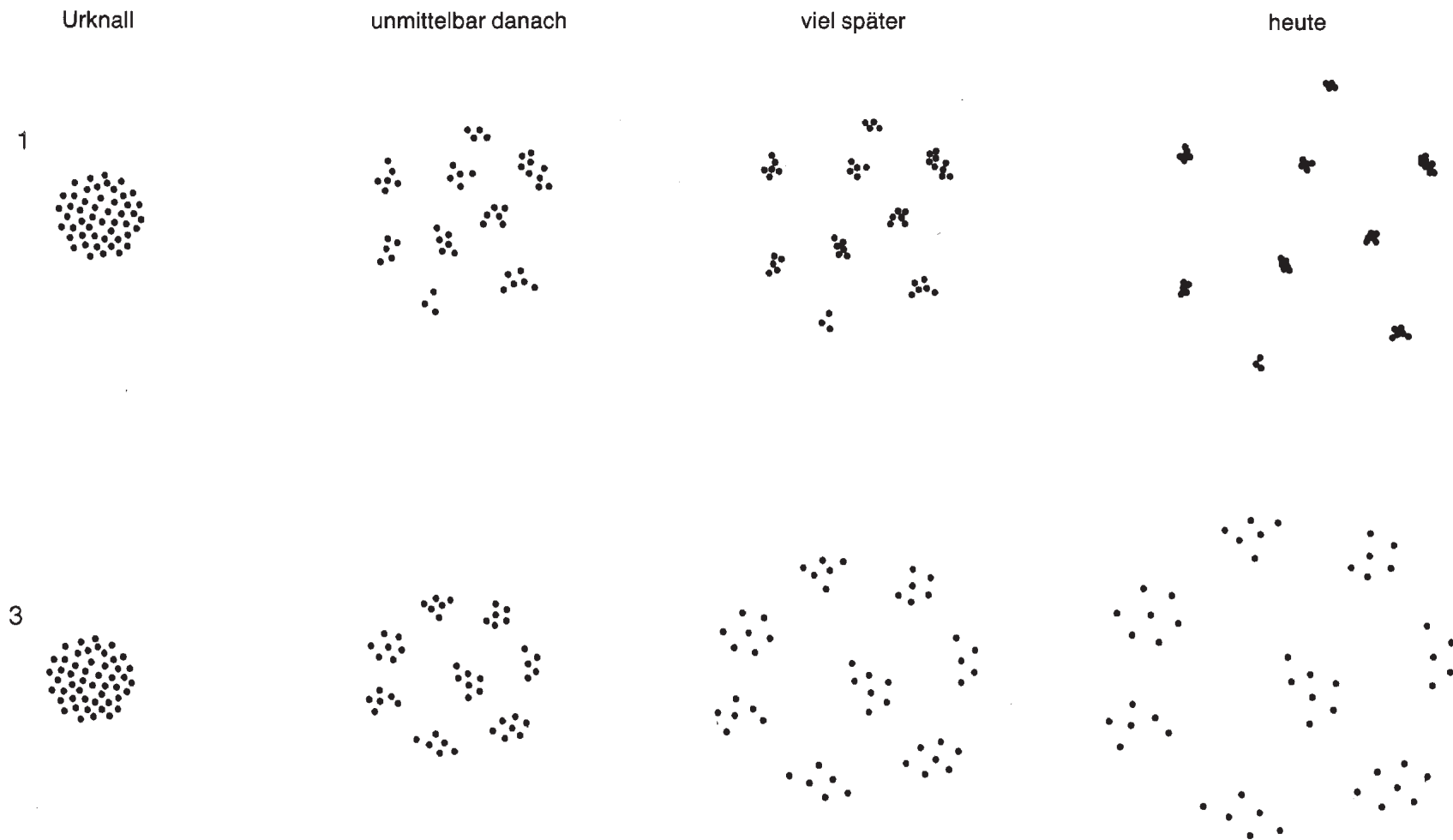
(nach G. GALE, Spektrum der Wissenschaft, Febr. 1982)

Feinabstimmung: Entwicklungsmodelle des Universums



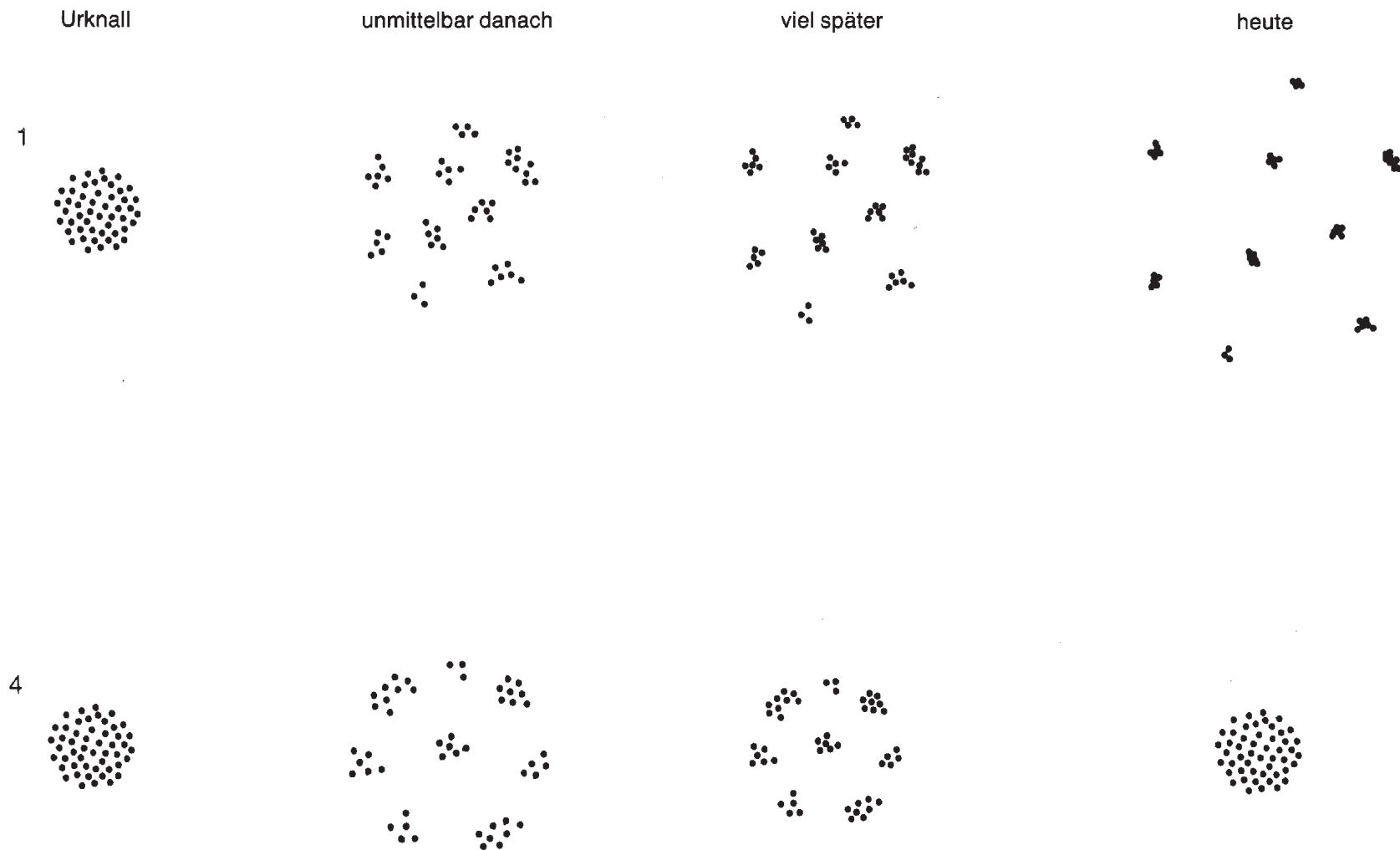
(nach G. GALE, Spektrum der Wissenschaft, Febr. 1982)

Feinabstimmung: Entwicklungsmodelle des Universums



(nach G. GALE, Spektrum der Wissenschaft, Febr. 1982)

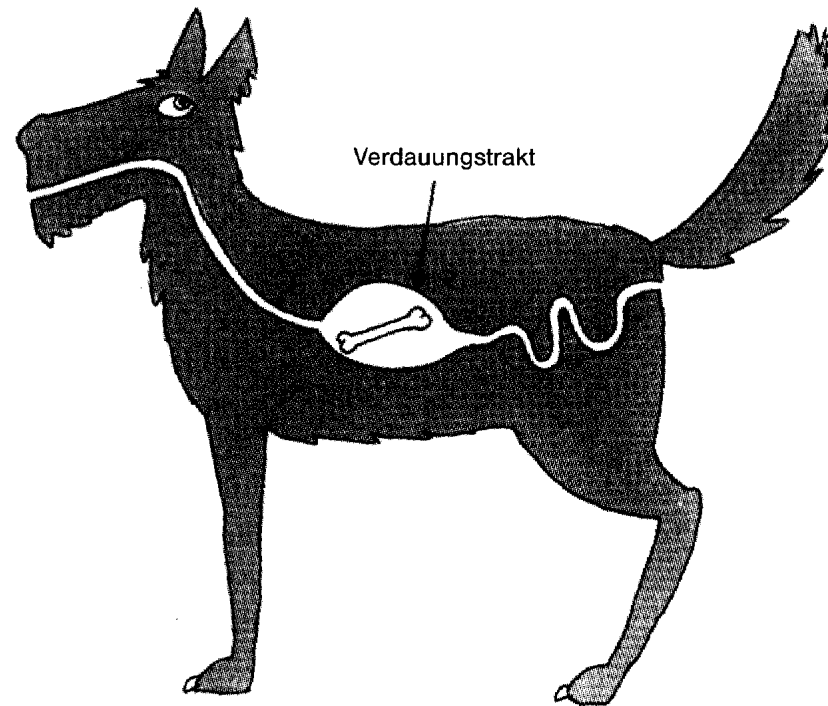
Feinabstimmung: Entwicklungsmodelle des Universums



(nach G. GALE, Spektrum der Wissenschaft, Febr. 1982)

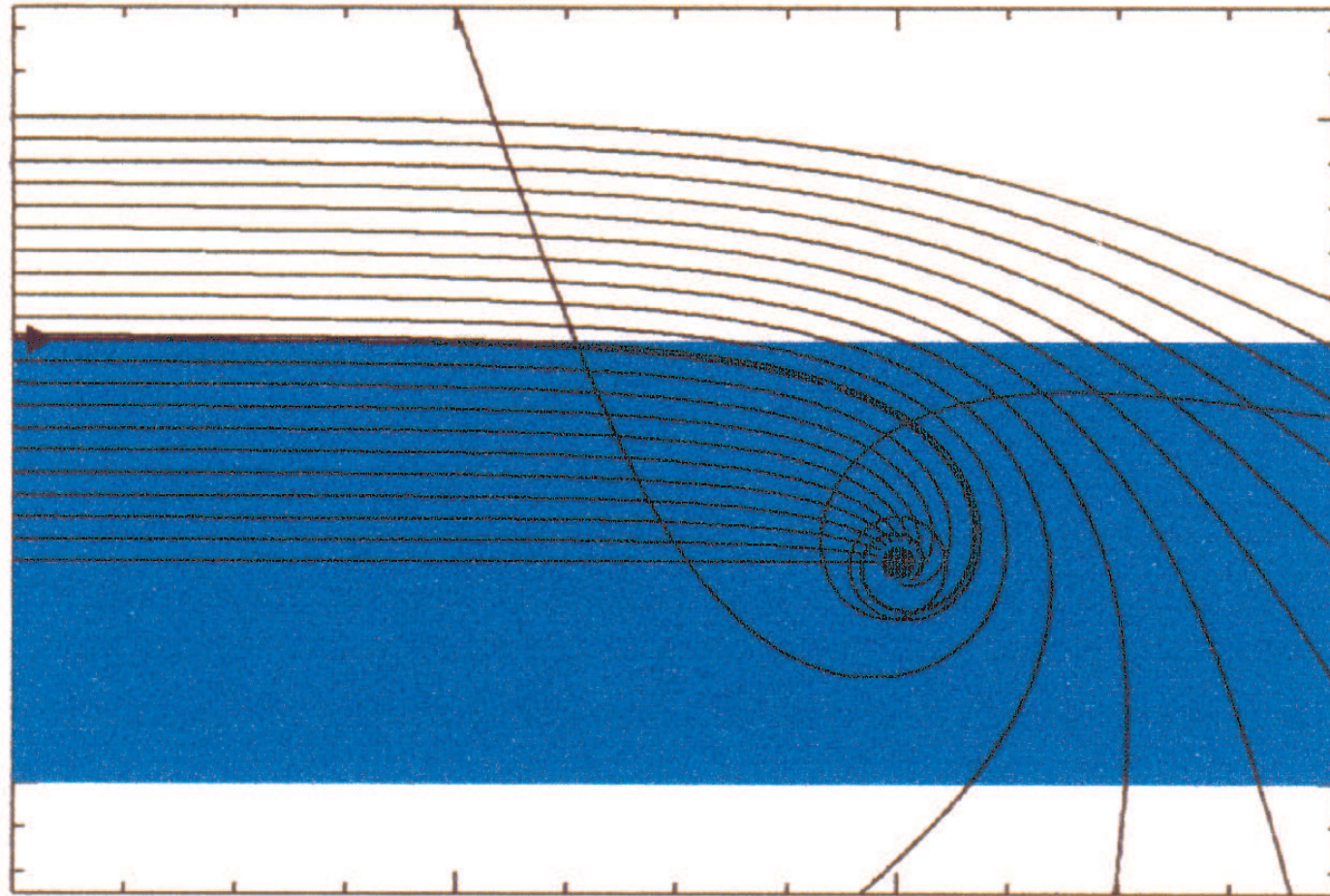
Feinabstimmung: Weniger als drei Raumdimensionen?

Lebewesen sind in zwei Dimensionen schwer denkbar:
Nervennetz? Blutkreislauf? Verdauungstrakt?



Der HAWKINGSche zweidimensionale Hund

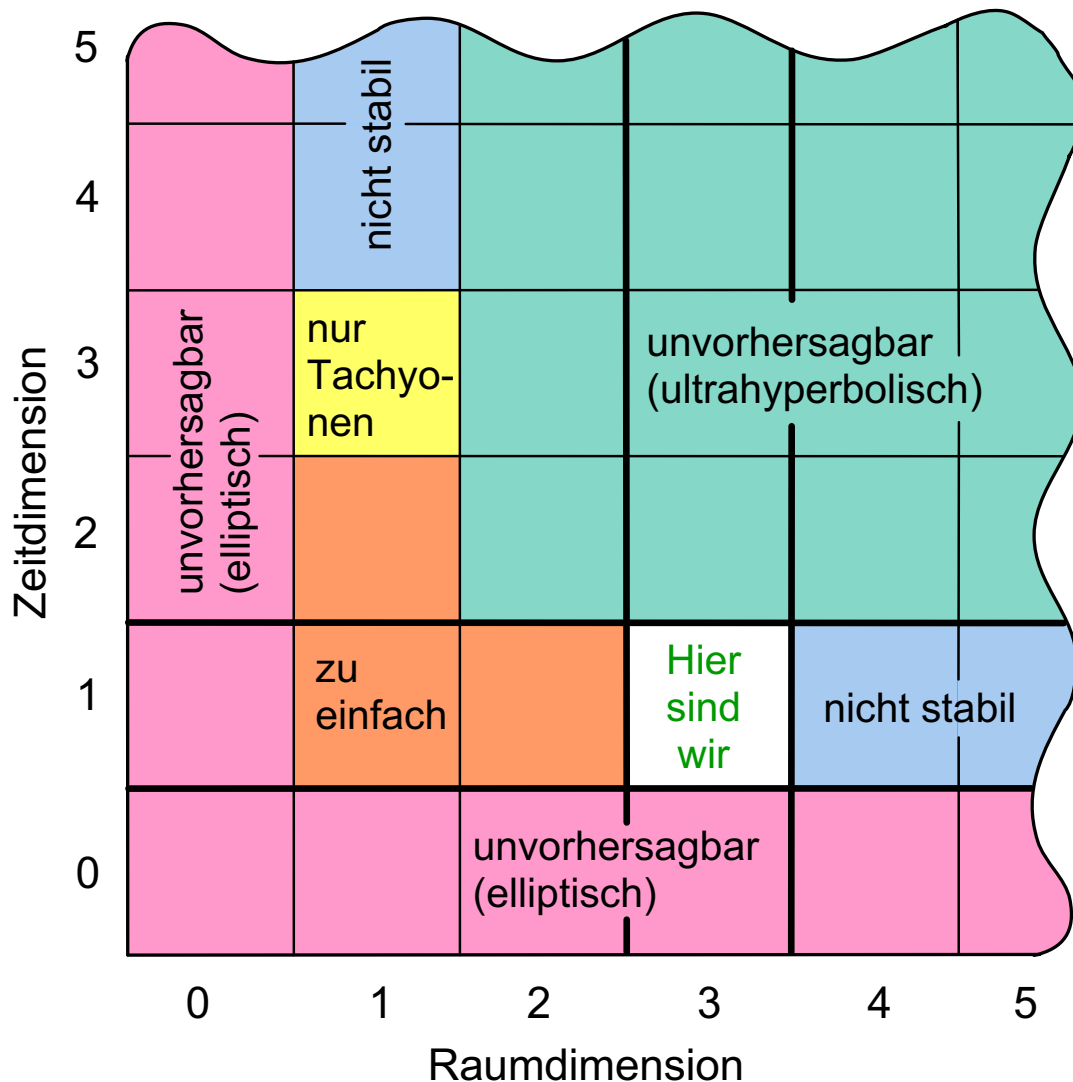
Feinabstimmung: Mehr als drei Raumdimensionen?



Im vierdimensionalen Raum gibt es keine stabilen Bahnen von Planeten und (klass.) Atomen. (EHRENFEST (1917))

Auch im Rahmen der QM gibt es keine stabilen Atome. (TANGHERLINI (1963))

Feinabstimmung: Andere Raum-Zeit-Dimensionen?



Raumdim. < 3 zu geringe Komplexität

Raumdim. > 3 keine Stabilität

Zeitdim. $\neq 1$ keine Vorhersagbarkeit

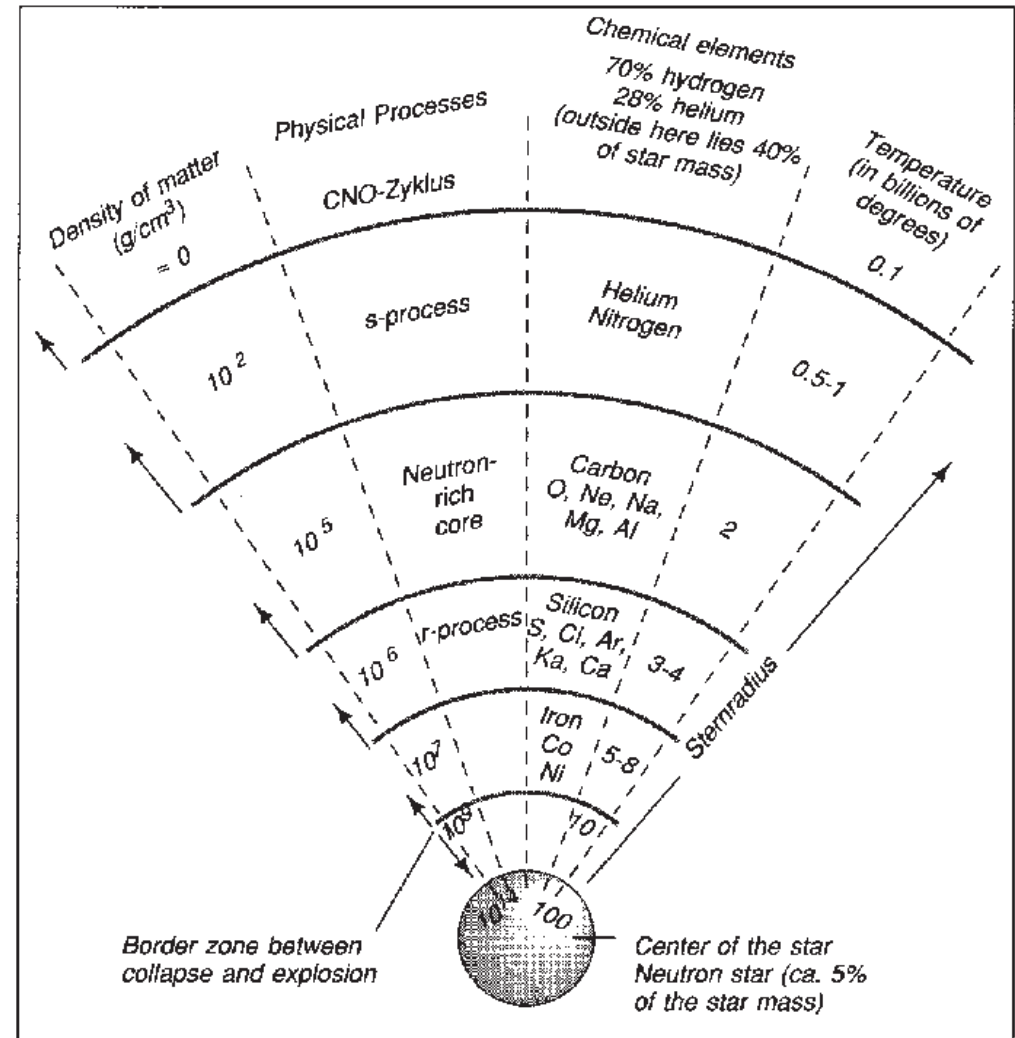
nach M. TEGMARK,
Class. Quantum Grav. **14** (1997) L69

Feinabstimmung: Kohlenstoff

Chemische Elemente im menschlichen Organismus

Element	Trockengewicht (%)
C	61,7
N	11,0
O	9,3
H	5,7
Ca	5,0
P	3,3
K	1,3
S	1,0
⋮	⋮

(D. VOET, J. G. VOET: Biochemie.
Weinheim: VCH 1992)



Only by the explosion of stars can the elements essential to life, which are formed in the stars' interiors, be ejected into space.



SIR FRED HOYLE (1915–2001)

1945–1973 Univ. of Cambridge

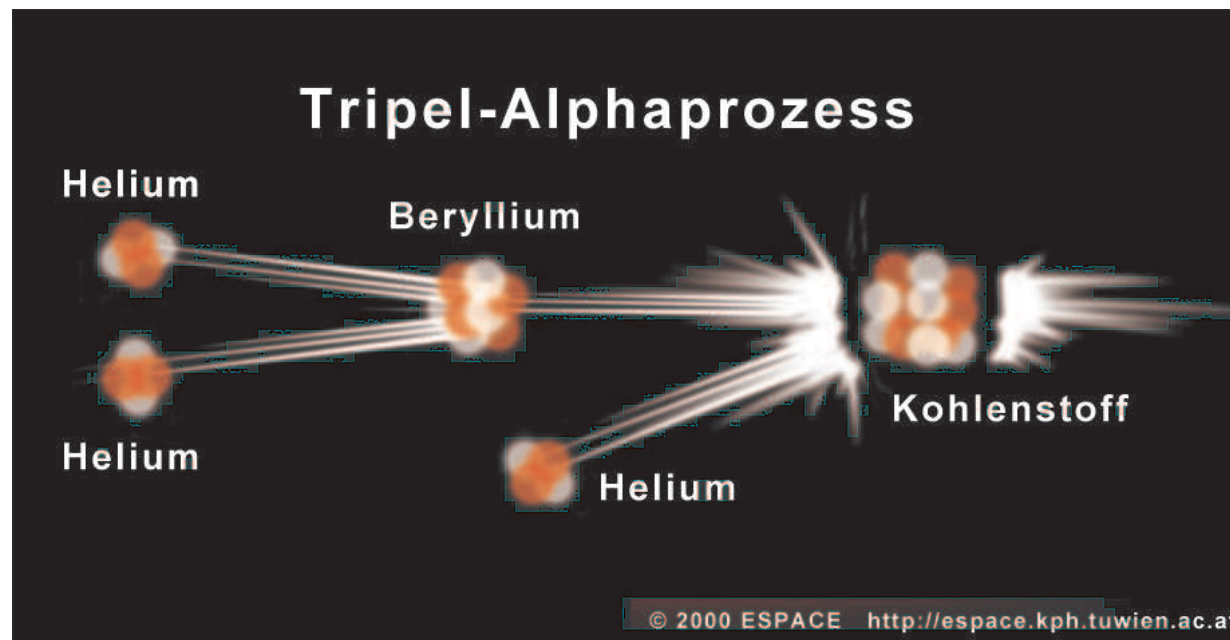
Astrophysik, Kosmologie

CalTech, Mt. Wilson, Mt. Palomar

1948 mit BONDI, GOLD:

Steady-state-Modell

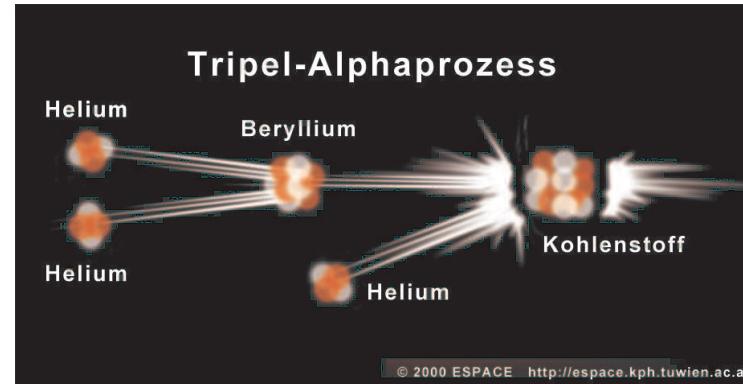
Sternentwicklung; Elementsynthese



Feinabstimmung: Kohlenstoff

Synthese von Kohlenstoff ^{12}C aus ^4He

(HOYLE, FOWLER 1954)

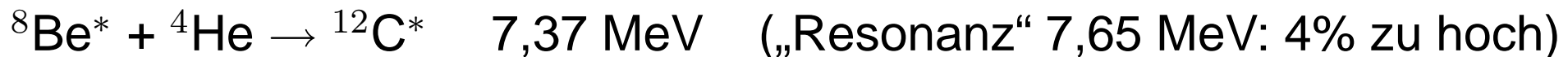


$^8\text{Be}^*$ -Halbwertszeit: $6,7 \cdot 10^{-17} \text{ s}$

(lang gegen typischerweise 10^{-24} s)

wenn größer: Fusion schwerer Elemente; Katastrophen

wenn kleiner: keine Elemente jenseits Be; keine Biochemie

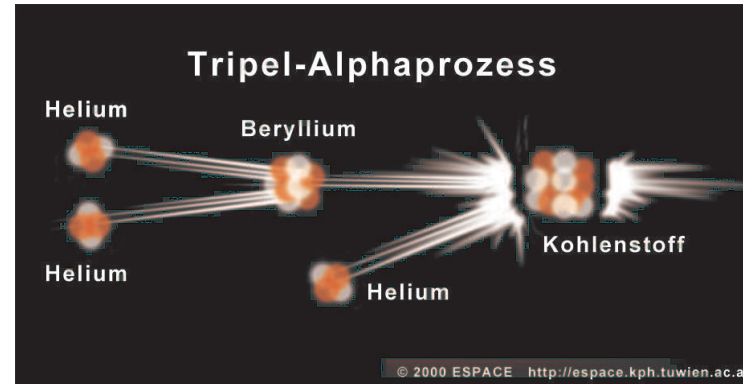


„Nothing has shaken my atheism as much as this discovery.“ (HOYLE)

Feinabstimmung: Kohlenstoff

Synthese von Kohlenstoff ^{12}C aus ^4He

(HOYLE, FOWLER 1954)



„Die Kombination dieser Zufälle, die für Kohlenstoff-12 die genau richtige Resonanz ergeben und für Sauerstoff-16 die genau falsche, ist in der Tat bemerkenswert.“

Es gibt keine bessere Bestätigung für die Behauptung, dass das Weltall zu unserem Wohl gemacht ist – dem Menschen auf den Leib geschneidert.“

(J. GRIBBIN, M. REES: Ein Universum nach Maß. Bedingungen unserer Existenz. Basel, Boston, Berlin: Birkhäuser 1991)

Deutungen: Eine anthropische Argumentation

„Auf der Erde gibt es eine Lebensform mit Bewusstsein, eine beobachtende Intelligenz. Wie muss das dazu gehörige Universum aussehen? Diese Frage kann nicht beantwortet werden ohne die folgenden logischen Schritte:

BREUER, R.: Das anthropische Prinzip. Frankfurt, Berlin, Wien: Ullstein 1984.

Deutungen: Eine anthropische Argumentation

„Auf der Erde gibt es eine Lebensform mit Bewusstsein, eine beobachtende Intelligenz. Wie muss das dazu gehörige Universum aussehen? Diese Frage kann nicht beantwortet werden ohne die folgenden logischen Schritte:

- *Bewusstsein setzt voraus, dass es Leben gibt;*

BREUER, R.: Das anthropische Prinzip. Frankfurt, Berlin, Wien: Ullstein 1984.

Deutungen: Eine anthropische Argumentation

„Auf der Erde gibt es eine Lebensform mit Bewusstsein, eine beobachtende Intelligenz. Wie muss das dazu gehörige Universum aussehen? Diese Frage kann nicht beantwortet werden ohne die folgenden logischen Schritte:

- *Bewusstsein setzt voraus, dass es Leben gibt;*
- *Leben braucht als Grundlage seines Entstehens chemische Elemente, vor allem auch solche, die schwerer sind als Wasserstoff und Helium;*

BREUER, R.: Das anthropische Prinzip. Frankfurt, Berlin, Wien: Ullstein 1984.

Deutungen: Eine anthropische Argumentation

„Auf der Erde gibt es eine Lebensform mit Bewusstsein, eine beobachtende Intelligenz. Wie muss das dazu gehörige Universum aussehen? Diese Frage kann nicht beantwortet werden ohne die folgenden logischen Schritte:

- *Bewusstsein setzt voraus, dass es Leben gibt;*
- *Leben braucht als Grundlage seines Entstehens chemische Elemente, vor allem auch solche, die schwerer sind als Wasserstoff und Helium;*
- *Schwere Elemente entstehen aber nur durch thermonukleare Verbrennung der leichten Elemente, also durch Atomkernverschmelzung;*

BREUER, R.: Das anthropische Prinzip. Frankfurt, Berlin, Wien: Ullstein 1984.

Deutungen: Eine anthropische Argumentation

„Auf der Erde gibt es eine Lebensform mit Bewusstsein, eine beobachtende Intelligenz. Wie muss das dazu gehörige Universum aussehen? Diese Frage kann nicht beantwortet werden ohne die folgenden logischen Schritte:

- *Bewusstsein setzt voraus, dass es Leben gibt;*
- *Leben braucht als Grundlage seines Entstehens chemische Elemente, vor allem auch solche, die schwerer sind als Wasserstoff und Helium;*
- *Schwere Elemente entstehen aber nur durch thermonukleare Verbrennung der leichten Elemente, also durch Atomkernverschmelzung;*
- *Atomkernverschmelzungen laufen jedoch nur im Innern der Sterne ab und benötigen wenigstens einige Milliarden Jahre, um größere Mengen an schweren Elementen zu produzieren;*

BREUER, R.: Das anthropische Prinzip. Frankfurt, Berlin, Wien: Ullstein 1984.

Eine anthropische Argumentation

- *Eine Zeitspanne von mehreren Milliarden Jahren steht aber nur in einem Universum zur Verfügung, das selbst wenigstens einige Milliarden Jahre alt und damit einige Milliarden Lichtjahre ausgedehnt ist. [...]*

BREUER, R.: Das anthropische Prinzip. Frankfurt, Berlin, Wien: Ullstein 1984.

Eine anthropische Argumentation

- *Eine Zeitspanne von mehreren Milliarden Jahren steht aber nur in einem Universum zur Verfügung, das selbst wenigstens einige Milliarden Jahre alt und damit einige Milliarden Lichtjahre ausgedehnt ist. [...]*
- *In späteren kosmischen Epochen würden andererseits kaum mehr sonnenähnliche Sterne existieren, sondern hauptsächlich nur mehr energiewenige Weiße Zwerge, die eine planetare, langsam biologisch evolvierende Lebensform nicht mit ausreichender Energie versorgen könnten.*

*Daher kann die Antwort auf die Frage, warum das heute von uns beobachtete Universum so alt und so groß ist, nur lauten:
Weil sonst die Menschheit gar nicht hier wäre.“*

BREUER, R.: Das anthropische Prinzip. Frankfurt, Berlin, Wien: Ullstein 1984.

Deutungen: Das Schwache Anthropische Prinzip

Schwaches Anthropisches Prinzip – **Weak Anthropic Principle (WAP)**

Das physikalische Universum, das wir beobachten, hat eine Struktur, welche die Existenz von uns als Beobachtern zulässt.

(nach CLIFTON)

Deutungen: Das Schwache Anthropische Prinzip

Schwaches Anthropisches Prinzip – **Weak Anthropic Principle (WAP)**

Das physikalische Universum, das wir beobachten, hat eine Struktur, welche die Existenz von uns als Beobachtern zulässt.

(nach CLIFTON)

Weil es in diesem Universum Beobachter gibt, muss das Universum Eigenschaften besitzen, die die Existenz von Beobachtern zulassen.

(R. H. DICKE 1961)

Deutungen: Das Schwache Anthropische Prinzip

Schwaches Anthropisches Prinzip – **Weak Anthropic Principle (WAP)**

Das physikalische Universum, das wir beobachten, hat eine Struktur, welche die Existenz von uns als Beobachtern zulässt.

(nach CLIFTON)

Weil es in diesem Universum Beobachter gibt, muss das Universum Eigenschaften besitzen, die die Existenz von Beobachtern zulassen.

(R. H. DICKE 1961)

Die beobachteten Werte aller physikalischen und kosmologischen Größen sind nicht beliebig.

Sie nehmen vielmehr Werte an, die eingeschränkt sind durch die Forderung, dass es Regionen gibt, wo sich Leben auf Kohlenstoff-Basis entwickeln kann, und durch die Forderung, dass das Universum alt genug ist, dass das bereits passiert ist.

(J. D. BARROW und F. J. TIPLER 1986)

Der Status des Schwachen Anthropischen Prinzips

Schwaches Anthropisches Prinzip – **Weak Anthropic Principle (WAP)**

Das physikalische Universum, das wir beobachten, hat eine Struktur, welche die Existenz von uns als Beobachtern zulässt.

(nach CLIFTON)

• Ist das WAP ein Prinzip?

Prinzipien werden eingeführt, um etwas zu erklären:

Warum ist das Universum so strukturiert wie es ist?

Warum ist es so, dass sich Leben entwickeln konnte?

Diesen Erklärungswert hat das WAP nicht!

Der Status des Schwachen Anthropischen Prinzips

Schwaches Anthropisches Prinzip – **Weak Anthropic Principle (WAP)**

Das physikalische Universum, das wir beobachten, hat eine Struktur, welche die Existenz von uns als Beobachtern zulässt.

(nach CLIFTON)

- Ist das WAP ein Prinzip?

Prinzipien werden eingeführt, um etwas zu erklären:

Warum ist das Universum so strukturiert wie es ist?

Warum ist es so, dass sich Leben entwickeln konnte?

Diesen Erklärungswert hat das WAP nicht!

- Ist das WAP tautologisch?

Beobachter beobachten ein beobachter-ermöglichendes Universum.

(Was sollte man auch sonst beobachten?)

Nein! Aber was bedeutet dann das WAP?

Der Status des Schwachen Anthropischen Prinzips

Schwaches Anthropisches Prinzip – **Weak Anthropic Principle (WAP)**

Das physikalische Universum, das wir beobachten, hat eine Struktur, welche die Existenz von uns als Beobachtern zulässt.

(nach CLIFTON)

- Das WAP lenkt die Aufmerksamkeit darauf, dass die Möglichkeit von Leben eng mit der gesamtkosmischen Entwicklung verknüpft ist.

Der Mensch wieder im „Mittelpunkt“?

Der Status des Schwachen Anthropischen Prinzips

Schwaches Anthropisches Prinzip – **Weak Anthropic Principle (WAP)**

Das physikalische Universum, das wir beobachten, hat eine Struktur, welche die Existenz von uns als Beobachtern zulässt.

(nach CLIFTON)

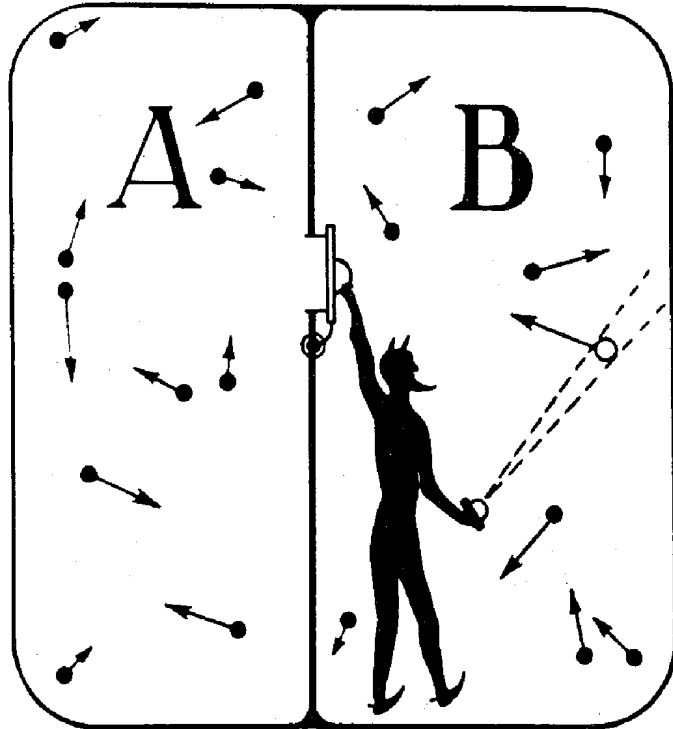
- Das WAP lenkt die Aufmerksamkeit darauf, dass die Möglichkeit von Leben eng mit der gesamtkosmischen Entwicklung verknüpft ist.

Der Mensch wieder im „Mittelpunkt“?

- Das WAP erinnert daran, Beobachter in die Theoriebildung mit einzubeziehen.

Es ist eine „*epistemische Konsistenzforderung*“.

(M. STÖCKLER)



„MAXWELLScher Dämon“ (1871)

Kann er den 2. Hauptsatz der
Thermodynamik überlisten?

H. S. LEFF, A. F. REX: Maxwell's Demon. Bristol:
Adam Hilger 1990.

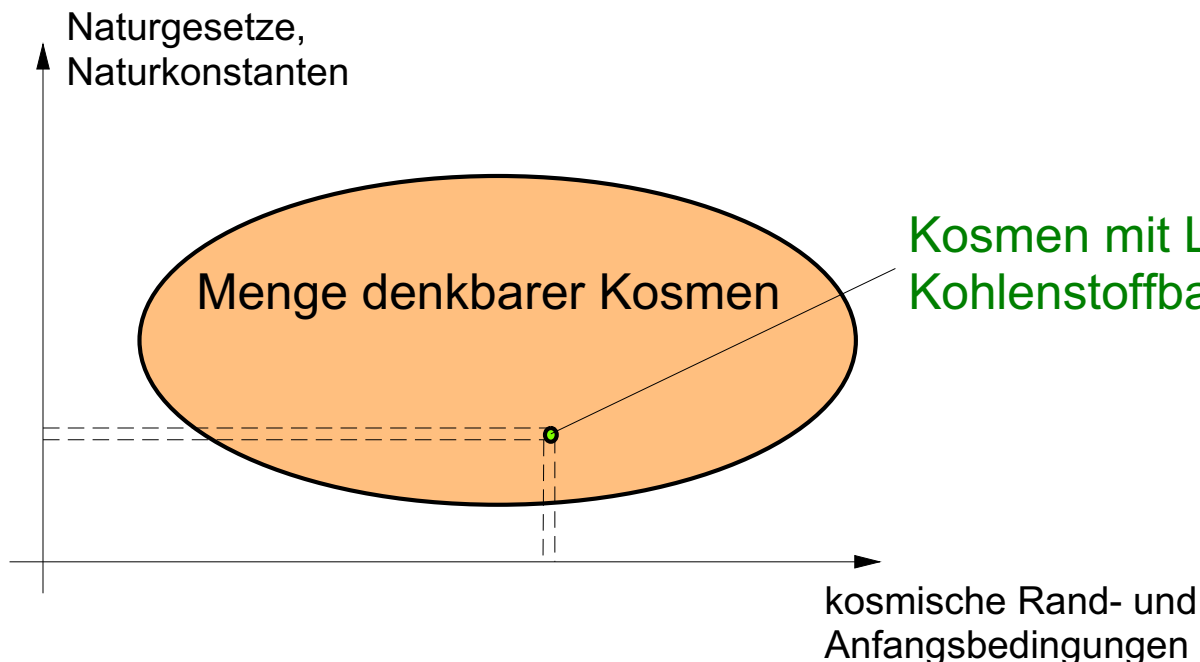
Der Status des Schwachen Anthropischen Prinzips

Schwaches Anthropisches Prinzip – **Weak Anthropic Principle (WAP)**

Das physikalische Universum, das wir beobachten, hat eine Struktur, welche die Existenz von uns als Beobachtern zulässt.

(nach CLIFTON)

- Das WAP wirkt damit als „Filter“, „Sieb“ für kosmologische Theorien.



Merkwürdig:
Dieses Filter lässt
fast nichts durch!

Fehlschlüsse beim Schwachen Anthropischen Prinzips

Schwaches Anthropisches Prinzip – **Weak Anthropic Principle (WAP)**

Das physikalische Universum, das wir beobachten, hat eine Struktur, welche die Existenz von uns als Beobachtern zulässt.

(nach CLIFTON)

Fehlschlüsse:

- Die grundlegenden Eigenschaften des Universums *müssen* so sein, dass sich Beobachter entwickeln können.

Nein! Das ist weder logisch noch naturgesetzlich notwendig.

Es gilt nur: Wenn das Universum beobachtet wird, *dann* müssen seine grundlegenden Eigenschaften so sein, dass sie Beobachter ermöglichen.

Fehlschlüsse beim Schwachen Anthropischen Prinzips

Schwaches Anthropisches Prinzip – **Weak Anthropic Principle (WAP)**

Das physikalische Universum, das wir beobachten, hat eine Struktur, welche die Existenz von uns als Beobachtern zulässt.

(nach CLIFTON)

Fehlschlüsse:

- Die grundlegenden Eigenschaften des Universums *müssen* so sein, dass sich Beobachter entwickeln können.

Nein! Das ist weder logisch noch naturgesetzlich notwendig.

Es gilt nur: Wenn das Universum beobachtet wird, dann müssen seine grundlegenden Eigenschaften so sein, dass sie Beobachter ermöglichen.

- „Warum ist das Universum isotrop?“

„[...] die Isotropie des Universums ist eine Folge unserer Existenz.“

(COLLINS and HAWKING, *Astrophys. J.* 180, 317-334 (1973))

Rückwärtsverursachung? Nur Konsistenzbetrachtung!

Deutungen: Leben ohne Kohlenstoff?

- **Die Feinabstimmung auf Leben hin wird bestritten.**

Vielleicht kann Leben auch auf einer anderen Basis als Kohlenstoff entstehen. Dann wäre bei anderen Eigenschaften des Universums eben auch eine andere Art von Leben entstanden.

Deutungen: Leben ohne Kohlenstoff?

- **Die Feinabstimmung auf Leben hin wird bestritten.**

Vielleicht kann Leben auch auf einer anderen Basis als Kohlenstoff entstehen. Dann wäre bei anderen Eigenschaften des Universums eben auch eine andere Art von Leben entstanden.

Problem:

Hoch spekulativ!

Keine empirischen Anhaltspunkte für eine andere Chemie des Lebens!

Deutungen: Ein Multiversum?



Paralleluniversen

Nicht nur in Science-Fiction-Romanen ist unser Universum bloß eines unter vielen. Auch Kosmologen und Quantentheoretiker postulieren parallele Welten.

ALFRED KAMAJIAN

Deutungen: Unser Universum notwendig?

- **Die Feinabstimmung wird als notwendig vorkommend erwiesen.**

Es gibt unendlich viele Kosmen (Multiversum).
In diesen sind alle möglichen Gesetze, Konstanten,
Rand- und Anfangsbedingungen realisiert.

Dann gibt es auch unseren Kosmos mit Notwendigkeit –
und nichts zu wundern und nichts zu erklären.

(J. D. BARROW, F. J. TIPLER 1986)

Deutungen: Unser Universum notwendig?

- Die Feinabstimmung wird als notwendig vorkommend erwiesen.

Probleme:

- Vielwelten-Szenarien:
 - viele Kosmen (im inflationären Modell)
 - oszillierendes Universum
 - Vielwelten-Theorie (Messprozess der Quantenmechanik)
- Alle Vielwelten-Szenarien sind spekulativ und wahrscheinlich nie beobachtbar! Metaphysik?!

Deutungen: Unser Universum notwendig?

- Die Feinabstimmung wird als notwendig vorkommend erwiesen.

Probleme:

- Vielwelten-Szenarien:
 - viele Kosmen (im inflationären Modell)
 - oszillierendes Universum
 - Vielwelten-Theorie (Messprozess der Quantenmechanik)
- Alle Vielwelten-Szenarien sind spekulativ und wahrscheinlich nie beobachtbar! Metaphysik?!
- Warum aktuell unendlich viele Welten?
Warum Eigenschaften gleichverteilt?

Deutungen: Unser Universum notwendig?

- Die Feinabstimmung wird als notwendig vorkommend erwiesen.

Probleme:

- Vielwelten-Szenarien:
 - viele Kosmen (im inflationären Modell)
 - oszillierendes Universum
 - Vielwelten-Theorie (Messprozess der Quantenmechanik)Alle Vielwelten-Szenarien sind spekulativ und wahrscheinlich nie beobachtbar! Metaphysik?!
- Warum aktuell unendlich viele Welten?
Warum Eigenschaften gleichverteilt?
- „OCCAMs Rasiermesser“ (Prinzip der Sparsamkeit der Mittel)
maximal verletzt:
Unendlich viele Kosmen, um *ein* Problem in unserem Kosmos zu lösen.

Deutungen: Eine natürliche Erklärung?



Prof. Dr. H. OBERHUMMER (*1941)

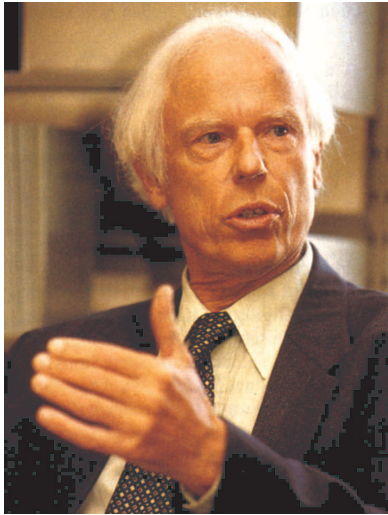
Institut für Kernphysik der TU Wien
Leiter der Abt. Nukleare Astrophysik
Koordinator des EU-Projekts ESPACE
(Europäisches System zur Präsentation
des Alls mit Computer-Einsatz)

„Das Konzept eines Multiversums ist höchst spekulativ und wird es möglicherweise auch bleiben, da die anderen Universen prinzipiell von uns nie beobachtet werden können.

Diese Hypothese beinhaltet aber zumindest eine plausible Basis für anthropische Überlegungen. Denn so ergibt sich auf ganz natürliche Weise, dass unser Universum die richtige Feinabstimmung hat, um Leben hervorbringen zu können.“

(Physik in unserer Zeit **33(3)**, 112 (2002))

Deutungen: Keine metaphysische Welten



Prof. Dr. B. KANITSCHIEDER (*1939)

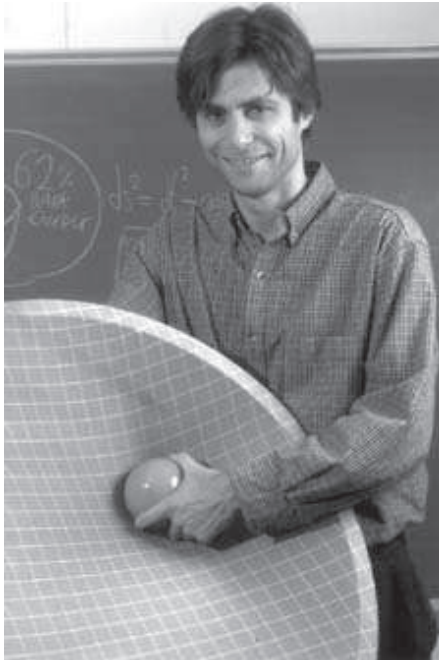
seit 1974 Lehrstuhl für Philosophie der Naturwissenschaften am
Zentrum für Grundlagen der Wissenschaften
an der Universität Giessen

KANITSCHIEDER sagt ganz offen, dass er die Vielweltentheorie

„vom wissenschaftlichen Standpunkt aus“ vorzieht,
„denn sie bleibt im Rahmen einer naturalistischen Ontologie; es werden viele physikalische Welten gebraucht, aber keine transzendent-metaphysischen.“

Ein *„transzendenter Koordinator“* scheint damit überflüssig zu sein.

(Naturwissenschaften 72, 613–618 (1985))



Prof. Dr. MAX TEGMARK (*1967)

Ph.D. University of California at Berkeley (1994)

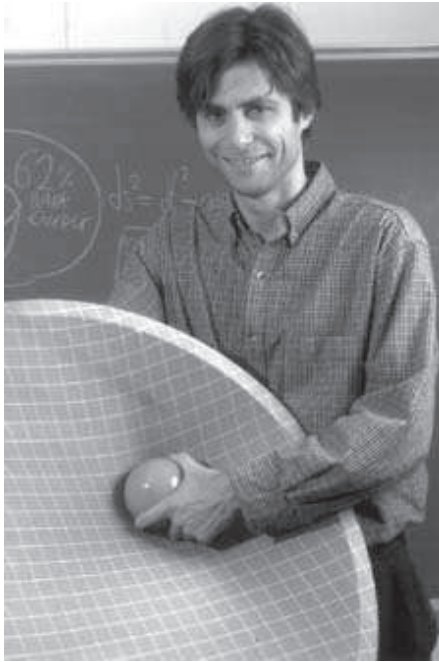
Research Associate, Max-Planck-Institut für Physik, München (9/94-9/96)

Hubble Fellow, member, Institute for Advanced Study (10/96-6/99)

Assistant Professor, Dept. of Physics and Astronomy, Univ. of Pennsylvania (7/99-)

„Es gibt zwei mögliche Erklärungen: Entweder wurde das Universum von einem Schöpfer speziell für uns entworfen. Oder es gibt eine große Anzahl von Universen, jedes mit unterschiedlichen Werten der fundamentalen Konstanten, und wir befinden uns, was kaum überrascht, in einem Universum, in dem die Konstanten genau den richtigen Wert haben, um Galaxien, Sterne und Leben zuzulassen.“

(zit. nach M. CHOWN: Das Universum nebenan. S. 140. München: dtv 2003.)



Prof. Dr. MAX TEGMARK (*1967)

Ph.D. University of California at Berkeley (1994)

Research Associate, Max-Planck-Institut für Physik, München (9/94-9/96)

Hubble Fellow, member, Institute for Advanced Study (10/96-6/99)

Assistant Professor, Dept. of Physics and Astronomy, Univ. of Pennsylvania (7/99-)

„Either God fine-tuned the Universe for us to be here, or there are many universes, each with different values of the fundamental constants, and not surprisingly we find ourselves in one in which the constants have the right values to permit galaxies, stars and life.“

(www.asa3.org/archive/evolution/200006/0102.html)

Deutungen: Wir haben etwas noch nicht verstanden!

- **Die Feinabstimmung ist lediglich ein Hinweis auf noch unbekannte gesetzmäßige Zusammenhänge.**

(KANITSCHIEDER)

Das Zufällige (das Kontingente) soll durch Auffinden von weiteren, tiefer liegenden Gesetzmäßigkeiten eliminiert werden.

Berechtigtes Arbeitsprogramm!

Deutungen: Wir haben etwas noch nicht verstanden!

- Die Feinabstimmung ist lediglich ein Hinweis auf noch unbekannte gesetzmäßige Zusammenhänge.

(KANITSCHIEDER)

Das Zufällige (das Kontingente) soll durch Auffinden von weiteren, tiefer liegenden Gesetzmäßigkeiten eliminiert werden.

Berechtigtes Arbeitsprogramm!

Beispiel:

Die Feinabstimmung von Gravitation / Expansion im Standardmodell wird durch das *inflationäre Modell* erklärt.

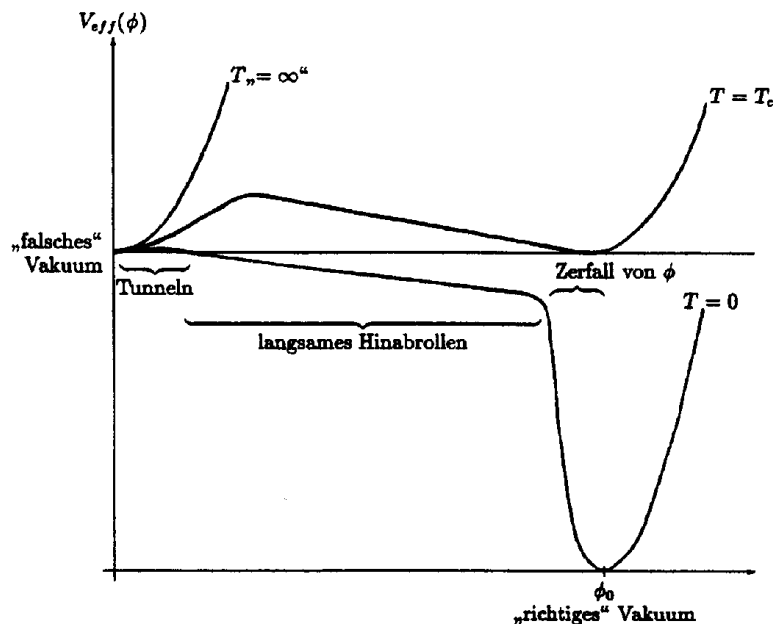
Deutungen: Wir haben etwas noch nicht verstanden!

- Die Feinabstimmung ist lediglich ein Hinweis auf noch unbekannte gesetzmäßige Zusammenhänge.

(KANITSCHIEDER)

Problem:

Auch das inflationäre Modell braucht eine Feinabstimmung!



„Leider erfordert der notwendige rollover-Phasenübergang eine sehr empfindliche Abstimmung der Parameter; die Rechnungen liefern nur dann vernünftige Ergebnisse, wenn sich die Werte der Parameter in wohldefinierten engen Grenzen bewegen.“

(ALAN A. GUTH, P. J. STEINHARDT, Spektrum d. Wissenschaft 7/84)

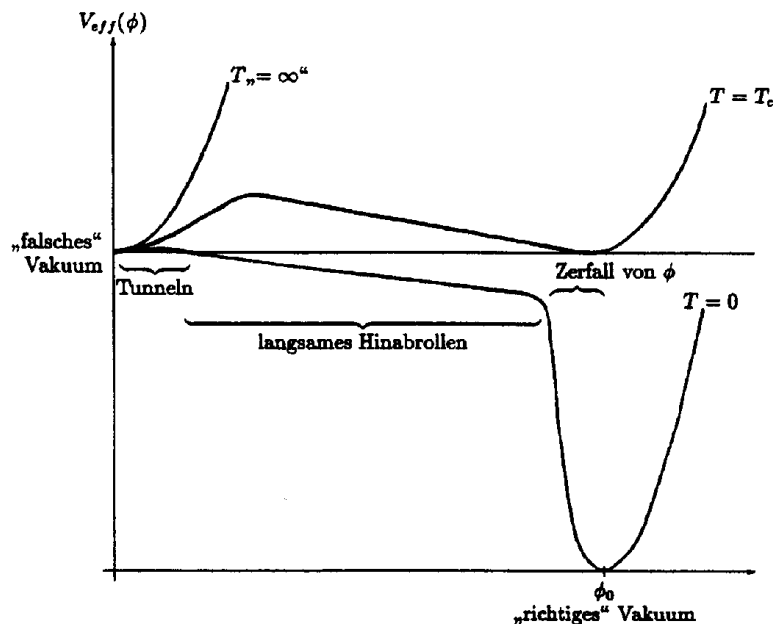
Deutungen: Wir haben etwas noch nicht verstanden!

- Die Feinabstimmung ist lediglich ein Hinweis auf noch unbekannte gesetzmäßige Zusammenhänge.

(KANITSCHIEDER)

Problem:

Auch das inflationäre Modell braucht eine Feinabstimmung!



„Leider erfordert der notwendige rollover-Phasenübergang eine sehr empfindliche Abstimmung der Parameter; die Rechnungen liefern nur dann vernünftige Ergebnisse, wenn sich die Werte der Parameter in wohldefinierten engen Grenzen bewegen.“

(ALAN A. GUTH, P. J. STEINHARDT,
Spektrum d. Wissenschaft 7/84)

Fazit: Das Zufällige kann offenbar nur verschoben, nicht eliminiert werden!

- Die Feinabstimmung wird als zufällig angesehen.

Auch das Unwahrscheinliche, Zufällige passiert gelegentlich.

„Unser Universum ist einfach eines dieser Dinge, die ab und zu geschehen.“

(E. P. TRYTON, Nature **246**, 396 (1973))

- Die Feinabstimmung wird als zufällig angesehen.

Auch das Unwahrscheinliche, Zufällige passiert gelegentlich.

„Unser Universum ist einfach eines dieser Dinge, die ab und zu geschehen.“

(E. P. TRYTON, Nature **246**, 396 (1973))

Probleme:

- Eingetretene Ereignisse sehr geringer Wahrscheinlichkeit verlangen nach einer Erklärung!

- Die Feinabstimmung wird als zufällig angesehen.

Auch das Unwahrscheinliche, Zufällige passiert gelegentlich.

„Unser Universum ist einfach eines dieser Dinge, die ab und zu geschehen.“

(E. P. TRYTON, Nature **246**, 396 (1973))

Probleme:

- Eintretene Ereignisse sehr geringer Wahrscheinlichkeit verlangen nach einer Erklärung!
- „Zufällig“ bedeutet nicht zwingend „planlos“, „absichtslos“. Zufälliges Geschehen ist offen für Sinndeutungen.

Deutungen: Das Starke Anthropische Prinzip

Starkes Anthropisches Prinzip – **Strong Anthropic Principle (SAP)**:

Das Universum muss in seinen Gesetzen und in seinem speziellen Aufbau so beschaffen sein, dass es irgendwann unweigerlich einen Beobachter hervorbringt.

(B. CARTER 1973; u.a.)

Deutungen: Das Starke Anthropische Prinzip

Starkes Anthropisches Prinzip – **Strong Anthropic Principle (SAP)**:

Das Universum muss in seinen Gesetzen und in seinem speziellen Aufbau so beschaffen sein, dass es irgendwann unweigerlich einen Beobachter hervorbringt.

(B. CARTER 1973; u.a.)

- Weiterreichende Formulierung:
logisch möglich, folgt aber nicht aus dem WAP

Deutungen: Das Starke Anthropische Prinzip

Starkes Anthropisches Prinzip – **Strong Anthropic Principle (SAP)**:

Das Universum muss in seinen Gesetzen und in seinem speziellen Aufbau so beschaffen sein, dass es irgendwann unweigerlich einen Beobachter hervorbringt.

(B. CARTER 1973; u.a.)

- Weiterreichende Formulierung:
logisch möglich, folgt aber nicht aus dem WAP
- teleologisch (zweck- und zielgerichtet)

Deutungen: Das Starke Anthropische Prinzip

Starkes Anthropisches Prinzip – **Strong Anthropic Principle (SAP)**:

Das Universum muss in seinen Gesetzen und in seinem speziellen Aufbau so beschaffen sein, dass es irgendwann unweigerlich einen Beobachter hervorbringt.

(B. CARTER 1973; u.a.)

- Weiterreichende Formulierung:
logisch möglich, folgt aber nicht aus dem WAP
- teleologisch (zweck- und zielgerichtet)
- Das Entstehen des Lebens wird zur notwendigen Eigenschaft des Universums erklärt.

Deutungen: Das Starke Anthropische Prinzip

Starkes Anthropisches Prinzip – **Strong Anthropic Principle (SAP)**:

Das Universum muss in seinen Gesetzen und in seinem speziellen Aufbau so beschaffen sein, dass es irgendwann unweigerlich einen Beobachter hervorbringt.

(B. CARTER 1973; u.a.)

Probleme:

- Das, was man erklären möchte (Leben), wird einfach postuliert.

Deutungen: Das Starke Anthropische Prinzip

Starkes Anthropisches Prinzip – **Strong Anthropic Principle (SAP)**:

Das Universum muss in seinen Gesetzen und in seinem speziellen Aufbau so beschaffen sein, dass es irgendwann unweigerlich einen Beobachter hervorbringt.

(B. CARTER 1973; u.a.)

Probleme:

- Das, was man erklären möchte (Leben), wird einfach postuliert.
- Der Begründungsbedarf verschiebt sich:
Warum soll das SAP gelten?

Deutungen: Das Starke Anthropische Prinzip

Starkes Anthropisches Prinzip – **Strong Anthropic Principle (SAP)**:

Das Universum muss in seinen Gesetzen und in seinem speziellen Aufbau so beschaffen sein, dass es irgendwann unweigerlich einen Beobachter hervorbringt.

(B. CARTER 1973; u.a.)

Probleme:

- Das, was man erklären möchte (Leben), wird einfach postuliert.
- Der Begründungsbedarf verschiebt sich:
Warum soll das SAP gelten?
- Bisher wurden Zwecke immer durch Mechanismen ersetzt.

Deutungen: Das Starke Anthropische Prinzip

Starkes Anthropisches Prinzip – **Strong Anthropic Principle (SAP)**:

Das Universum muss in seinen Gesetzen und in seinem speziellen Aufbau so beschaffen sein, dass es irgendwann unweigerlich einen Beobachter hervorbringt.

(B. CARTER 1973; u.a.)

Probleme:

- Das, was man erklären möchte (Leben), wird einfach postuliert.
- Der Begründungsbedarf verschiebt sich:
Warum soll das SAP gelten?
- Bisher wurden Zwecke immer durch Mechanismen ersetzt.
- Teleologische Aussagen sind schlecht falsifizierbar.

Deutungen: Weitere Anthropische Prinzipien

Finales Anthropisches Prinzip – **Final Anthropic Principle (FAP)**:

Im Universum muss intelligentes, informationsverarbeitendes Leben entstehen, evolvieren und für immer existieren.

(BARROW, TIPLER)

„A modern-day theologian might wish to say that the totality of life at the Omega Point is omnipotent, omnipresent and omniscient!“

(J. D. BARROW, F. J. TIPLER: The Anthropic Cosmological Principle, p. 682. Oxford: Clarendon Press 1986)

Deutungen: Weitere Anthropische Prinzipien

Finales Anthropisches Prinzip – **Final Anthropic Principle (FAP)**:

Im Universum muss intelligentes, informationsverarbeitendes Leben entstehen, evolvieren und für immer existieren.

(BARROW, TIPLER)

„A modern-day theologian might wish to say that the totality of life at the Omega Point is omnipotent, omnipresent and omniscient!“

(J. D. BARROW, F. J. TIPLER: The Anthropic Cosmological Principle, p. 682. Oxford: Clarendon Press 1986)

Kommentar von MARTIN GARDNER (Sci. Amer.):

CRAP – **C**ompletely **R**idiculous **A**nthropic **P**rinciple

Deutungen: Design or not design?

Die Feinabstimmung ist von einer Intelligenz, einem Designer so gewollt und gemacht, dass Leben entstehen kann.

„Die Zufälligkeit der Naturkonstanten kann ich als Wahl zu meinen Gunsten deuten.“

(W. PANNENBERG)

Kein Gottesbeweis, aber ein Hinweis.

(W. A. DEMBSKI, www.leaderu.com/offices/dembski/docs/bd-idesign.html)

Der Design-Gedanke ist nicht neu:

(W. A. DEMBSKI, www.leaderu.com/offices/dembski/docs/bd-idesign.html)

Der Design-Gedanke ist nicht neu:

- 3./4. Jahrh.: altkirchliche Apologeten MINUCIUS FELIX;
BASILIUS DER GROSSE

(W. A. DEMBSKI, www.leaderu.com/offices/dembski/docs/bd-idesign.html)

Der Design-Gedanke ist nicht neu:

- 3./4. Jahrh.: altkirchliche Apologeten MINUCIUS FELIX;
BASILIUS DER GROSSE
- 12./13. Jahrh.: Scholastiker MOSES MAIMONIDES; THOMAS V. AQUIN

(W. A. DEMBSKI, www.leaderu.com/offices/dembski/docs/bd-idesign.html)

Der Design-Gedanke ist nicht neu:

- 3./4. Jahrh.: altkirchliche Apologeten MINUCIUS FELIX;
BASILIUS DER GROSSE
- 12./13. Jahrh.: Scholastiker MOSES MAIMONIDES; THOMAS V. AQUIN
- 18./19. Jahrh.: reformierte Denker THOMAS REID; CHARLES HODGE

(W. A. DEMBSKI, www.leaderu.com/offices/dembski/docs/bd-idesign.html)

Der Design-Gedanke ist nicht neu:

- 3./4. Jahrh.: altkirchliche Apologeten MINUCIUS FELIX;
BASILIUS DER GROSSE
- 12./13. Jahrh.: Scholastiker MOSES MAIMONIDES; THOMAS V. AQUIN
- 18./19. Jahrh.: reformierte Denker THOMAS REID; CHARLES HODGE
- 1802: "Natural Theology" von WILLIAM PALEY (Uhrmacher-Argument)

(W. A. DEMBSKI, www.leaderu.com/offices/dembski/docs/bd-idesign.html)

Der Design-Gedanke ist nicht neu:

- 3./4. Jahrh.: altkirchliche Apologeten MINUCIUS FELIX; BASILIUS DER GROSSE
- 12./13. Jahrh.: Scholastiker MOSES MAIMONIDES; THOMAS V. AQUIN
- 18./19. Jahrh.: reformierte Denker THOMAS REID; CHARLES HODGE
- 1802: "Natural Theology" von WILLIAM PALEY (Uhrmacher-Argument)
- ab 1980: "intelligent design" (THAXTON, BRADLEY, BEHE, DEMBSKI)

Wissenschaftliches Forschungsprogramm zur Unterscheidung von
"undirected natural causes" und *"intelligent causes"*

vgl. Gerichtsmedizin, Kryptographie, Archäologie, SETI-Projekt

(W. A. DEMBSKI, www.leaderu.com/offices/dembski/docs/bd-idesign.html)

- Intelligent Design ist Forschungsprogramm und *nicht*

(W. A. DEMBSKI, www.leaderu.com/offices/dembski/docs/bd-idesign.html)

- Intelligent Design ist Forschungsprogramm und *nicht*
 - Philosophie; natürliche Theologie

(W. A. DEMBSKI, www.leaderu.com/offices/dembski/docs/bd-idesign.html)

- Intelligent Design ist Forschungsprogramm und *nicht*
 - Philosophie; natürliche Theologie
 - Spekulation über die wirkende Intelligenz; apologetischer Trick

(W. A. DEMBSKI, www.leaderu.com/offices/dembski/docs/bd-idesign.html)

- Intelligent Design ist Forschungsprogramm und *nicht*
 - Philosophie; natürliche Theologie
 - Spekulation über die wirkende Intelligenz; apologetischer Trick
- Intelligent Design ist *verträglich* mit verschiedenen Schöpfungs- und Evolutionsvorstellungen.

(W. A. DEMBSKI, www.leaderu.com/offices/dembski/docs/bd-idesign.html)

Deutungen: Theologische Interpretation



HANS-PETER DÜRR (*1929)
Physiker

WOLFHART PANNENBERG (*1928)
evang. Theologe

„So wenig diese Thesen [des Anthropischen Prinzips] einen spezifisch physikalischen Erklärungswert beanspruchen können, so eindrucksvoll haben sie doch herausgearbeitet, dass das Universum de facto so eingerichtet ist, dass es den Bedingungen für die Hervorbringung intelligenter Wesen genügt.

Theologische Interpretation darf über diese Feststellung hinausgehen zu der Aussage, dass sich in diesem Sachverhalt die auf die Inkarnation des göttlichen Logos bezogene Ökonomie des göttlichen Schöpfungswerkes bekundet.“

(W. PANNENBERG)

Deutungen: Theologische Interpretation



HANS-PETER DÜRR (*1929)
Physiker

WOLFHART PANNENBERG (*1928)
evang. Theologe

„Die meisten Physiker sind religiöse Menschen, aber das methodische Vorgehen verlangt, dass auch die letzte Spur von Religiosität getilgt wird, wenn man Arbeiten aufschreibt, weil das sonst nicht beweisbar ist und dann als Ideologie gilt.

Aber wenn man auf die Beweisbarkeit pocht, kann man keine wichtige Aussage mehr machen.“

(HANS-PETER DÜRR)

Dank für die Mithilfe bei diesem Vortrag an ...

REINHILDE SCHIFFNER-GROSSMANN

WOLFGANG VON SODEN

(Abteilung Angewandte Physik der Universität Ulm)