

Vom Urknall zum Zerfall

Jürgen Schnack

Fakultät für Physik – Universität Bielefeld
<http://obelix.physik.uni-bielefeld.de/~schnack/>

Forum, Angelaschule, 7. November 2007

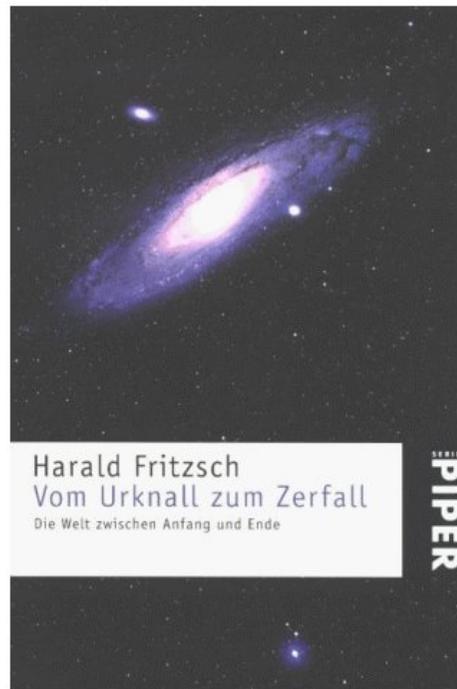


文部科学省

Vom Urknall zum Zerfall? (*)

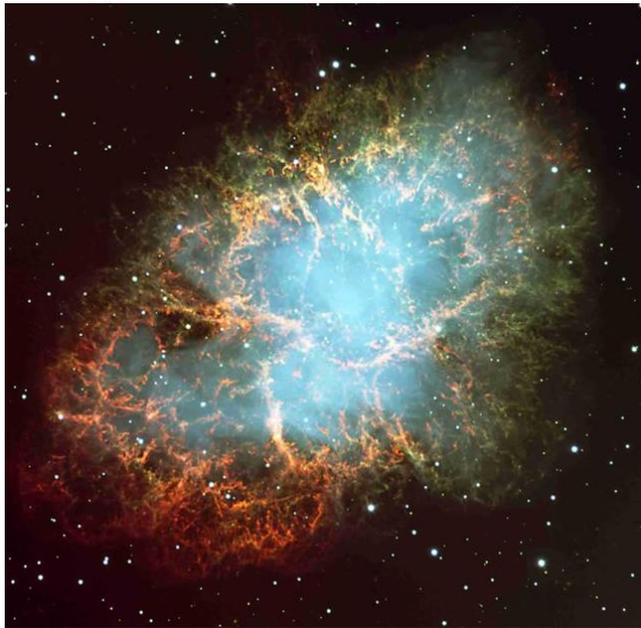
(*) Andrea Tüllinghoff

Vom Urknall zum Zerfall



Harald Fritsch, *Vom Urknall zum Zerfall. Die Welt zwischen Anfang und Ende.* Piper

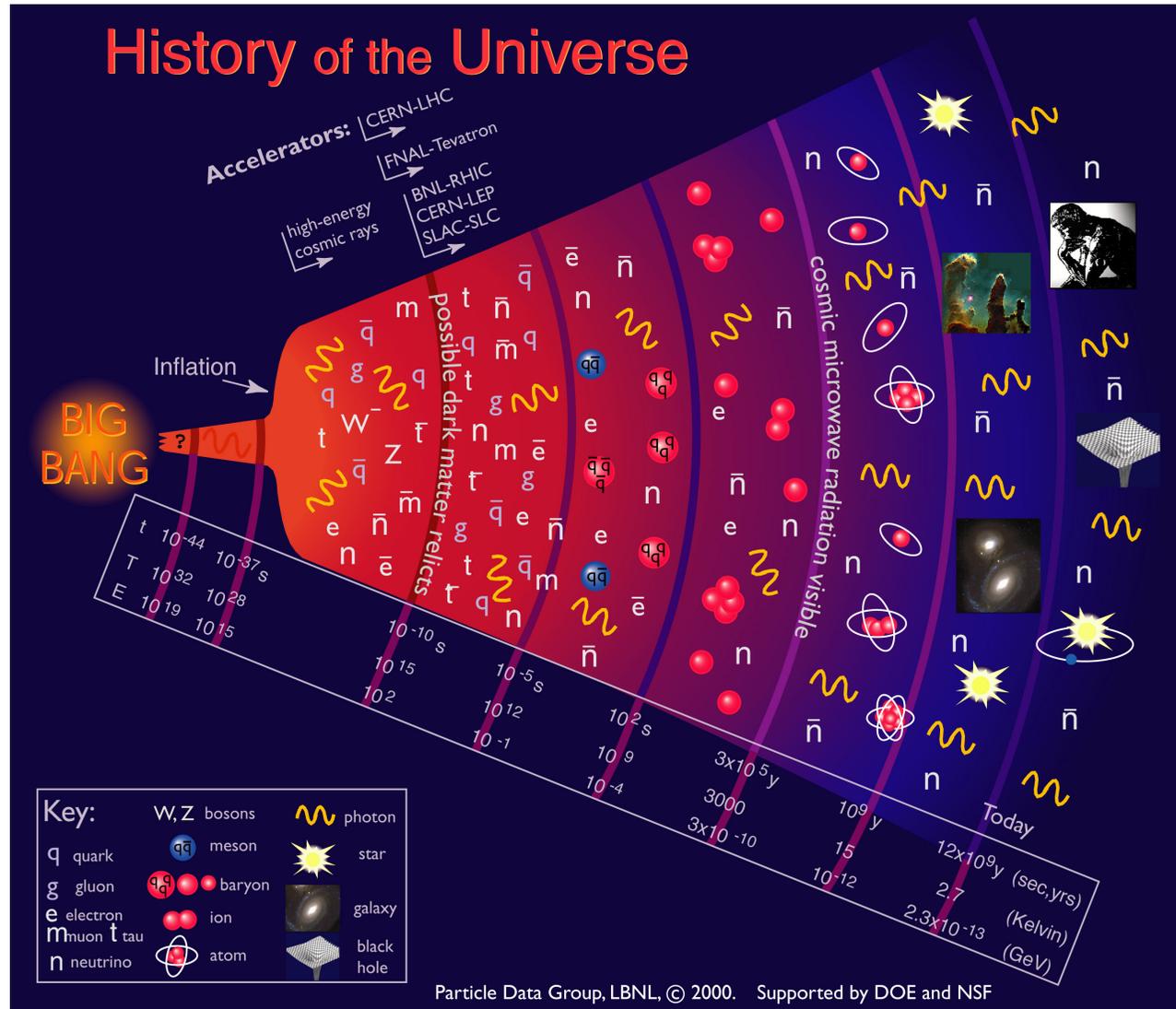
Inhalt



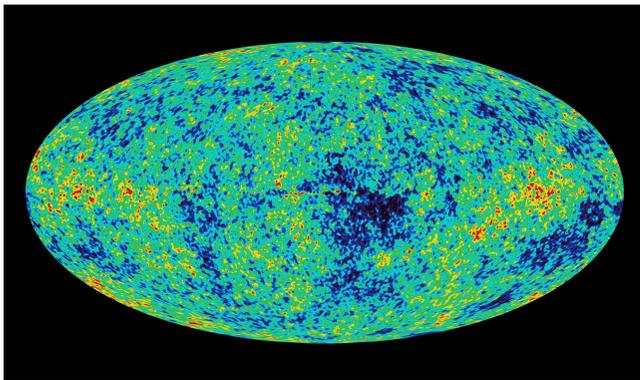
Krebsnebel

1. **Alles über den Urknall**
2. **Alles über das Weltall**
3. **Alles über Teilchen**
4. **Alles über Kraft**
5. **Feinabstimmung**
6. **Was glauben?**
7. **(Kein) Ende**

Alles über den Urknall I



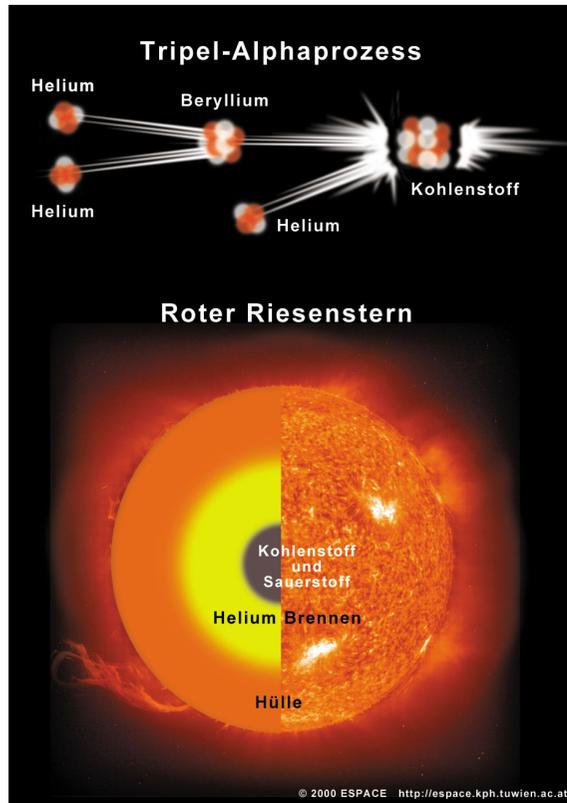
Alles über den Urknall II



Hintergrundstrahlung
(WMAP)

- über den eigentlichen Urknall wissen wir **nichts**;
- vor etwa 15 Milliarden Jahren (Hubble);
- Entstehung von Raum und Zeit;
- Entstehung von Materie und Antimaterie;
- **vom Zeitpunkt der Strahlungskopplung haben wir ein Foto**;
- Entstehung der leichten Elemente;

Alles über den Urknall III



Tripel-Alpha-Prozess
(H. Oberhummer)

- Entstehung der leichteren Elemente in Sternen: Fusion bis zum Eisen;
- Entstehung der schwereren Elemente (oberhalb Eisen) bei Supernova-Explosionen, z.B. Gold, Titan, Uran;
- **Tote Sterne sind unsere Vorfahren!**
- **Aktuelle Fragen: Wo und wie sind biologisch relevante Moleküle entstanden, im All oder nur auf der Erde?**

Alles über das Weltall I



The Horsehead Nebula
(VLT KUEYEN + FORS 2)

ESO PR Photo 02a/02 (25 January 2002)

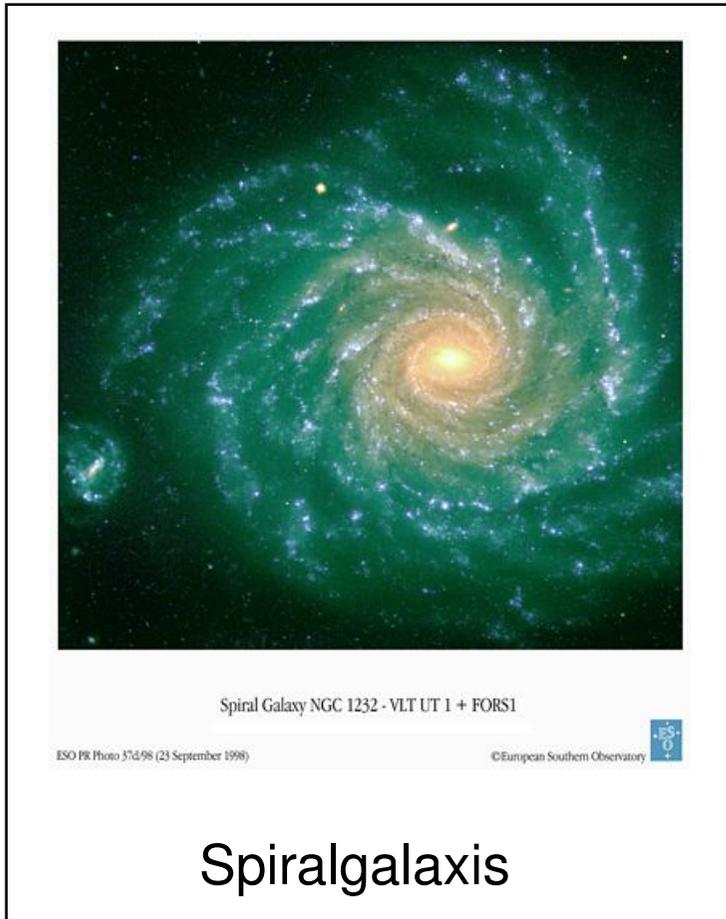
© European Southern Observatory



Pferdekopfnebel

- Wie konnte aus dem unglaublich heißen Brei aus Materie und Strahlung unmittelbar nach dem Urknall das heute hoch strukturierte Universum entstehen?
- jede Menge Symmetriebrechung!
- Wir sehen nur das sichtbare Universum. Sichtbar sind elektromagnetische Wellen.
- Das Exotischste waren lange die schwarzen Löcher, in deren Umgebung soviel los ist, dass man sie indirekt sieht.

Alles über das Weltall II



- Dunkle Materie: erklärt Rotation und Stabilität von Spiralgalaxien;
- Dunkle Energie: Ausdehnung des Kosmos erfolgte früher langsamer. Die Dunkle Energie treibt alles auseinander.
- Die materielle Zusammensetzung des Kosmos: 4,4 % baryonischer, d.h. sichtbare Materie, 22 % Dunkle Materie und 73 % Dunkle Energie. Die Physik hat keine Erklärung für Dunkle Materie und Dunkle Energie, außer, dass ohne sie die Evolution des Weltalls nicht zu verstehen ist.

Alles über Teilchen I

Standard Model of FUNDAMENTAL PARTICLES AND INTERACTIONS

The Standard Model summarizes the current knowledge in Particle Physics. It is the quantum theory that includes the theory of strong interactions (quantum chromodynamics or QCD) and the unified theory of weak and electromagnetic interactions (electroweak). Gravity is included on this chart because it is one of the fundamental interactions even though not part of the "Standard Model."

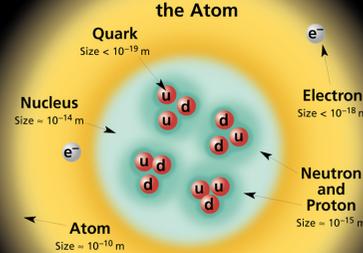
FERMIONS

Leptons spin = 1/2		
Flavor	Mass GeV/c ²	Electric charge
ν_e electron neutrino	<1×10 ⁻⁸	0
e electron	0.000511	-1
ν_μ muon neutrino	<0.0002	0
μ muon	0.106	-1
ν_τ tau neutrino	<0.02	0
τ tau	1.7771	-1

matter constituents spin = 1/2, 3/2, 5/2, ...

Quarks spin = 1/2		
Flavor	Approx. Mass GeV/c ²	Electric charge
u up	0.003	2/3
d down	0.006	-1/3
c charm	1.3	2/3
s strange	0.1	-1/3
t top	175	2/3
b bottom	4.3	-1/3

Structure within the Atom



If the protons and neutrons in this picture were 10 cm across, then the quarks and electrons would be less than 0.1 mm in size and the entire atom would be about 10 km across.

BOSONS

Unified Electroweak spin = 1		
Name	Mass GeV/c ²	Electric charge
γ photon	0	0
W ⁻	80.4	-1
W ⁺	80.4	+1
Z ⁰	91.187	0

force carriers spin = 0, 1, 2, ...

Strong (color) spin = 1		
Name	Mass GeV/c ²	Electric charge
g gluon	0	0

Color Charge
Each quark carries one of three types of "strong charge," also called "color charge." These charges have nothing to do with the colors of visible light. There are eight possible types of color charge for gluons. Just as electrically-charged particles interact by exchanging photons, in strong interactions color-charged particles interact by exchanging gluons. Leptons, photons, and W and Z bosons have no strong interactions and hence no color charge.

Quarks Confined in Mesons and Baryons

One cannot isolate quarks and gluons; they are confined in color-neutral particles called **hadrons**. This confinement (binding) results from multiple exchanges of gluons among the color-charged constituents. As color-charged particles (quarks and gluons) move apart, the energy in the color-force field between them increases. This energy eventually is converted into additional quark-antiquark pairs (see figure below). The quarks and antiquarks then combine into hadrons; these are the particles seen to emerge. Two types of hadrons have been observed in nature: **mesons** $q\bar{q}$ and **baryons** qqq .

Residual Strong Interaction

The strong binding of color-neutral protons and neutrons to form nuclei is due to residual strong interactions between their color-charged constituents. It is similar to the residual electrical interaction that binds electrically neutral atoms to form molecules. It can also be viewed as the exchange of mesons between the hadrons.

Spin is the intrinsic angular momentum of particles. Spin is given in units of \hbar , which is the quantum unit of angular momentum, where $\hbar = h/2\pi = 6.58 \times 10^{-35}$ GeV s = 1.05×10^{-34} J s.

Electric charges are given in units of the proton's charge. In SI units the electric charge of the proton is 1.60×10^{-19} coulombs.

The energy unit of particle physics is the electronvolt (eV), the energy gained by one electron in crossing a potential difference of one volt. Masses are given in GeV/c² (remember $E = mc^2$), where 1 GeV = 10^9 eV = 1.60×10^{-10} joule. The mass of the proton is 0.938 GeV/c² = 1.67×10^{-27} kg.

PROPERTIES OF THE INTERACTIONS

Baryons qqq and Antibaryons $\bar{q}\bar{q}\bar{q}$					
Baryons are fermionic hadrons. There are about 120 types of baryons.					
Symbol	Name	Quark content	Electric charge	Mass GeV/c ²	Spin
p	proton	uud	1	0.938	1/2
\bar{p}	anti-proton	$\bar{u}\bar{u}\bar{d}$	-1	0.938	1/2
n	neutron	udd	0	0.940	1/2
Λ	lambda	uds	0	1.116	1/2
Ω^-	omega	sss	-1	1.672	3/2

Property	Interaction	Strong			
		Gravitational	Weak (Electroweak)	Electromagnetic	Residual
Acts on:		Mass - Energy	Flavor	Electric Charge	Color Charge
Particles experiencing:		All	Quarks, Leptons	Electrically charged	Quarks, Gluons
Particles mediating:		Graviton (not yet observed)	W ⁺ W ⁻ Z ⁰	γ	Gluons
Strength relative to electromag. for two u quarks at:		10 ⁻⁴¹	0.8	1	25
	10 ⁻¹⁸ m	10 ⁻⁴¹	10 ⁻⁴	1	60
	3 × 10 ⁻¹⁷ m	10 ⁻³⁶	10 ⁻⁷	1	Not applicable to hadrons
	for two protons in nucleus				20

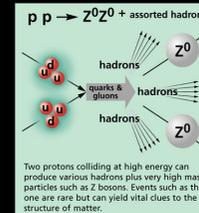
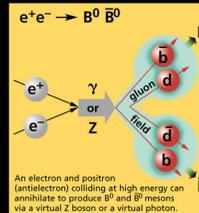
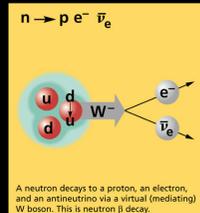
Mesons $q\bar{q}$					
Mesons are bosonic hadrons. There are about 140 types of mesons.					
Symbol	Name	Quark content	Electric charge	Mass GeV/c ²	Spin
π^+	pion	u \bar{d}	+1	0.140	0
K ⁻	kaon	s \bar{u}	-1	0.494	0
ρ^+	rho	u \bar{d}	+1	0.770	1
B ⁰	B-zero	d \bar{b}	0	5.279	0
η_c	eta-c	c \bar{c}	0	2.980	0

Matter and Antimatter

For every particle type there is a corresponding antiparticle type, denoted by a bar over the particle symbol (unless + or - charge is shown). Particle and antiparticle have identical mass and spin but opposite charges. Some electrically neutral bosons (e.g., Z⁰, γ , and $\eta_c = c\bar{c}$, but not K⁰ = d \bar{s}) are their own antiparticles.

Figures

These diagrams are an artist's conception of physical processes. They are not exact and have no meaningful scale. Green shaded areas represent the cloud of gluons or the gluon field, and red lines the quark paths.



The Particle Adventure

Visit the award-winning web feature *The Particle Adventure* at <http://ParticleAdventure.org>

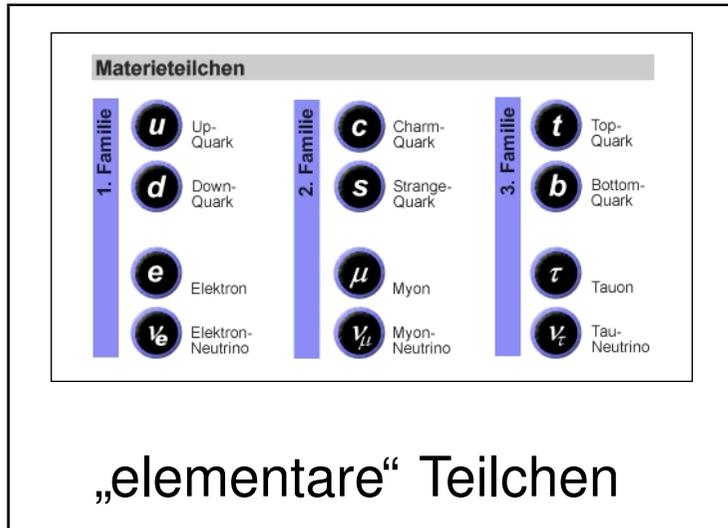
This chart has been made possible by the generous support of:

U.S. Department of Energy
U.S. National Science Foundation
Lawrence Berkeley National Laboratory
Stanford Linear Accelerator Center
American Physical Society, Division of Particles and Fields
BUNLE INDUSTRIES, INC.

©2000 Contemporary Physics Education Project. CPEP is a non-profit organization of teachers, physicists, and educators. Send mail to: CPEP, MS 50-308, Lawrence Berkeley National Laboratory, Berkeley, CA 94720. For information on charts, text materials, hands-on classroom activities, and workshops, see:

<http://CPEPweb.org>

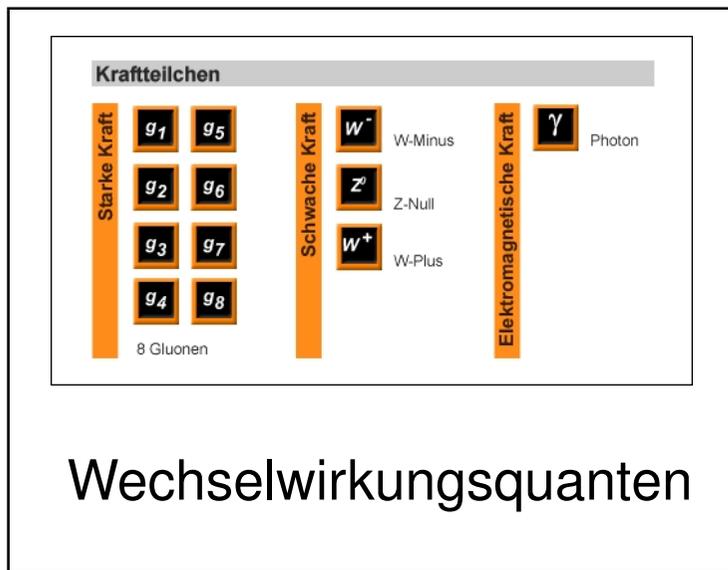
Alles über Teilchen II



- Teilchen der 1. Familie (Generation) bilden unsere normale Welt;
- Neutrinos: von den etwa 60 Milliarden Sonnenneutrinos pro Quadratmeter und Sekunde stoßen im Mittel kaum ein Dutzend mit einem Atom des Erdinneren zusammen.
- Warum haben Teilchen Masse? Higgs-Prozess und Higgs-Teilchen.

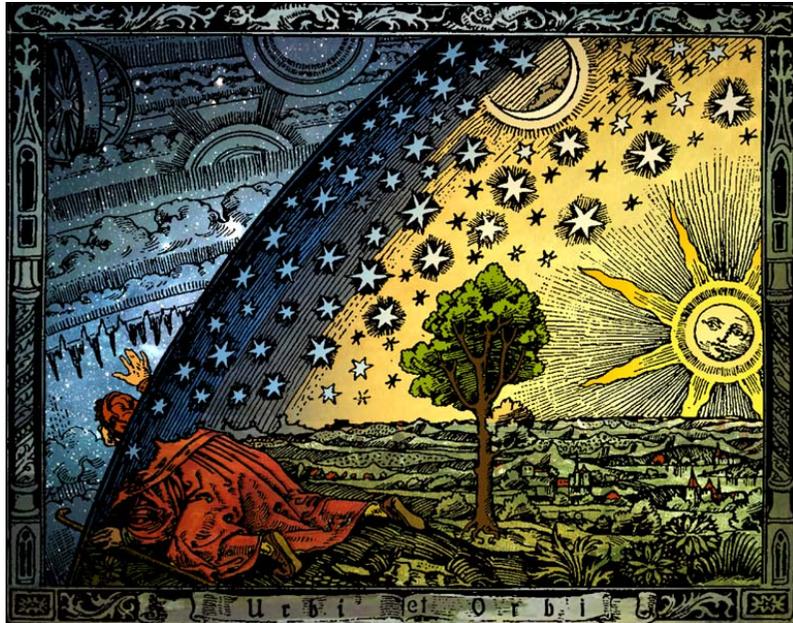
Alles über Kraft

- Physik beschreibt Kräfte durch Austausch von Wechselwirkungsquanten;
- vier grundlegende Kräfte: Gravitation, elektromagnetische Kraft, schwache Kraft und starke Kraft;
- **Und Dunkle Energie!**
- Das Graviton wurde noch nicht gefunden.
- **Wechselwirkt Dunkle Materie wirklich nur gravitativ?**



Pause! Fragen? Weiter!

Feinabstimmung I

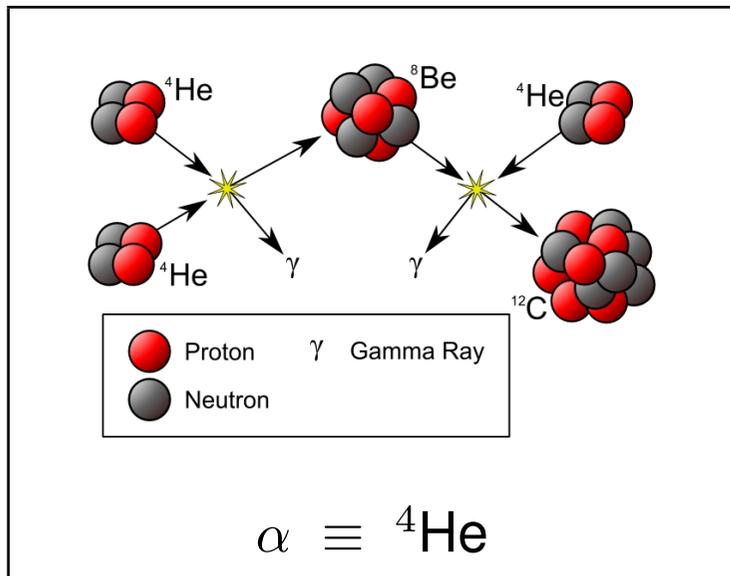


Universum - C. Flammarion,
Holzschnitt, Paris 1888, Kolorit

Als Feinabstimmung des Universums wird in der Kosmologie die genaue Abstimmung der Größe von Naturkonstanten in den gegenwärtigen physikalischen Theorien zur Beschreibung des beobachtbaren Universums bezeichnet, die von manchen Kosmologen für notwendig erachtet wird, um die Entstehung von komplexen Systemen wie Sonnensystemen oder menschliche Wesen überhaupt erst zu ermöglichen.

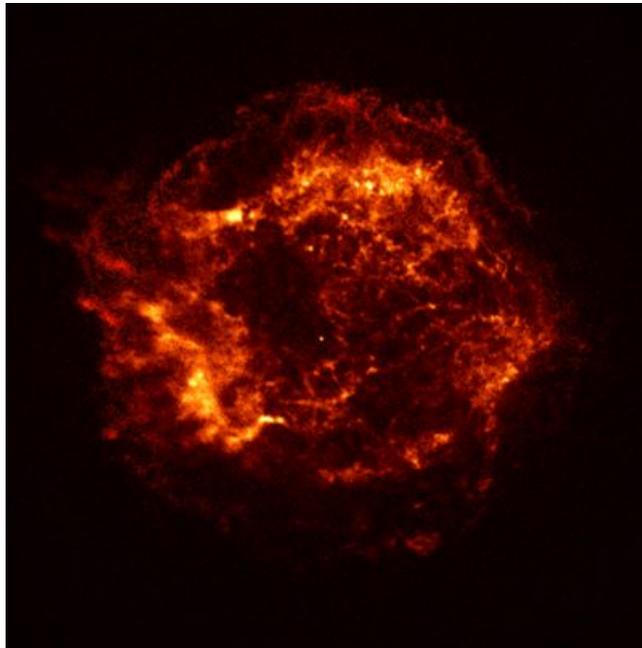
Wikipedia

Feinabstimmung II – 3- α -Prozeß



- ${}^8\text{Be}$ ist instabil (mittlere Lebensdauer $2.6 \cdot 10^{-16}$ s); es müssen 3 ${}^4\text{He}$ -Teilchen zusammentreffen, um ${}^{12}\text{C}$ zu bilden; im frühen Universum extrem unwahrscheinlich, in Roten Riesen möglich;
- ${}^{12}\text{C}$ und ${}^{16}\text{O}$ werden gebildet, ${}^{20}\text{Ne}$ nicht; dadurch wurden C und O nicht gleich wieder „verbraten“;
- Eine winzige Abweichung von nur einem halben Prozent für die starke Kraft würde bereits dazu führen, dass im Universum praktisch kein Kohlen- oder Sauerstoff und damit auch kein Leben existieren könnte.

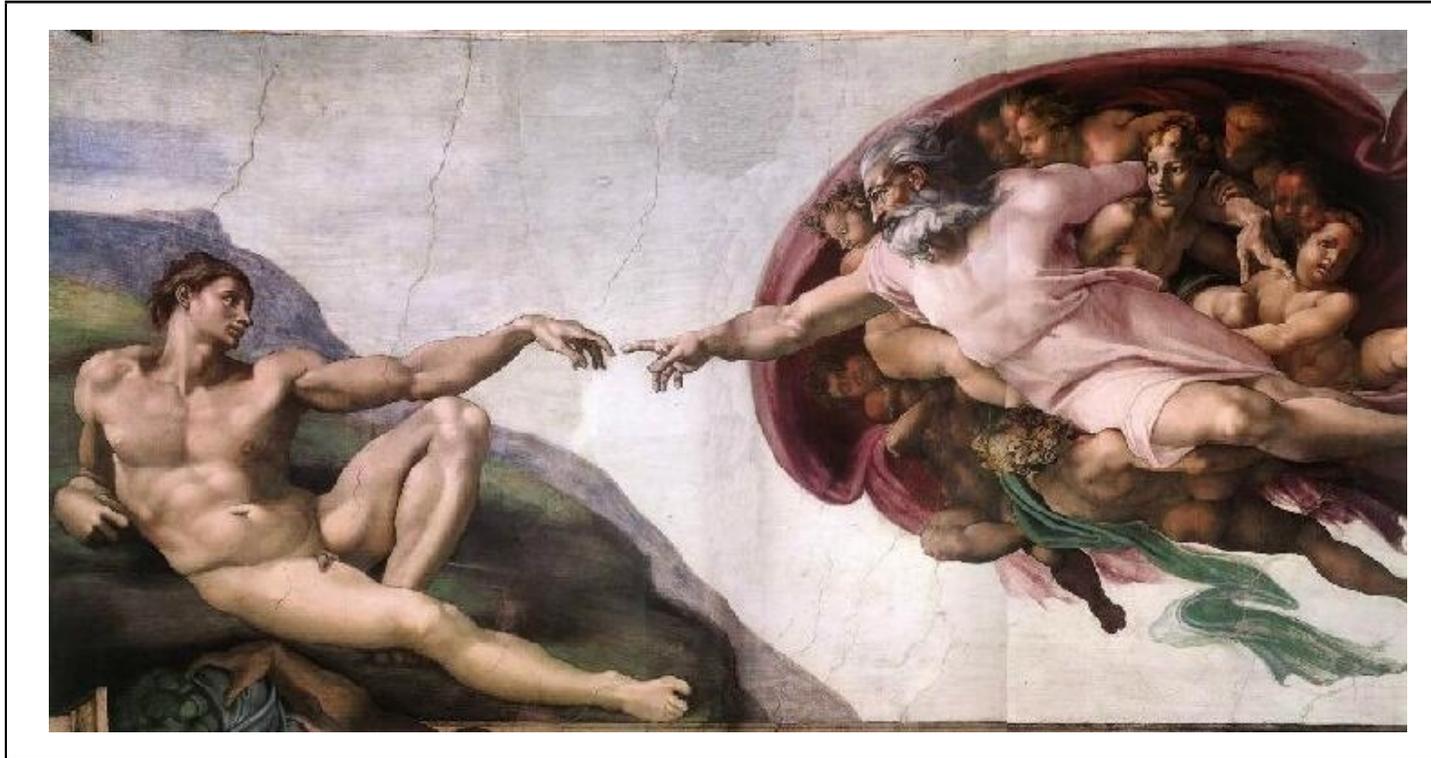
Feinabstimmung III



Sternexplosion

- Feinabstimmung der Kräfte
- Feinabstimmung der Expansionsrate
- Feinabstimmung der Vakuumenergie
- Feinabstimmung der Masse der Elementarteilchen
- Feinabstimmung der Dimensionen

Feinabstimmung IV



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, Physiker

Was glauben?

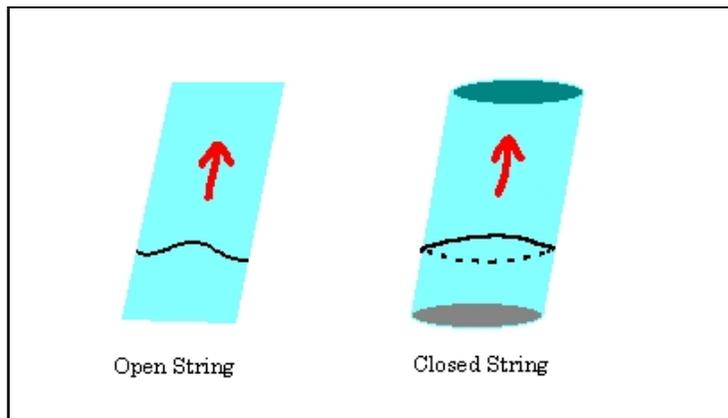
Was machen wir damit?

Diskussion

Was glauben? I

Philosophische Auswege:

- Fundamentalere Theorie ohne feinabgestimmte Konstanten, z.B. Stringtheorie, Konstanten ergeben sich; **unklar, ob es diese Theorie geben wird;**
- Das anthropische Prinzip besagt, dass das Universum, das wir beobachten, für die Entwicklung intelligenten Lebens geeignet sein muss, da wir andernfalls nicht hier sein, es beobachten und physikalisch beschreiben könnten.
- Mehrere Spielarten des anthropischen Prinzips: Multiwelten (wir leben in der Richtigen!), Teleologische Erklärung: Gott oder göttliches Prinzip;



Was glauben? II

Zeit für eine eigene Meinung!

- Naturwissenschaft und Theologie/Religion nutzen unterschiedliche Argumentations- und Erkenntnisebenen. Diese sollten nicht vermischt werden.
- Naturwissenschaft arbeitet mit Modellen, Mathematisierung und experimenteller Verifizierung.
- Religion fragt nach dem Sinn, d.h. danach, worauf diese Welt verweist. Religion arbeitet auch mit Modellen, z.B. Himmel und Hölle, diese haben aber eine andere Qualität.
- Beispiel: Urknall = Schöpfungsakt?

Was glauben? III

Naturwissenschaft ist für mich im Einklang mit der Schöpfung

- Gott hat uns nach seinem Bilde als Gegenüber geschaffen, er hat uns Freiheit und Verantwortung übertragen.
- Das bedeutet: Wir sind keine Marionetten an den Fäden Gottes. Gott greift nicht (ständig) ein, er nimmt uns ernst.
- Es bedeutet ebenfalls: Verantwortung kann man nur übernehmen, wenn die Welt erkennbar und nicht erratisch (chaotisch im Sinne von willkürlich) ist. Erkennbarkeit bedeutet meiner Meinung nach, dass das, wofür wir Verantwortung tragen, durch naturwissenschaftliche Gesetze beschreibbar ist. Ansonsten wären wir handlungsunfähig!

(Kein) Ende



Lukas Cranach d.Ä.
Das Paradies

Die Feinabstimmung der Natur kann die Existenz Gottes nicht beweisen. Aber sie kann, ähnlich wie die Schönheit der Natur oder die Existenz der Liebe, auf Gott verweisen. Sie befindet sich sozusagen im Einklang mit Gottes Existenz.

Für mich ist das eigentliche Argument für Gottes Existenz das Wirken Jesu und die Zeugnisse der Jünger.

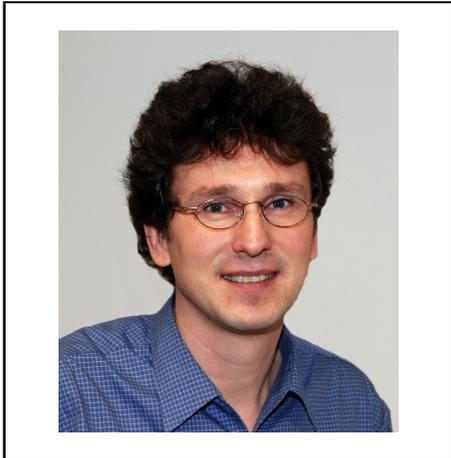
Ich weiß, dass ich auf dieser Welt ein Suchender bleiben werde und ich bete, dass mich die Hoffnung nicht verläßt.

Literatur



- <http://www.weltderphysik.de/>
- <http://de.wikipedia.org/wiki/Feinabstimmung>
- http://de.wikipedia.org/wiki/Anthropisches_Prinzip
- Vortrag Prof. Hägerle
- Vortrag Prof. Oberhammer
- Harald Fritzsch, *Vom Urknall zum Zerfall*, Piper
- Norbert Pailer, *Im Zeichen der Schöpfung*, Hänssler

Jürgen Schnack



- Professor für Theoretische Physik
- Universität Bielefeld, Fakultät für Physik
- Studium in Dresden und Darmstadt
- Promotion über theoretische Kernphysik
- derzeitiges Spezialgebiet Magnetismus

Sollten Sie Fragen zu diesem Thema, zur Physik oder zum Studium haben, können Sie sich gern an mich wenden.

jschnack@uni-bielefeld.de