

Die Geschichte vom Anfang der Welt

Th. Naumann



DESY
Zeuthen



בְּרֵאשִׁית

Genesis 1,1 - Buch Bereshit

Am Anfang

war das

תהו ובהו

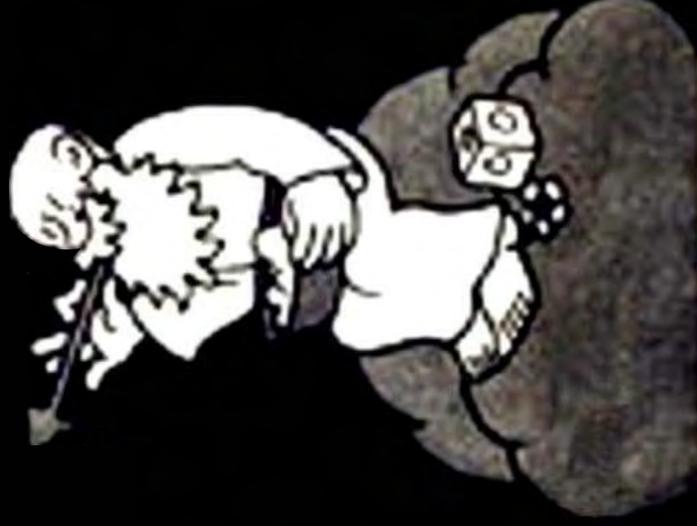
Tohuwabohu

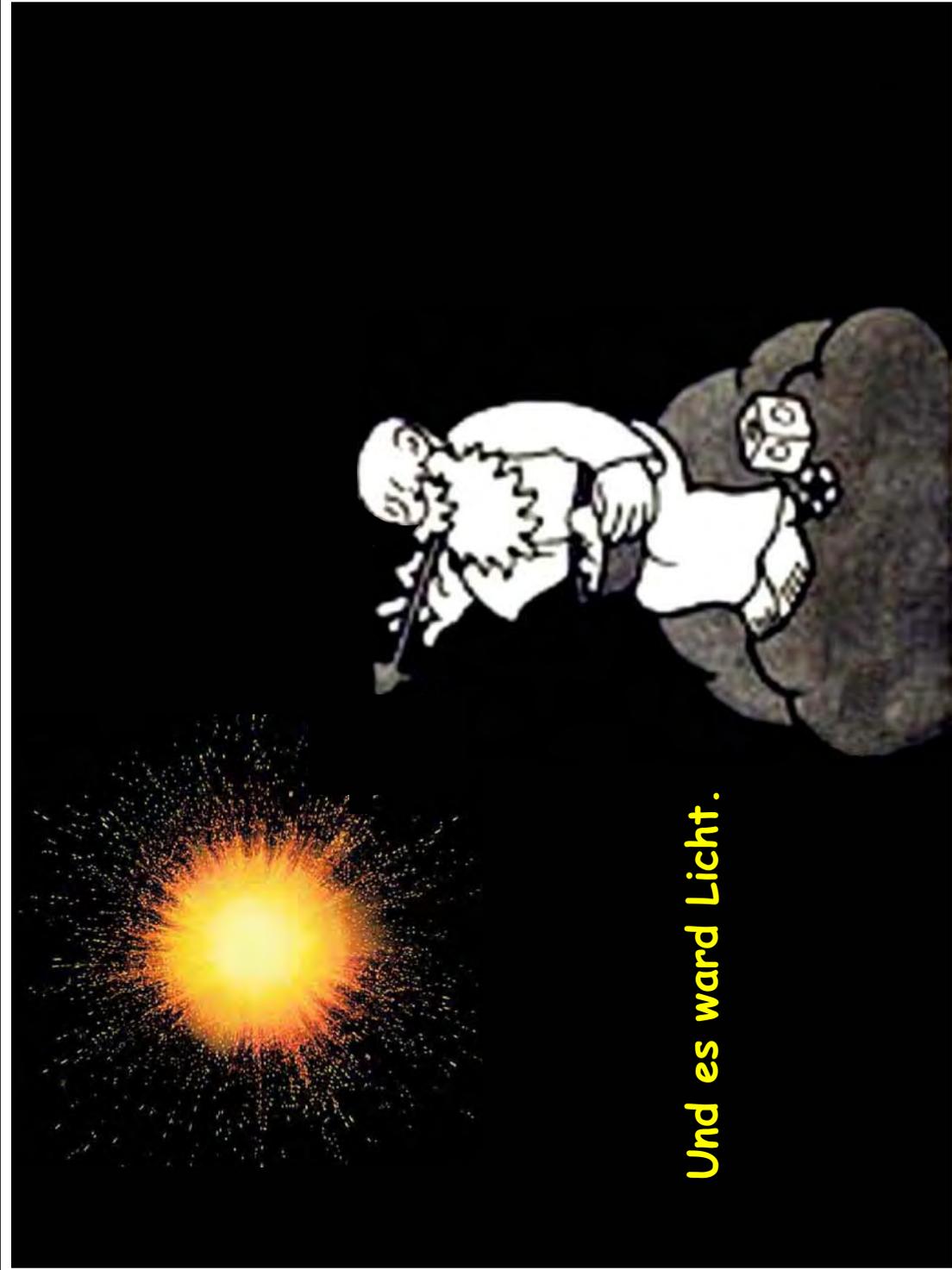
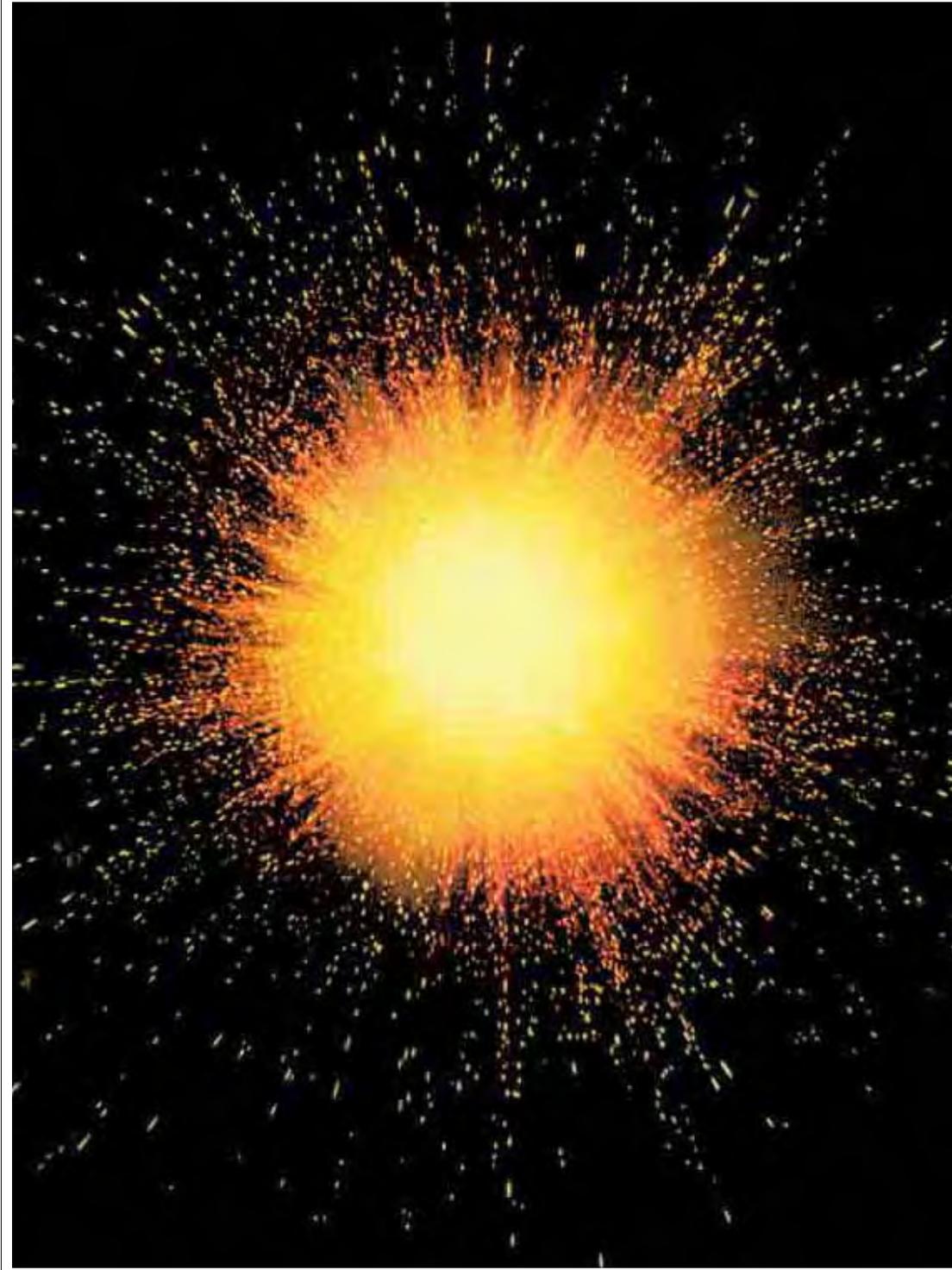
Nichts

Chaos

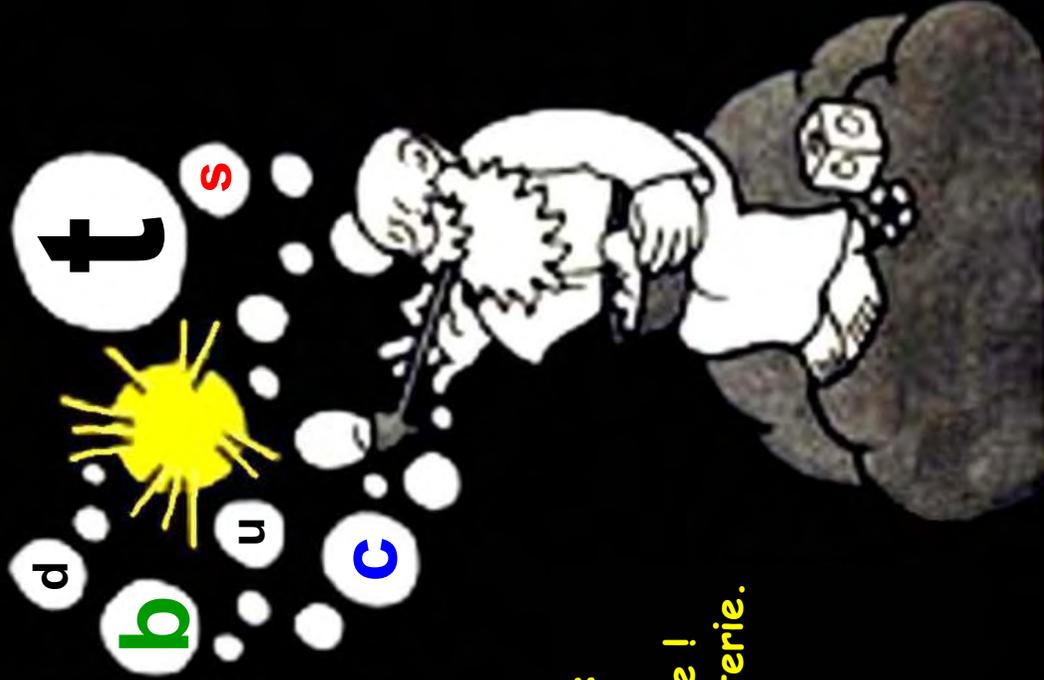
Und Gott sprach:

Es werde Licht !





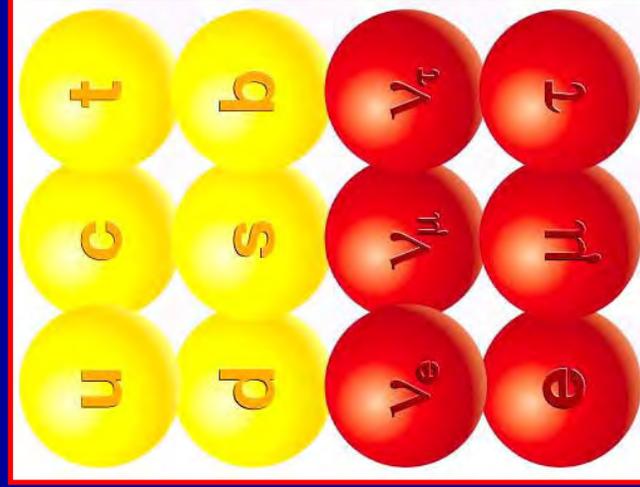
Und es ward Licht.



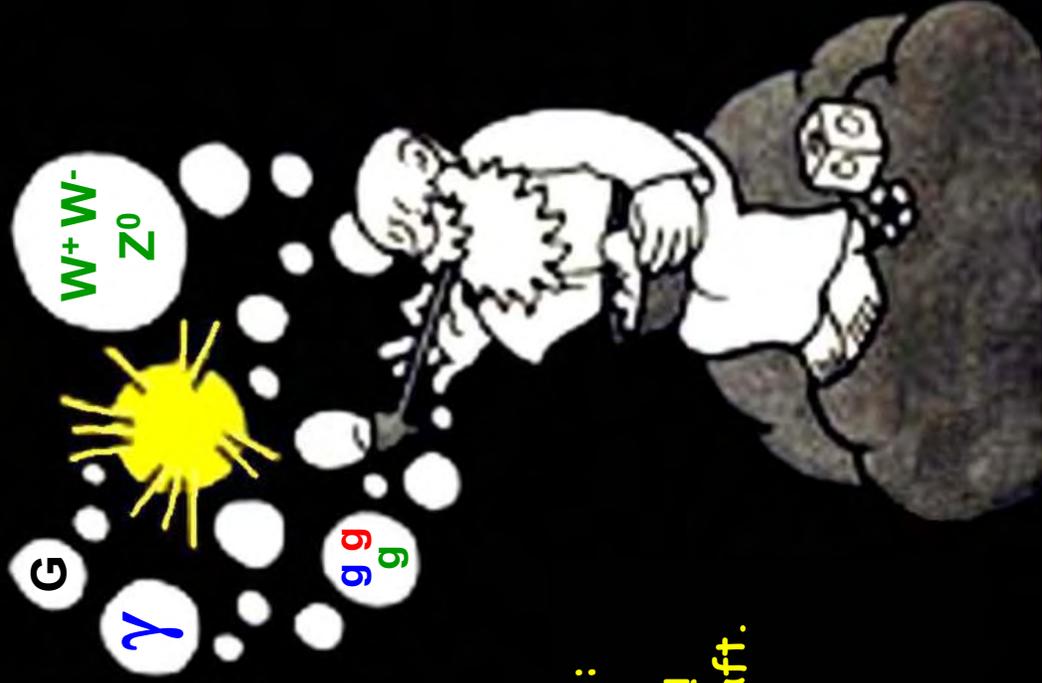
Und Gott sprach:
Es werde Materie !
Und es ward Materie.

Die Bausteine der Welt

QUARKS

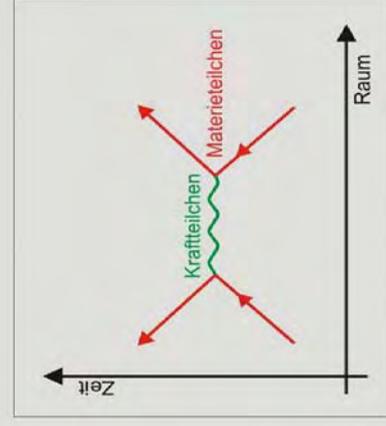
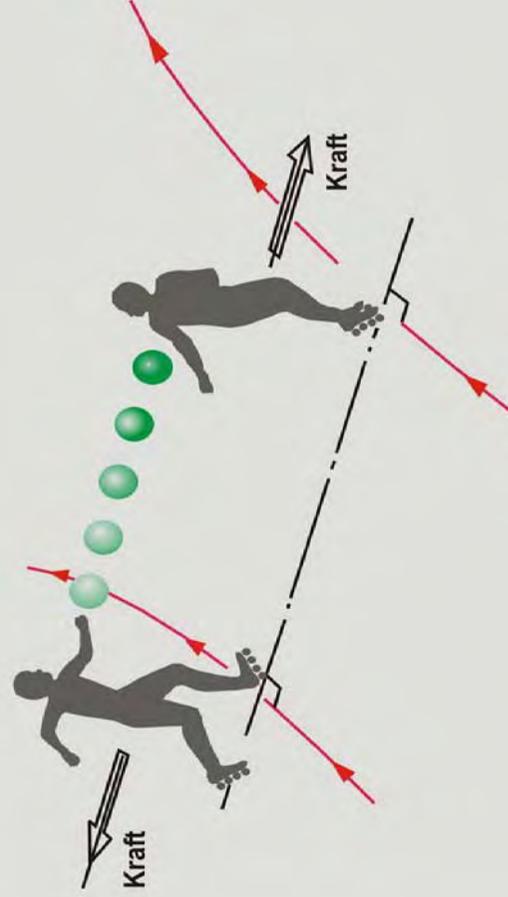


LEPTONEN



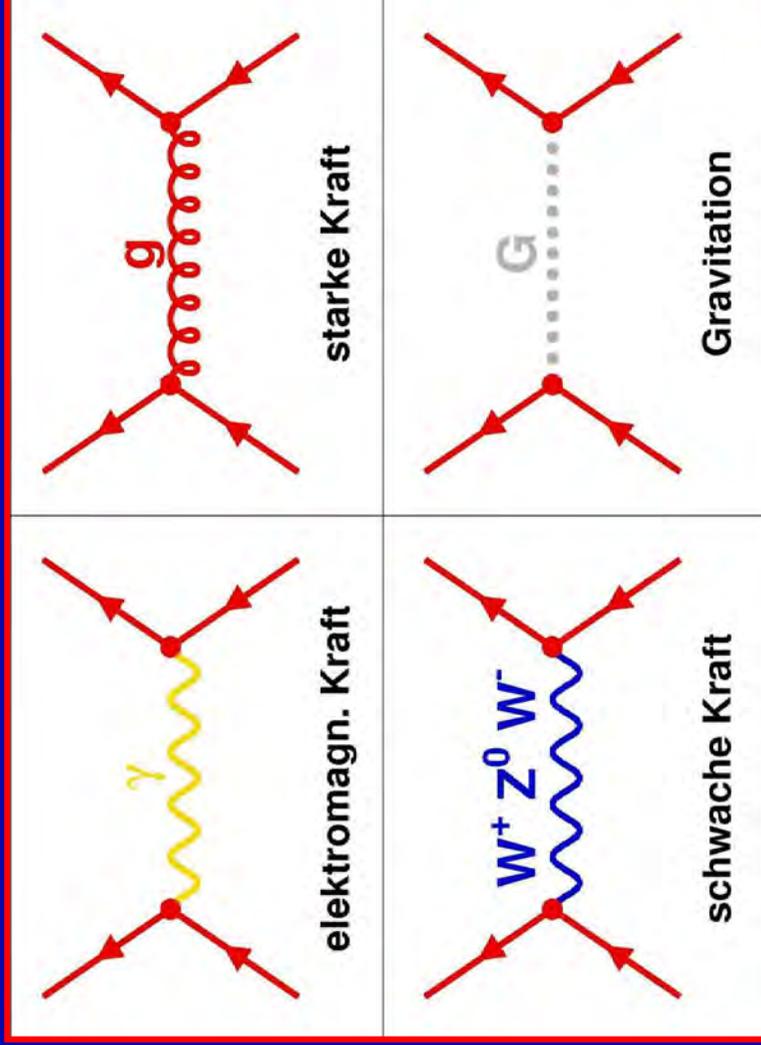
Und Gott sprach:
Es werde Kraft!
Und es ward Kraft.

Kräfte
werden vermittelt durch



Austausch von Teilchen

Die vier Kräfte



Und Gott sah,
was er gemacht hatte.

Und siehe:
es war gut.

Und er ruhte
am siebten Tag.



Der Mensch aber will
Erkennen, was die Welt
im Innersten zusammenhält.



Er stellt sich viele
FRAGEN :

Die **Bausteine** der Welt



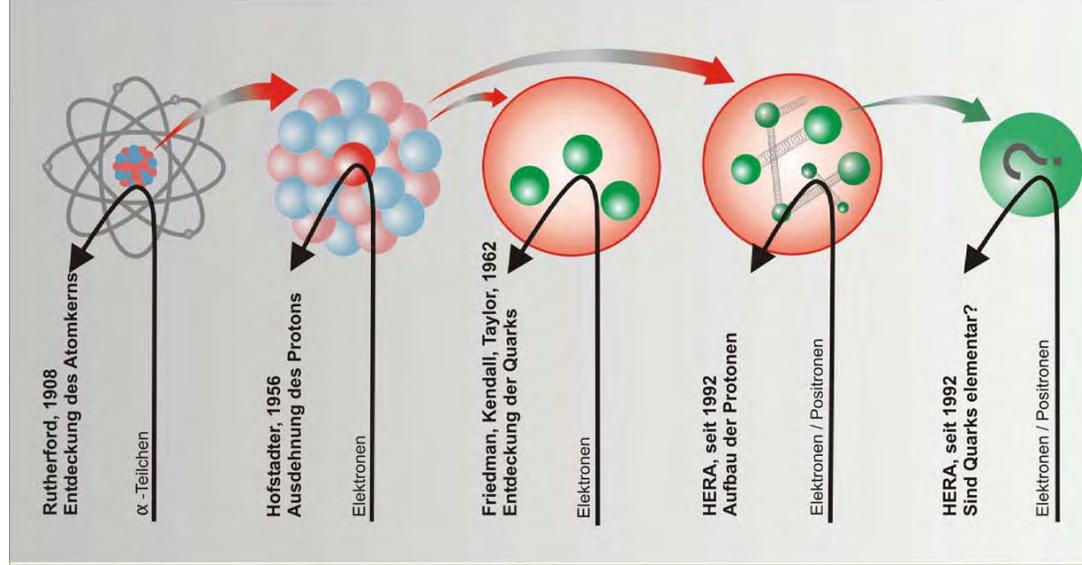
+ ihre **Wechselwirkungen**

Die Bausteine der Welt



18

Die Struktur- Niveaus der Materie



Atom

Kern

Proton

Quarks

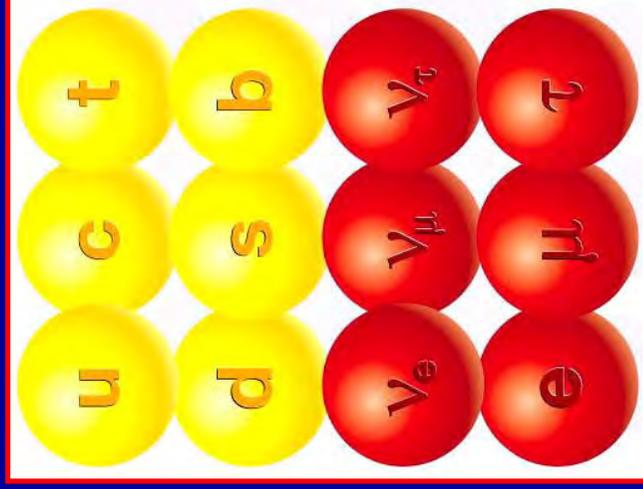
?

19

Bausteine der Welt

Symmetrien:

- Lepton-Quark
- 3 Familien
- Up-Down

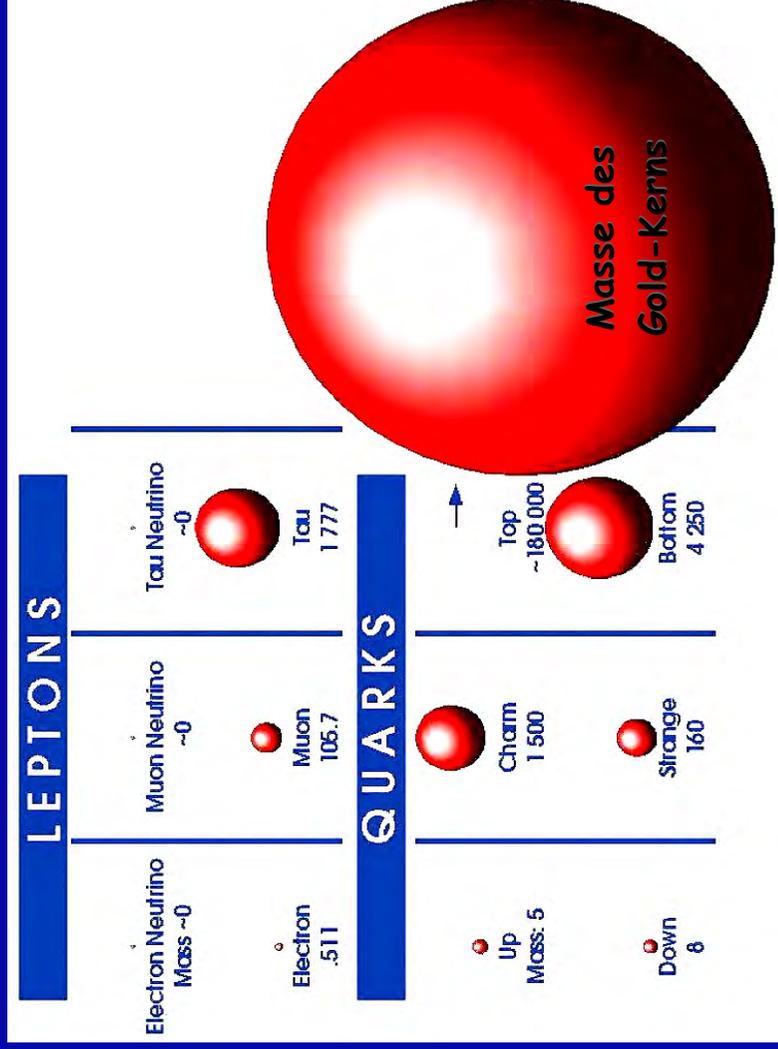


QUARKS

LEPTONEN

Was steckt hinter diesem Schema ?

Teilchen-Massen



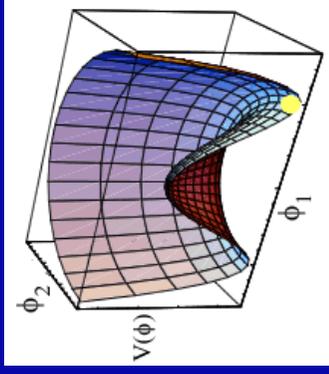
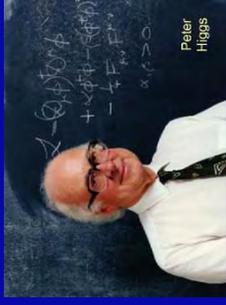
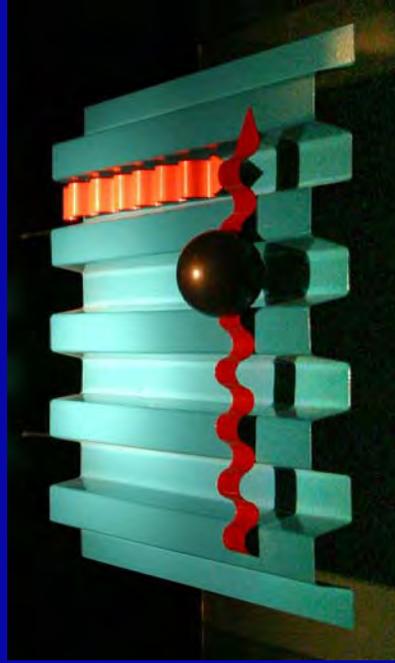
Woher kommen diese Massen



Higgs ?

Das Higgs-Teilchen

- nötig in elektroschwacher Eichtheorie
- erklärt das Phänomen Masse:
- Widerstand gegen Beschleunigung
- hängt vom Medium ab:
 - Vakuum - Wasser - Honig
- Teilchen spüren Higgs-Feld als Hintergrund-Feld + werden träge



25

Im Anfang

Johannes-Evangelium 1,1:

Im Anfang war das Wort.

Goethe, Faust I, Im Studierzimmer:

Geschrieben steht: Im Anfang war das Wort.

...

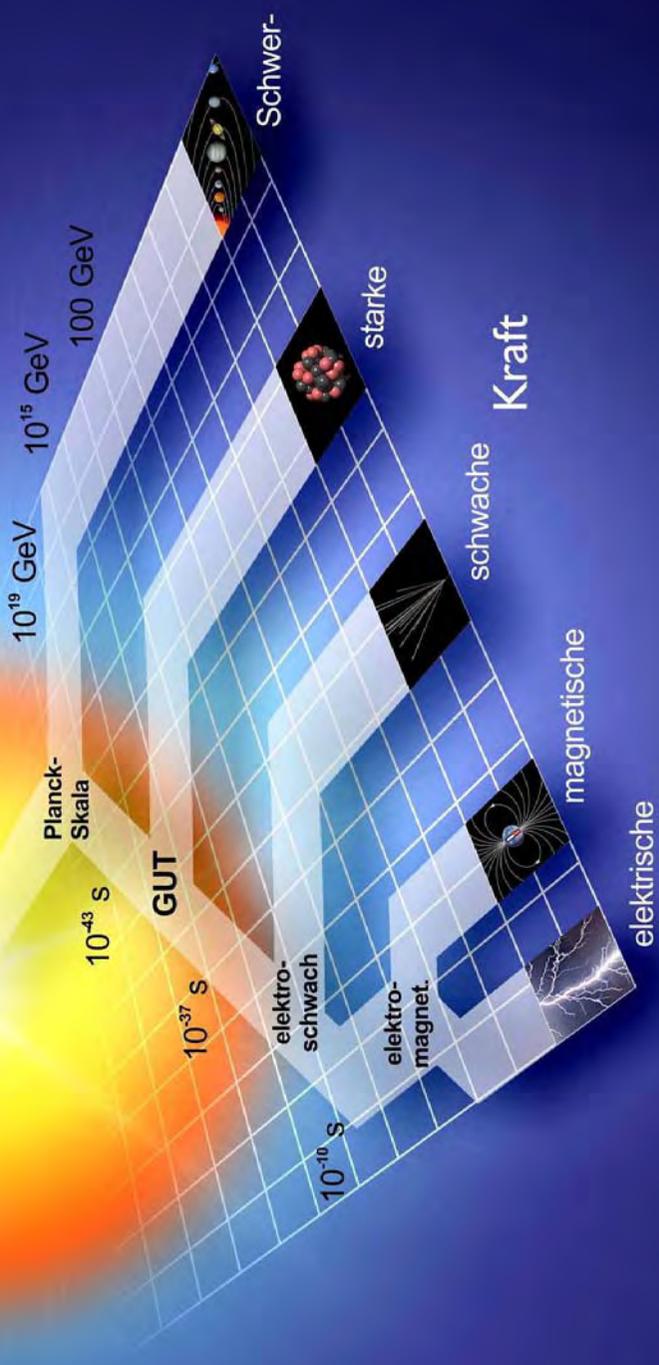
Geschrieben steht: Im Anfang war der Sinn.

...

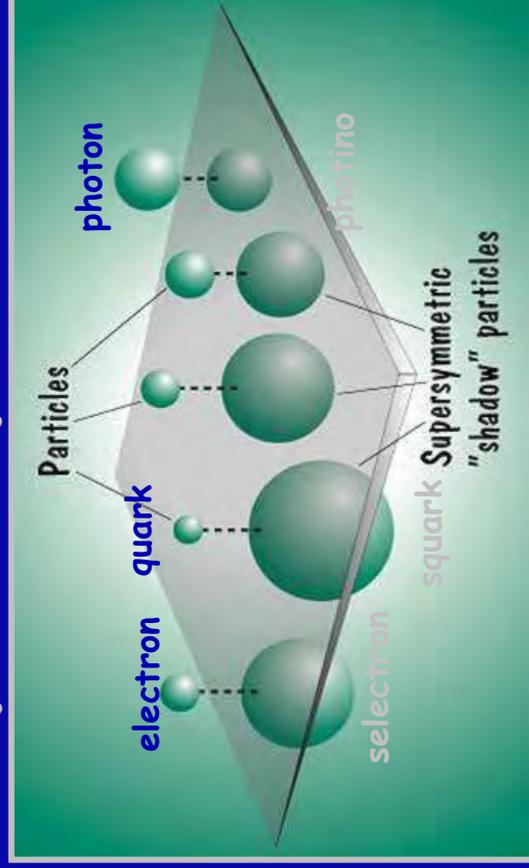
Es sollte stehn: Im Anfang war die Kraft!

Vereinigung der Kräfte

Urknall



Super-Symmetrie



Fermion

Boson

Boson

Fermion

Super-Symmetrie

Spiegel-Welt

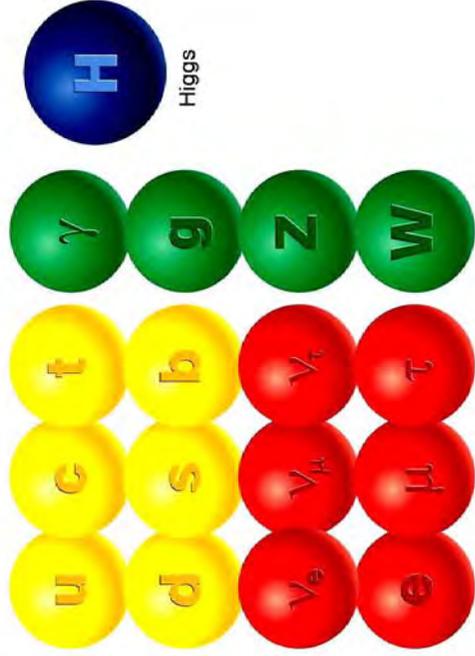
vereinigt

Kraft mit Materie

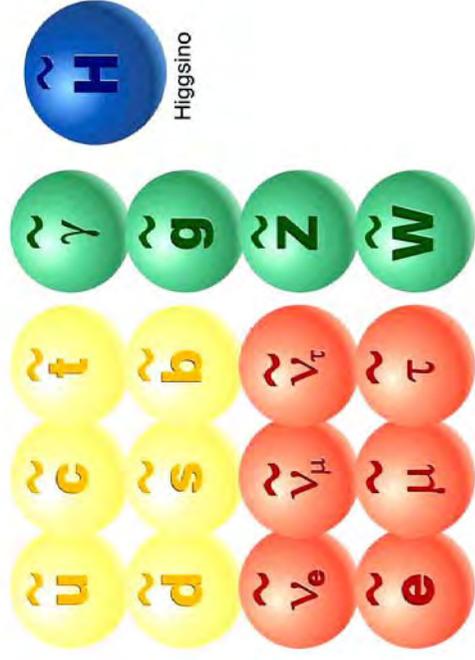
Bosonen mit Fermionen

Super-Symmetry

Standard-Teilchen



SUSY-Teilchen



Auch Anti-Materie war 1931 Spiegel-Welt !

37

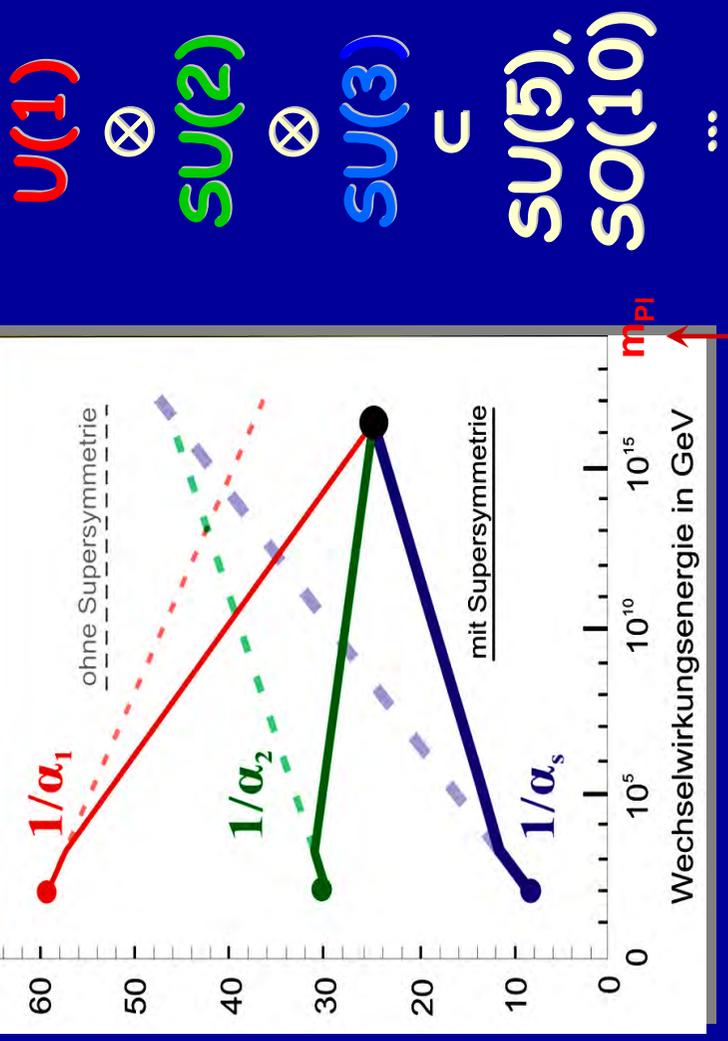
Selektron



38

SUSY + Grosse Vereinigung

elm.

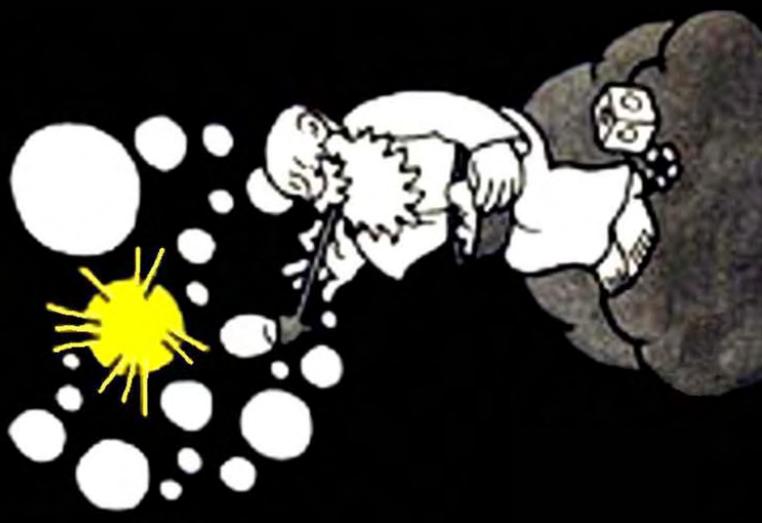


schwach

stark

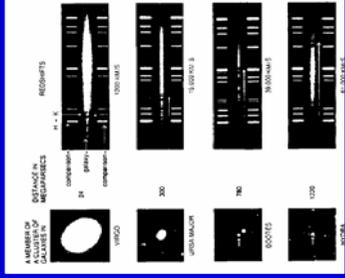
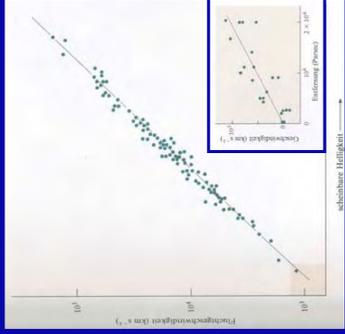
Zur Urkraft vereinigt an der Planck-Skala ?

Die Geschichte des Kosmos



Die Expansion des Kosmos

Fluchtgeschwindigkeit



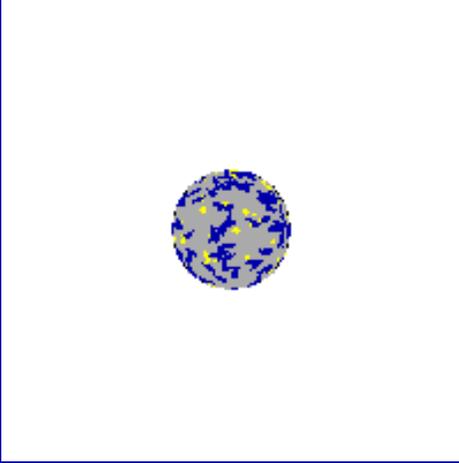
Hubble-Gesetz:
Entfernung ~
Fluchtgeschwindigkeit
Der Kosmos
bläht sich auf:

Scheinbare Helligkeit

Rotverschiebung



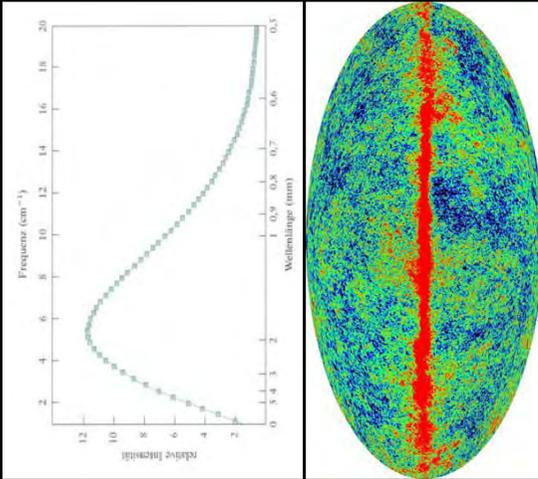
Edwin Hubble, 1929



Kosmische Hintergrund-Strahlung



Penzias + Wilson, 1965

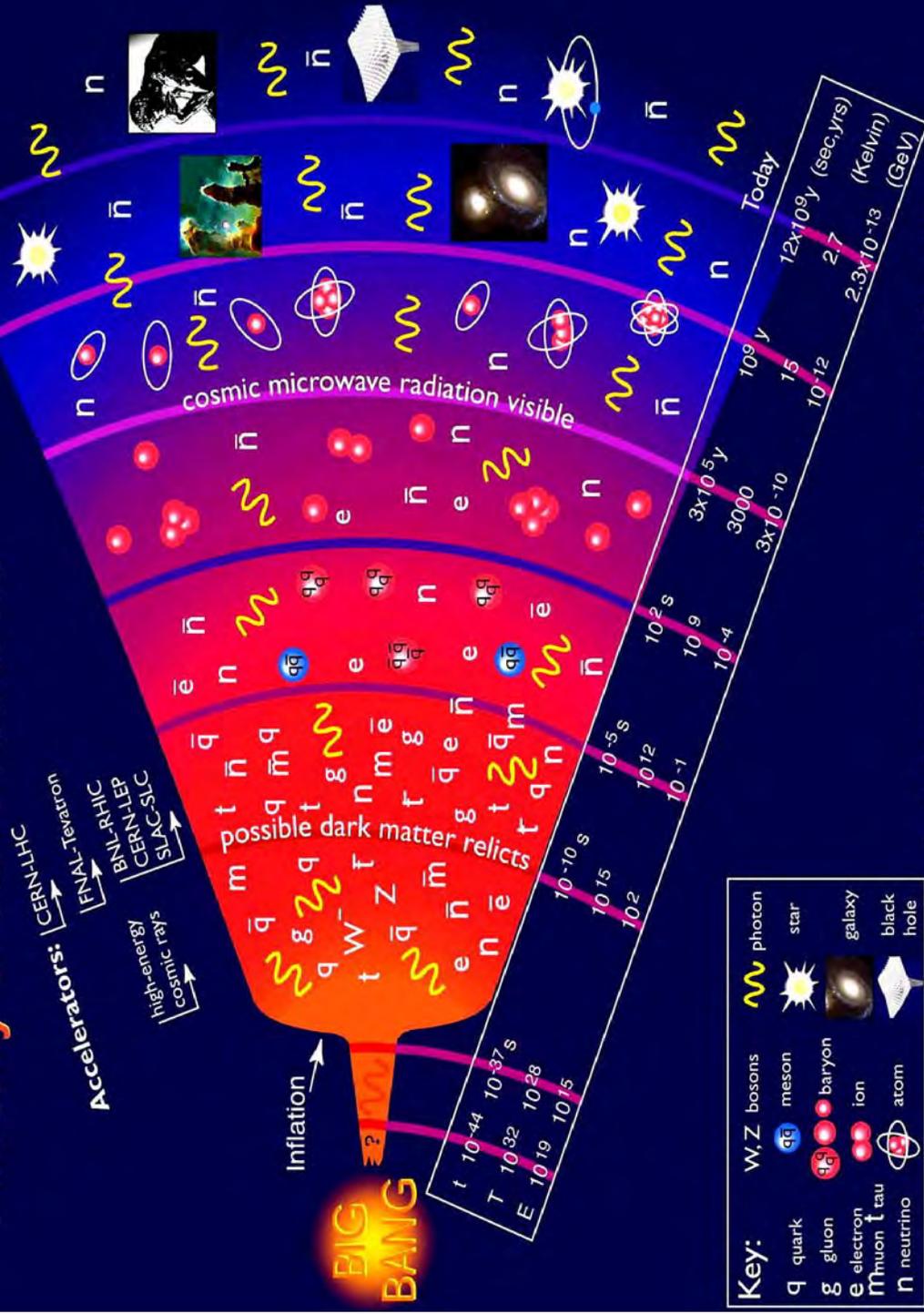


Relikt des Urknalls:

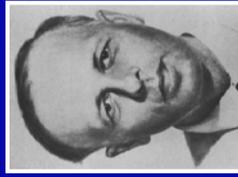
Mikrowellen-Strahlung aus allen Richtungen
Schwarzkörper-Spektrum mit $T = 2.725 \text{ K}$

liefert **Zeit-Energie - Skala**

History of the Universe



Materie - Antimaterie



A. Sacharov

$$\gamma \rightarrow e^- e^+$$

Materie : Antimaterie

1.000.000.001 : 1.000.000.000

Sind wir ein

Rechenfehler Gottes ?

Materie - Antimaterie - Asymmetrie

entsteht wenn:

- Kosmos nicht im thermischen Gleichgewicht
- Baryonzahl verletzt (Proton-Zerfall)
- CP verletzt

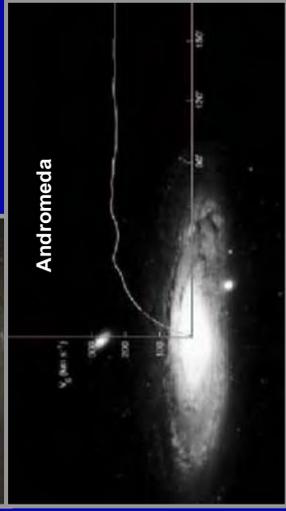
Der Kosmos in Daten

Größe	Symbol	Wert	Kommentar
Total Dichte	Ω_{tot}	1.005 ± 0.006	Warum = 1 ?
Dichte Dunkler Energie	Ω_{Λ}	0.721 ± 0.015	Was ist Dunkle Energie ?
Materiedichte	Ω_{m}	0.233 ± 0.013	
Baryondichte	Ω_{b}	0.0462 ± 0.0015	
Anteil Dunkler Materie	$1 - \Omega_{\text{b}} / \Omega_{\text{m}}$	0.83 ± 0.01	Was ist Dunkle Materie ?
Baryon-Photon Verhältnis	η	$(5.6 \pm 0.9) \cdot 10^{-10}$	Warum so klein ?
CMB Temperatur / K	T_{CMB}	2.725 ± 0.002	
CMB Photondichte / cm^{-3}	n_{γ}	410.4 ± 0.9	
Alter bei Entkopplung / kyr	t_{dec}	376 ± 3	kausaler Horizont 2°
Alter des Universums / Gyr	t_0	13.73 ± 0.12	extrem genau !

Die dunklen
seiten des
Kosmos

Dunkle Materie

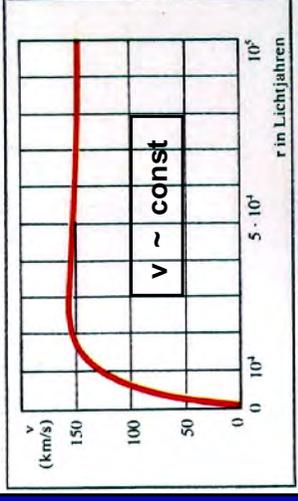
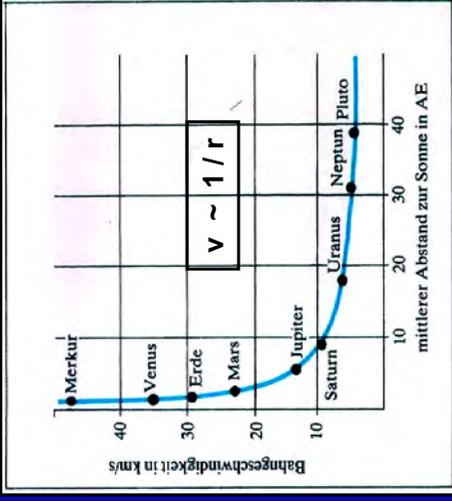
Rotationskurven von Galaxien +
Dynamik von Galaxien-Clustern:



irrte Newton ?

meiste Materie ist
dunkel ...

**Super-
Symmetrie
?**



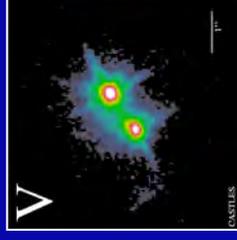
Dunkle Materie

Wind ist unsichtbar.
Dunkle Materie ?

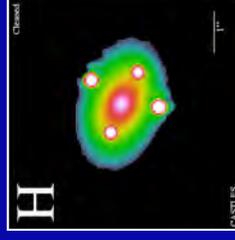
Nachweis: Deformation der Wasseroberfläche.
Nachweis: Deformation der Metrik des Raumes !



Linse = Saturn-Masse



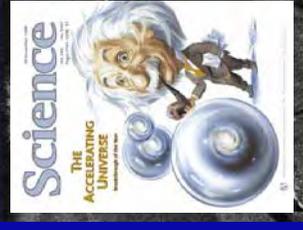
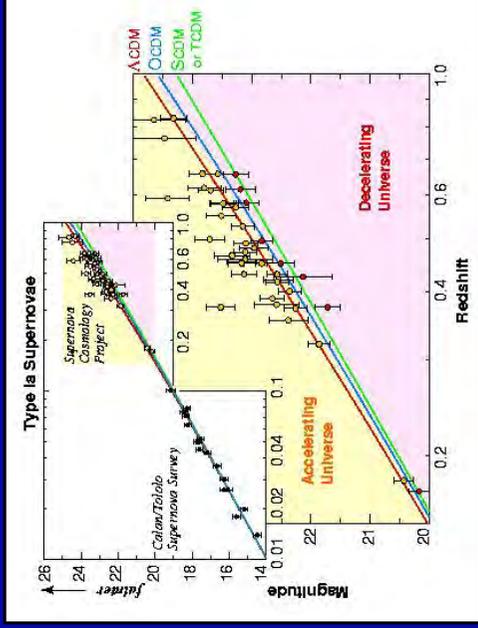
Quasare



**Gravitations-
Linsen**



Dunkle Energie



Einstein 1913 :

- Kosmos = Milchstrasse
- kosmog. Konstante Λ verhindert Gravitationskollaps
- Streichung „meine größte Eselei“



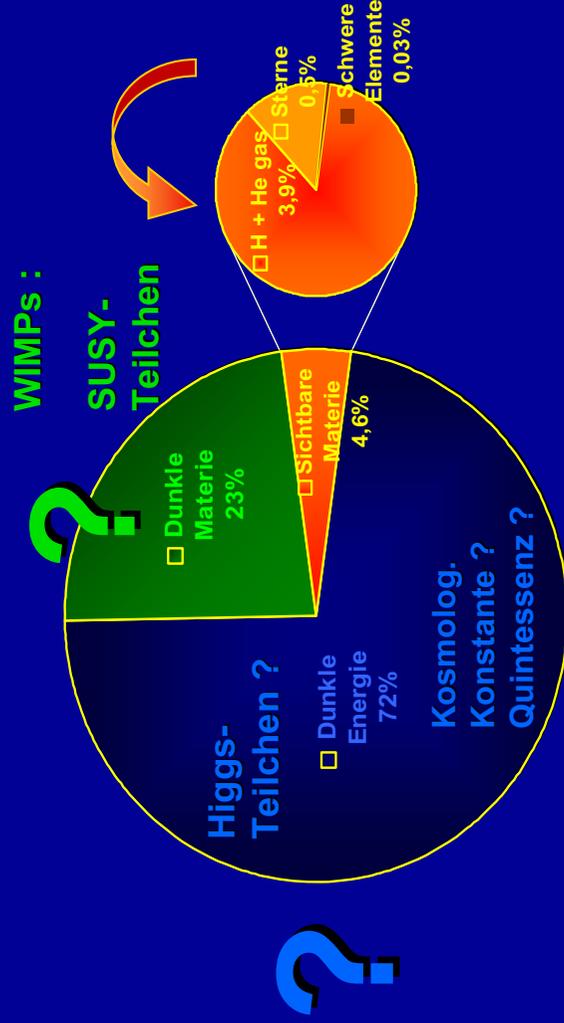
Vortrag Einsteins am Mt. Wilson Lab 1931

Typ Ia Super-Novae expandieren schneller als nach dem Hubble-Gesetz:

unbekanntes ,Treibgas' des Kosmos treibt Galaxien aus dem Ereignis-Horizont !
Zweite Inflation ?

- Higgs-artiges Feld ?
- kosmog. Konstante ?
- Quintessenz - die fünfte Kraft?

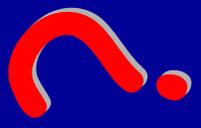
Inventur im Kosmos



Spitze des



Eisbergs !

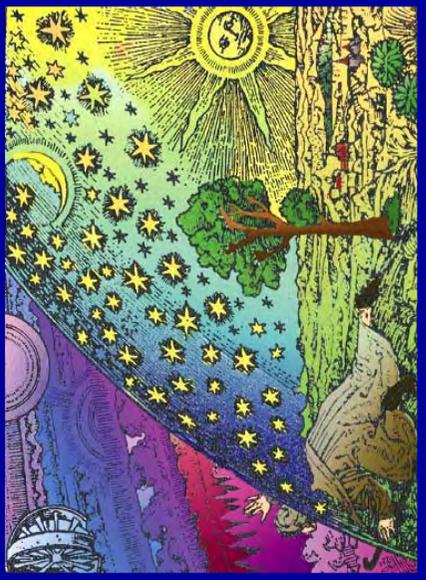


Erklärt das **Kleinste** - die **Teilchen**
das **Größte** - den **Kosmos**

Superstrings

Ist die Welt

2-dimensional ...



Nur unsere 4 Dimensionen
expandierten nach dem Urknall.
Die anderen 6 blieben kompakt.



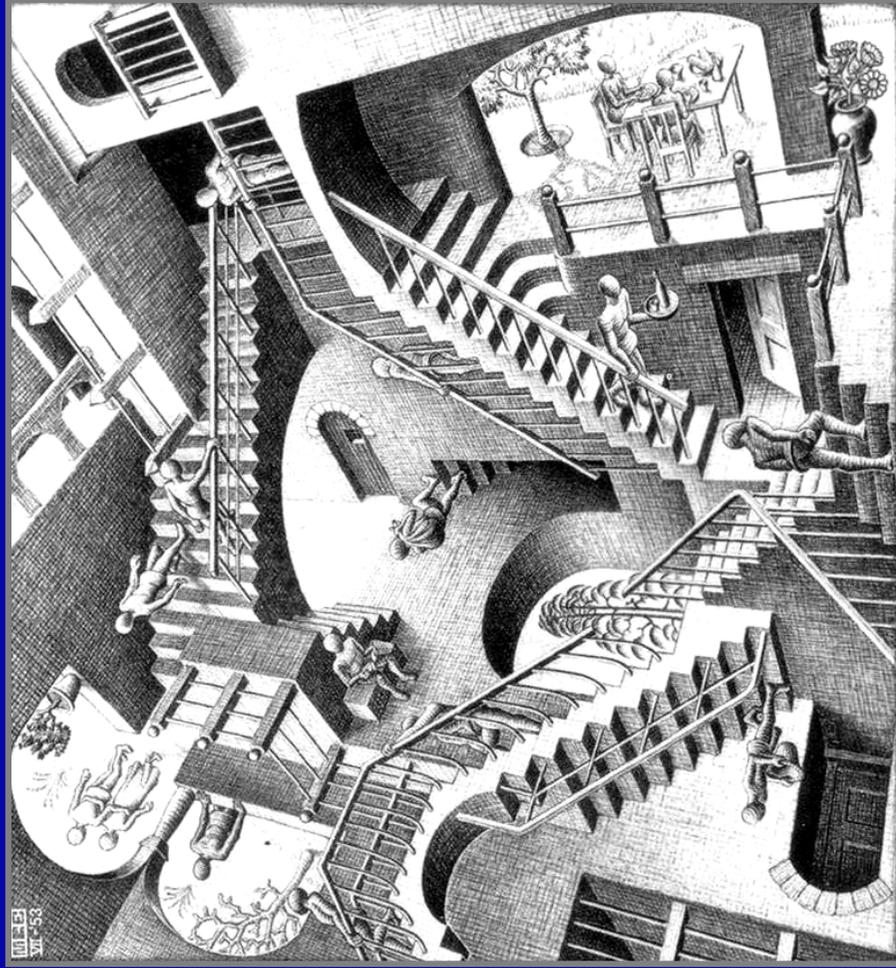
Elementare Teilchen =
String-Anregungen ?

Stringradius = Planck-Länge
 $= (\hbar G_N / c^3)^{1/2} = 10^{-35} \text{ m}$?

70

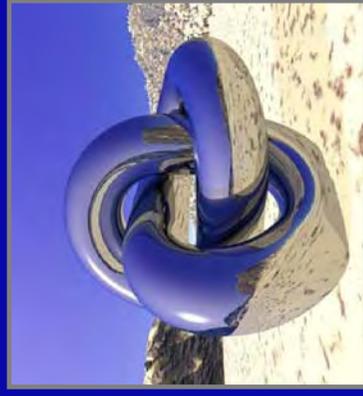
3-dimensional ...
10-dimensional ?

Extra Dimensionen



Hierarchie-Problem:

- $M_{\text{elw}} / M_{\text{Planck}} \sim 10^{-17}$
- senke Gravitations-Skala
von $M_{\text{Planck}} \sim 10^{19} \text{ GeV}$
auf $M_{\text{D}} \sim 1 \text{ TeV}$
- möglich wenn Gravitation
sich in 4+n Dimensionen
ausbreitet.

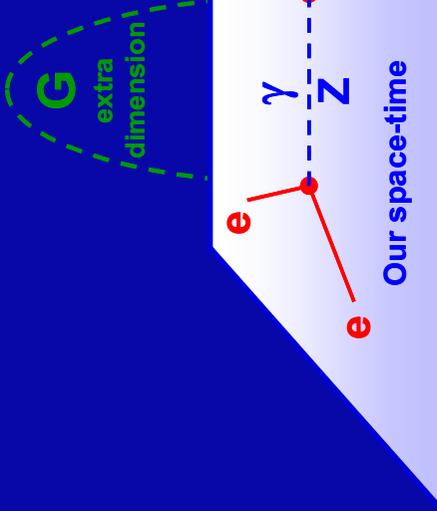
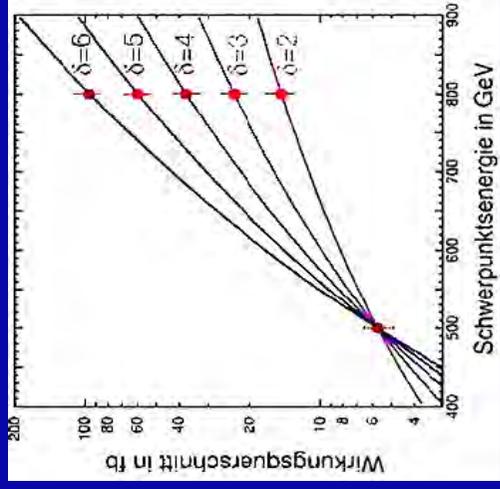


73

Extra Dimensionen

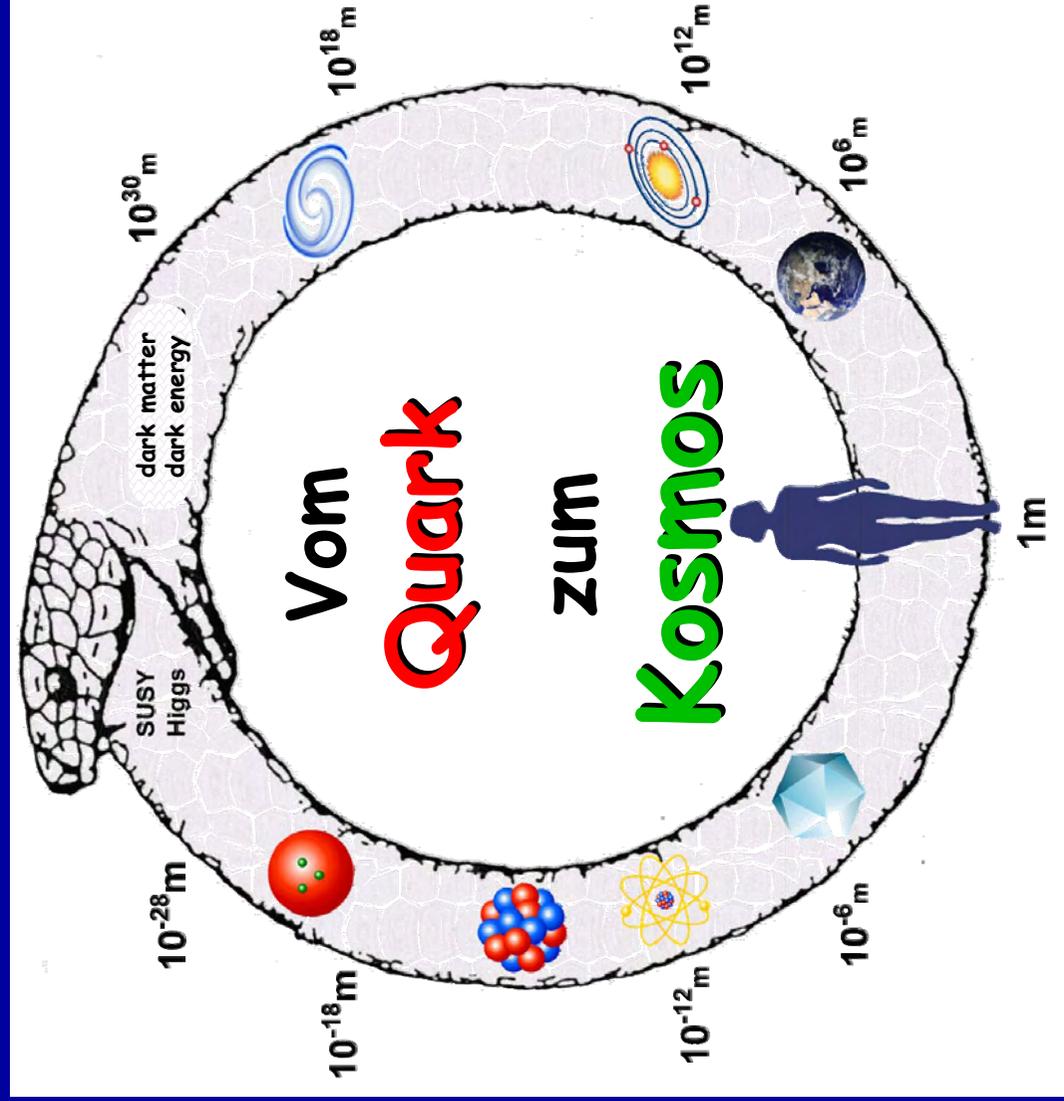
Emission von Kaluza-Klein Gravitonen:

$\sigma (e^+e^- \rightarrow G X)$ für δ extra Dim.



- reale Emission: fehlender Impuls
- virtueller Austausch: größere Raten
- Graviton: Spin-2 Tensor-Kraft: Winkelverteilung

LHC 100 fb⁻¹:
 $M_{KK} > 9,7,6$ TeV für
 $\delta = 2,3,4$



CERN



LHC

LHC

Large Hadron Collider

am CERN in Genf :

27 km lang

8 T supraleitende Magnete



Kosten ~6 Mrd. €

davon

~1 Mrd. € aus D

~0.5 Mrd. € USA

LHC @ CERN

Large Hadron Collider
am CERN in Genf :

7x7 TeV
Proton-Proton Kollisionen



>2008 Suche nach :

Higgs Teilchen
Super-Symmetry

...



LHC Strahl + Magnete

CMS Magnet: größter SC Magnet der Welt!
6x12.5 m @ 19 kA, 4T = 2.6 GJ

= genug um 18 t Gold zu schmelzen!

LHC Magnete: größte superflüss. Kryosystem d. Welt!
27 km bzw. 96 t He @ 8.4 T und 1.8 K (Wärmeleitfähigkeit)
gespeicherte Energie 10 GJ
= Airbus A380 @ 700 km/h

= genug um 50 t Kupfer zu schmelzen:
Dipole 15 m lang, 30 t

LHC Strahl:

$3 \cdot 10^{14}$ p = 0.5 A @ 7 TeV:

E = 362 MJ (HERA, Tevatron: 2MJ)

= 100 kg TNT

= 200 t Lok @ 200 km/h

= schmelze 25 m tief in Cu beam dump



LHC Energie

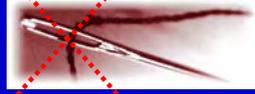
Gespeicherte Energie der beiden Protonenstrahlen: $2 \times 350 \text{ MJ}$
240 Elefanten auf Kollisionskurs



120 Elefanten mit 40 km/h



120 Elefanten mit 40 km/h



Energie eines Protons
entspricht der einer
Mücke im Flug ($1 \mu\text{J}$)

Nadelöhr:

0.3 mm Durchmesser

Protonenstrahlen am Kollisionspunkt:

0.03 mm Durchmesser



Die Experimente

ATLAS

2.200 Physiker

178 Institutionen

35 Länder

D

C

ATLAS Expt.

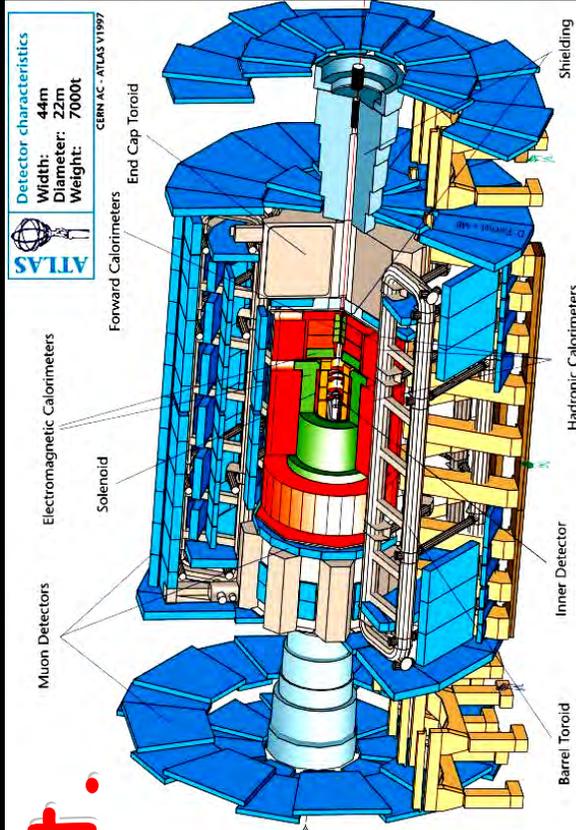


Forward Muon Kammern

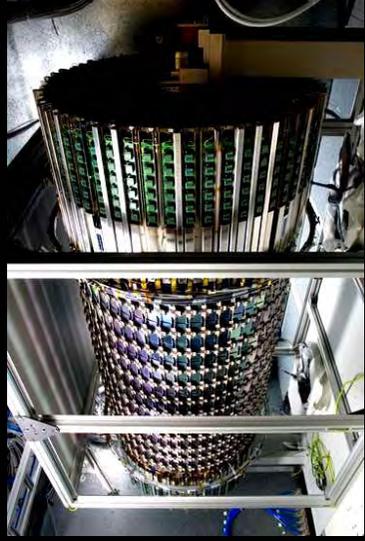
Flüssig Argon Kalorimeter



83 m³ flüssiges Ar

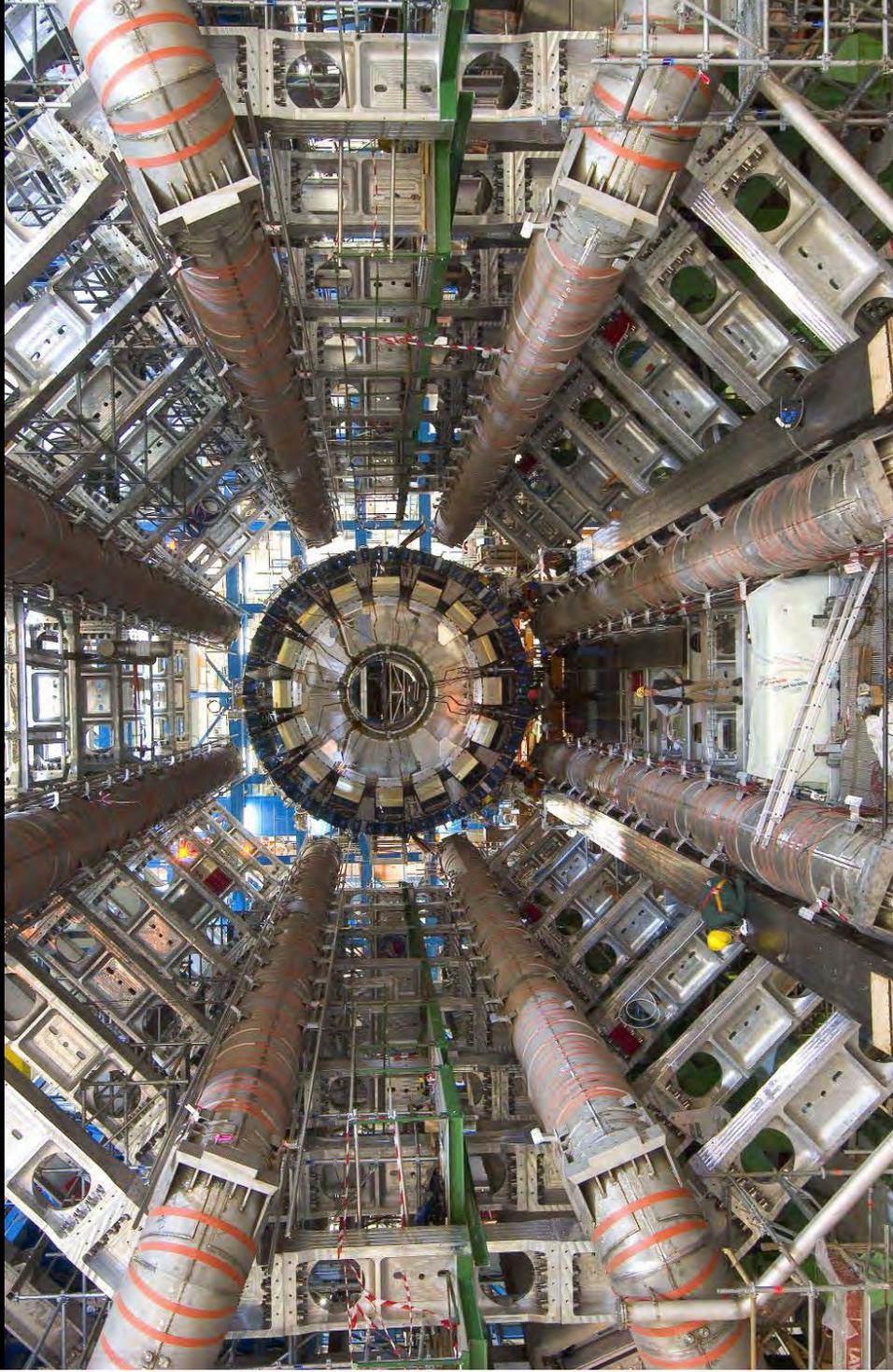


Si Pixel Tracker

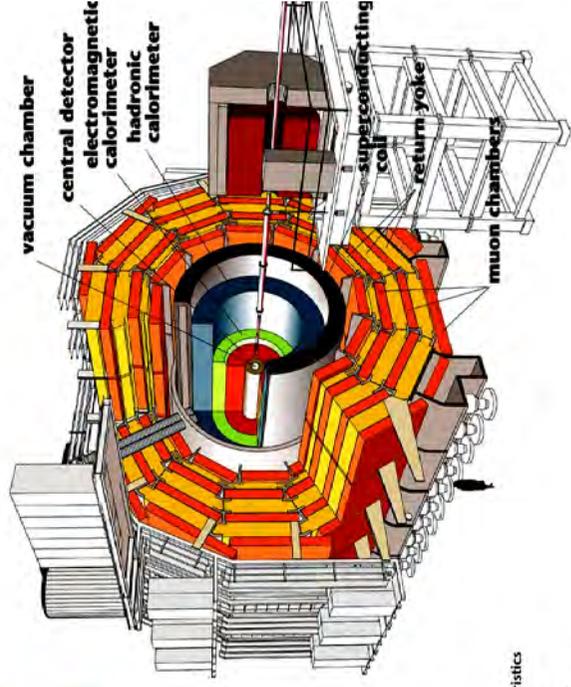


CMS: 210 m² Si ~100 Millionen Kanäle



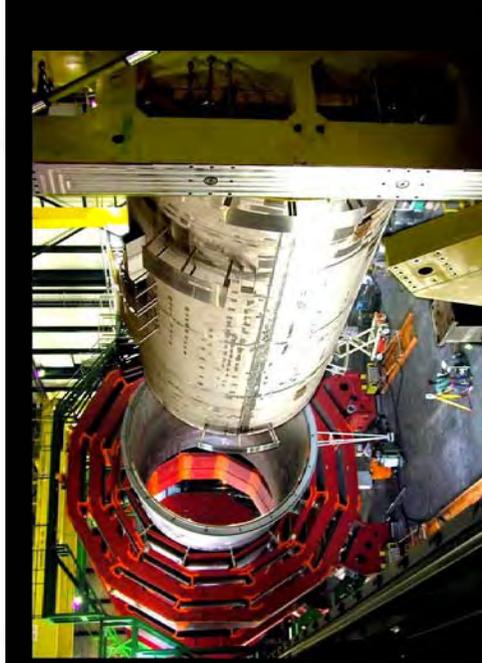
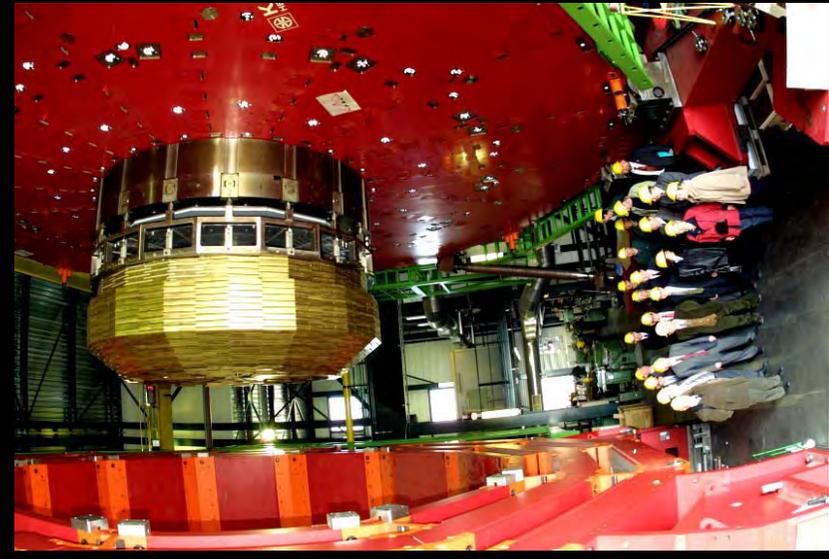


CMS



Detector characteristics
 Width: 22m
 Diameter: 15m
 Weight: 14500t

SC Magnet
 6x12 m
 20 kA
 4 T
 2.6 GJ
 Weltrekord



Terra Incognita - zu neuen Ufern ...

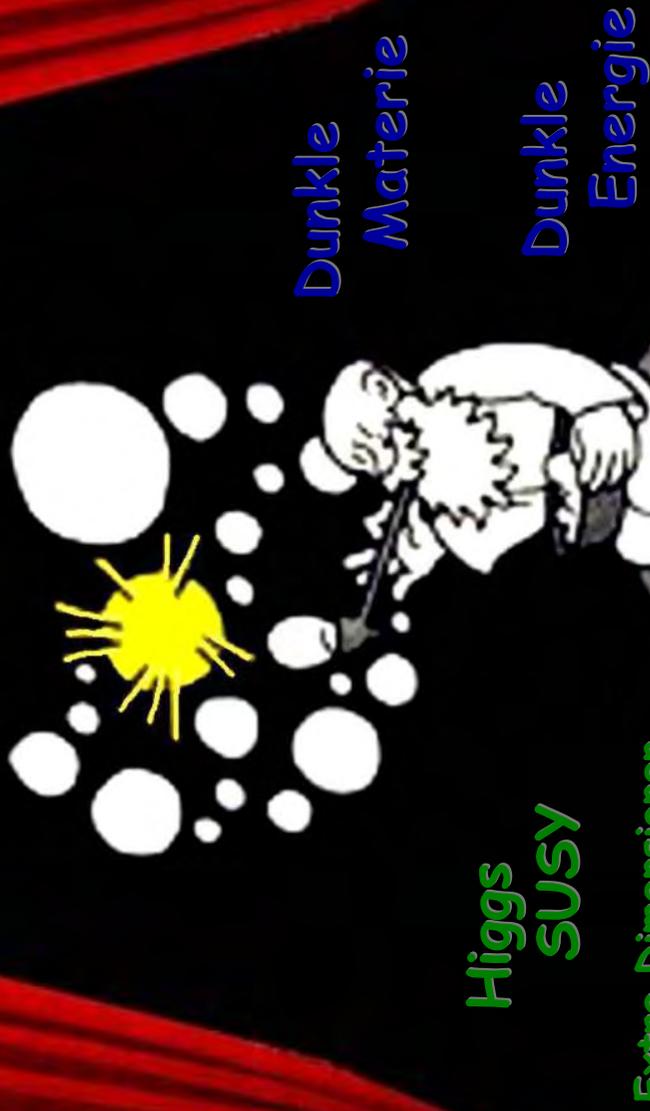


NEXT DEPARTURES
0514 EXTRA DIMENSIONS
2913 DARK MATTER
2319 HIGGS
421 DARK ENERGY
3339 SUPERSYMMETRY
42 UNIFICATION
33 UNKNOWN
39 QUANTUM UNIVERSE
ALL SP...

Der Bauplan Gottes

2008

LHC ab 2009



Higgs
SUSY
Extra Dimensionen
Mini Black Holes

Dunkle
Materie

Dunkle
Energie