

# Quarks, Higgs & die Teilchenphysiker

## Forschung am CERN

Ulrike Schnoor  
8. November 2013  
Sternwarte Gönnsdorf



TECHNISCHE  
UNIVERSITÄT  
DRESDEN



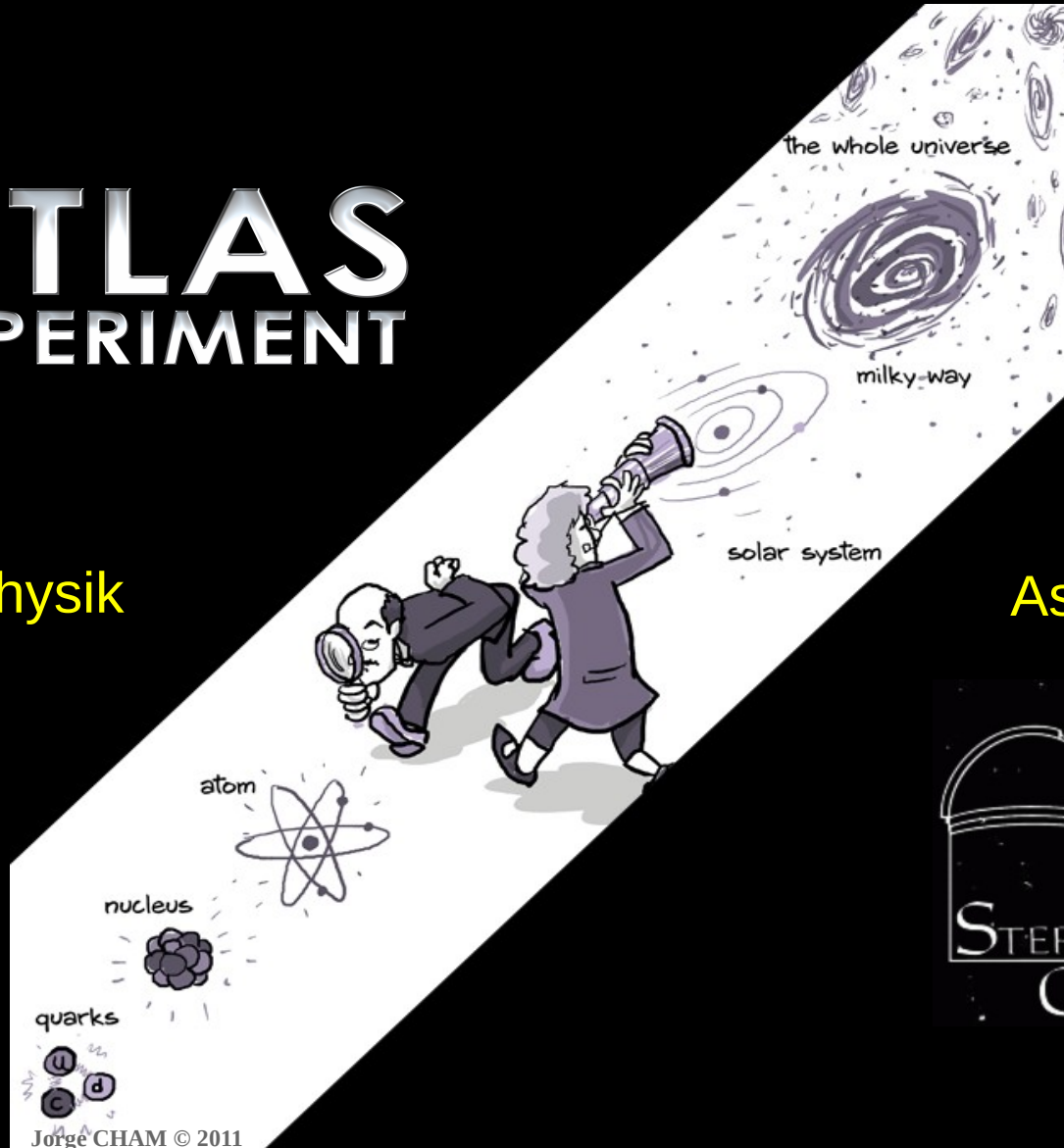
ATLAS  
EXPERIMENT

# Teilchenphysik und Astronomie



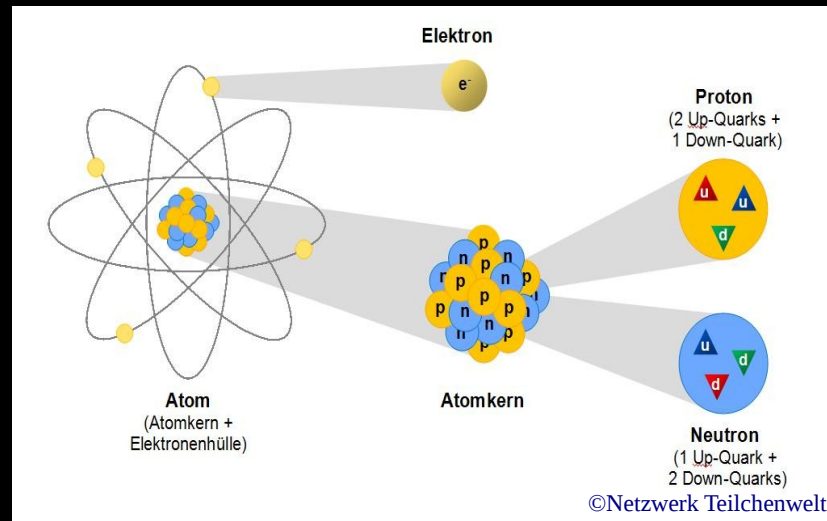
Teilchenphysik

Astronomie

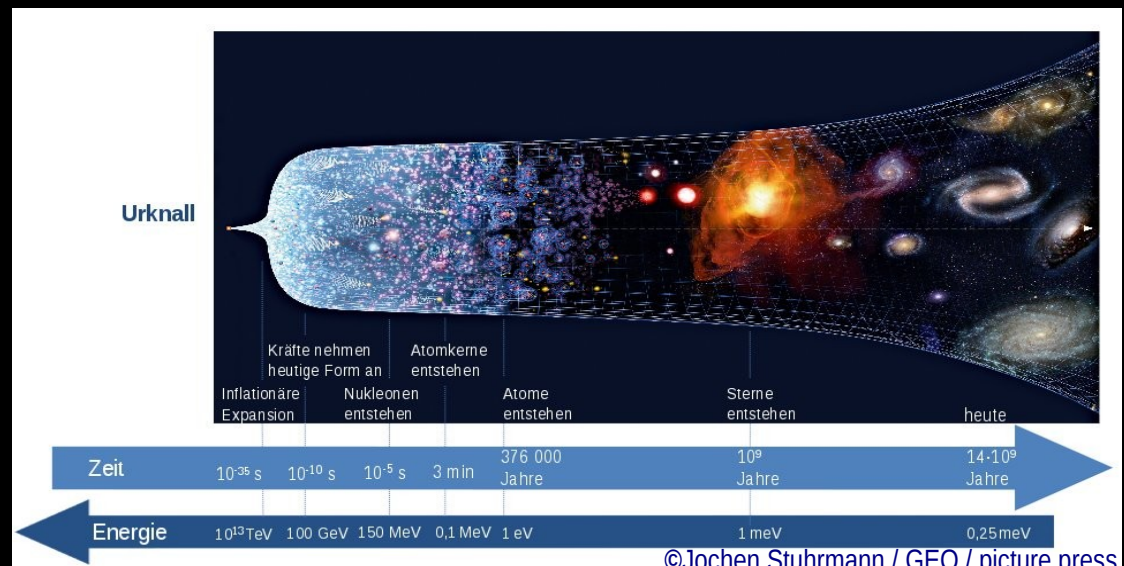


# Teilchenphysik

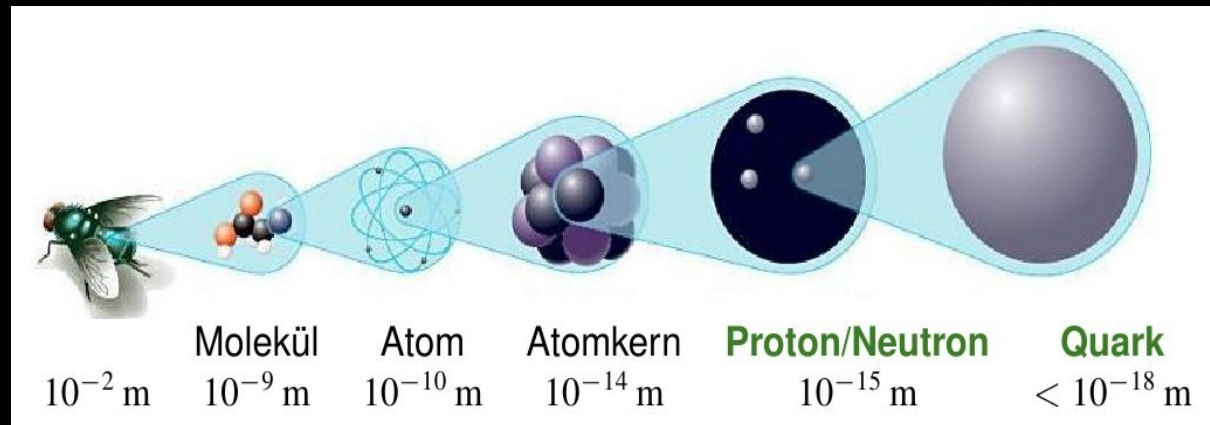
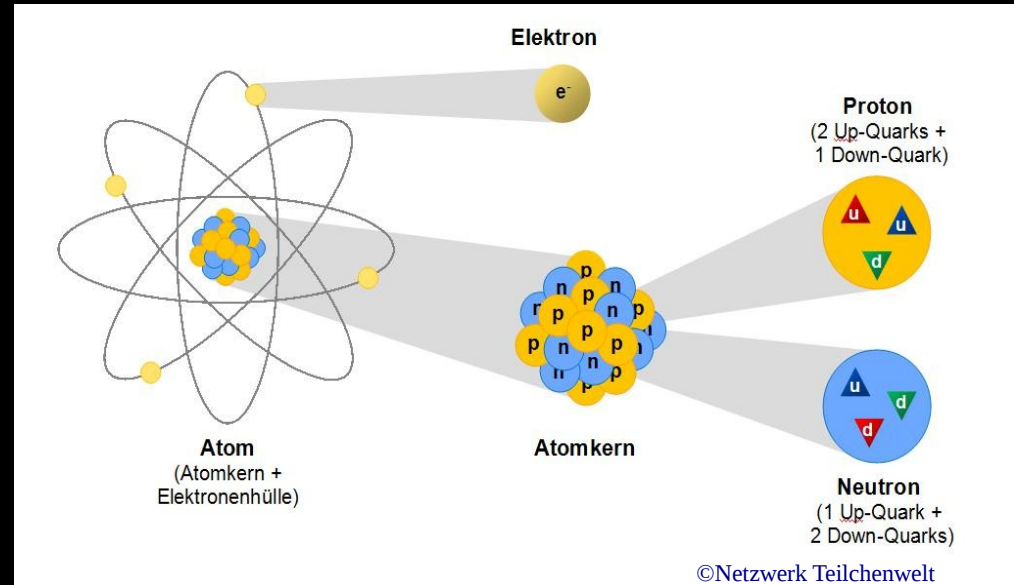
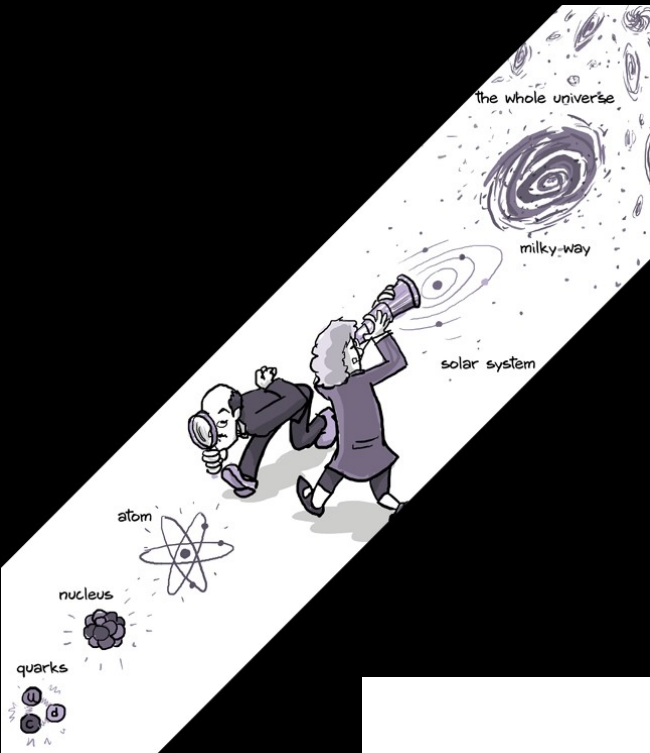
Wie ist die Materie aufgebaut?



Wie hat sich das Universum entwickelt?

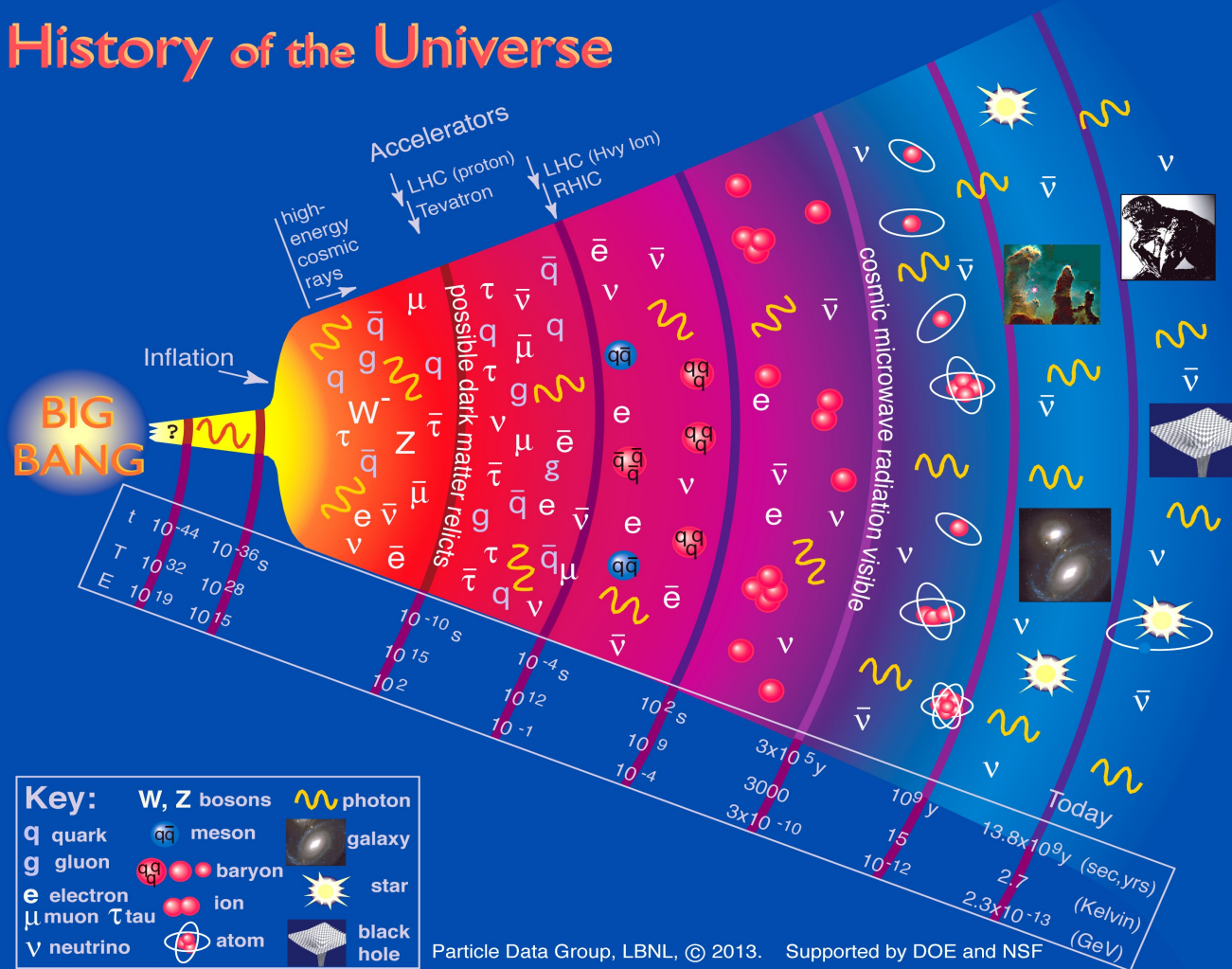


# Aufbau der Materie



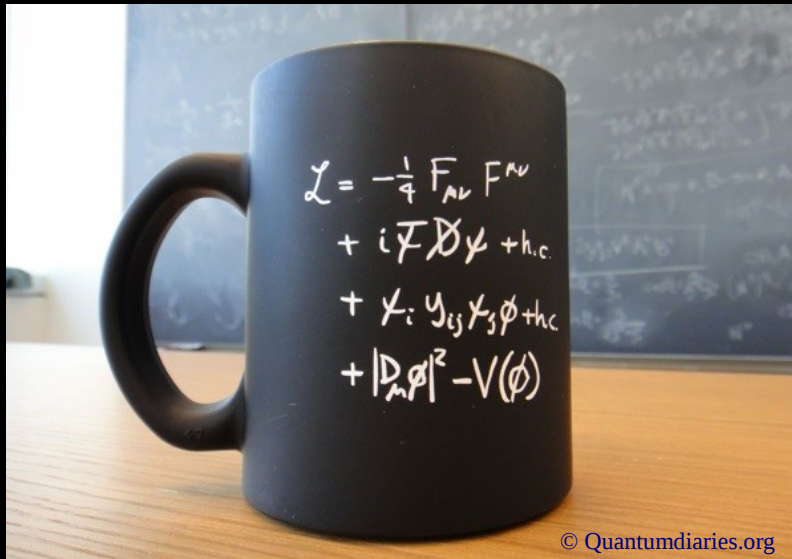
# Geschichte des Universums

## History of the Universe





# Standardmodell der Teilchenphysik



Das Standardmodell  
der Teilchenphysik  
beschreibt:

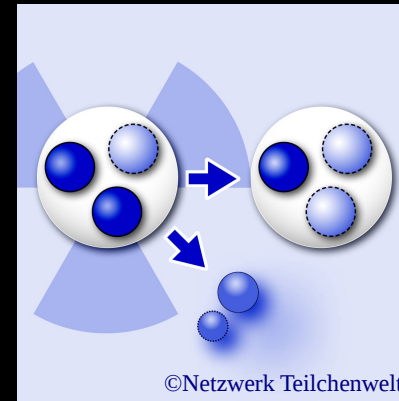
- Teilchen
- Wechselwirkungen  
(=Kräfte)

**hergeleitet aus  
fundamentalen  
Symmetrien**

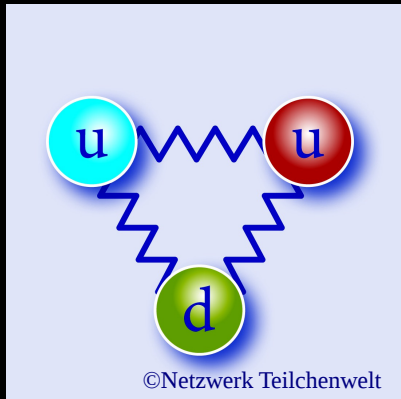
# Kräfte



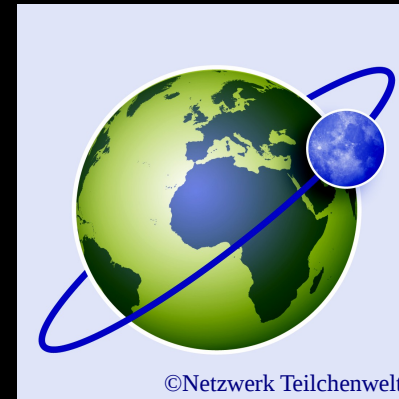
elektromagnetische  
Wechselwirkung



schwache  
Wechselwirkung



starke  
Wechselwirkung



Gravitation

# Teilchen des Standardmodells

Quarks	2,4 MeV $\frac{2}{3}$ $\frac{1}{2}$ <b>u</b> up	1,27 GeV $\frac{2}{3}$ $\frac{1}{2}$ <b>c</b> charm	171,2 GeV $\frac{2}{3}$ $\frac{1}{2}$ <b>t</b> top	0 0 1 <b>γ</b> Photon	? GeV 0 0 <b>H</b> Higgs Boson
	4,8 MeV $-\frac{1}{3}$ $\frac{1}{2}$ <b>d</b> down	104 MeV $-\frac{1}{3}$ $\frac{1}{2}$ <b>s</b> strange	4,2 GeV $-\frac{1}{3}$ $\frac{1}{2}$ <b>b</b> bottom	0 0 1 <b>g</b> Gluon	
	<2,2 eV 0 $\frac{1}{2}$ <b>ν<sub>e</sub></b> Elektron-Neutrino	<0,17 MeV 0 $\frac{1}{2}$ <b>ν<sub>μ</sub></b> Myon-Neutrino	<15,5 MeV 0 $\frac{1}{2}$ <b>ν<sub>τ</sub></b> Tau-Neutrino	91,2 GeV 0 1 <b>Z<sup>0</sup></b> Z Boson	
	0,511 MeV -1 $\frac{1}{2}$ <b>e</b> Elektron	105,7 MeV -1 $\frac{1}{2}$ <b>μ</b> Myon	1,777 GeV -1 $\frac{1}{2}$ <b>τ</b> Tau	80,4 GeV ±1 1 <b>W<sup>±</sup></b> W Boson	Eichbosonen

## Teilchen des Standardmodells:

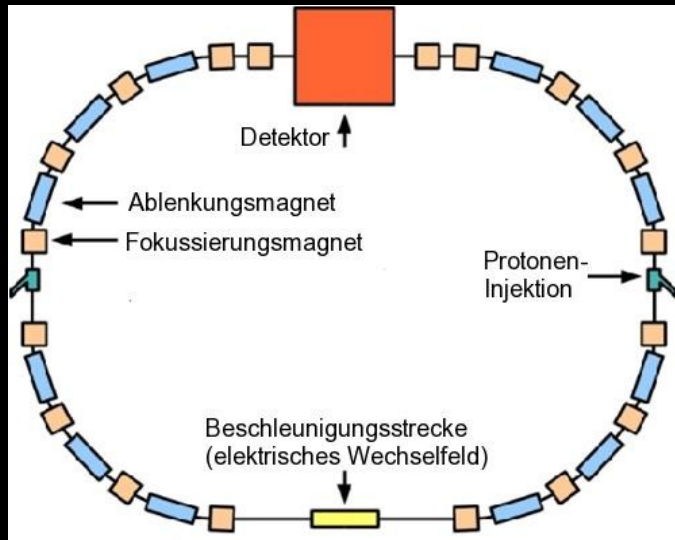
- Ladung (elektrisch, schwach, Farbladung)
- Masse
- Materieteilchen (3 Familien)
- Austauschteilchen



# Teilchenbeschleuniger



Beschleunigung:  
elektrische Felder  
  
Ablenkung/  
Fokussierung:  
Magnetfelder



Wikipedia (Florian DO)

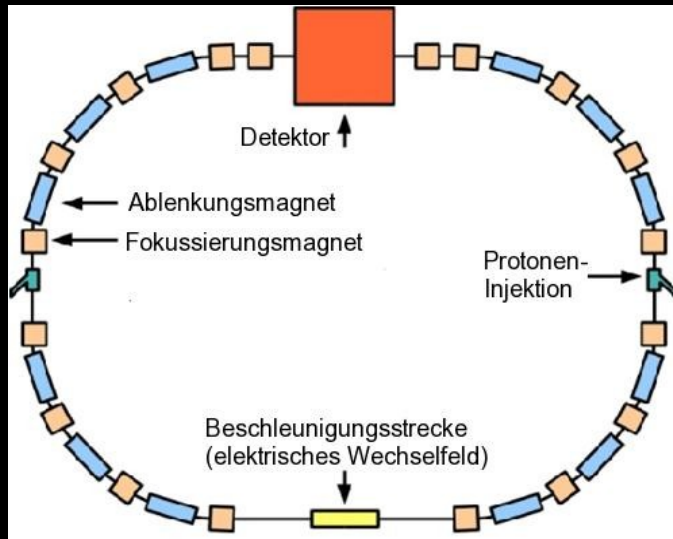
Kollision



# Teilchenbeschleuniger



Beschleunigung:  
elektrische Felder  
Ablenkung/  
Fokussierung:  
Magnetfelder

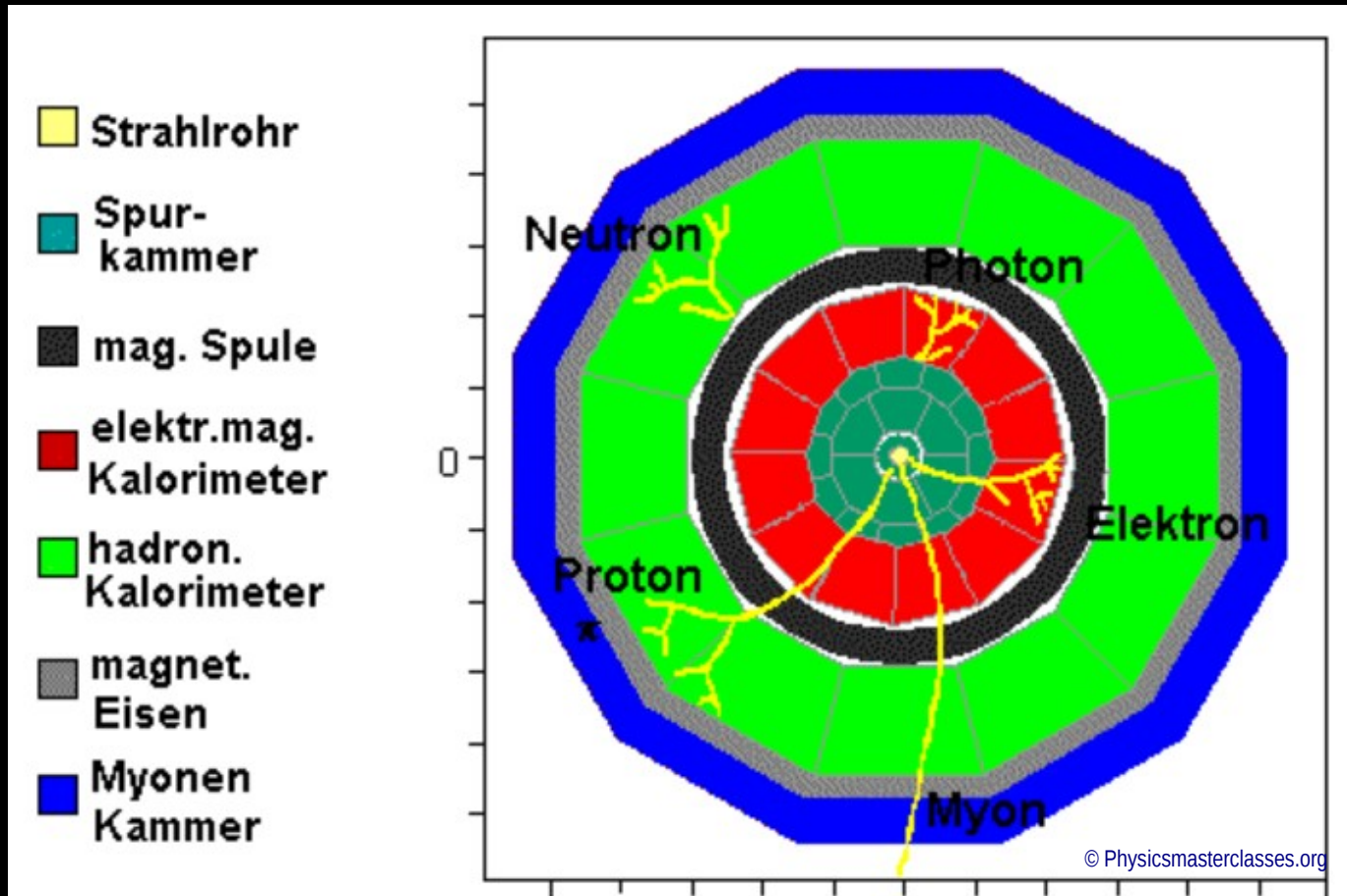


Wikipedia (Florian DO)

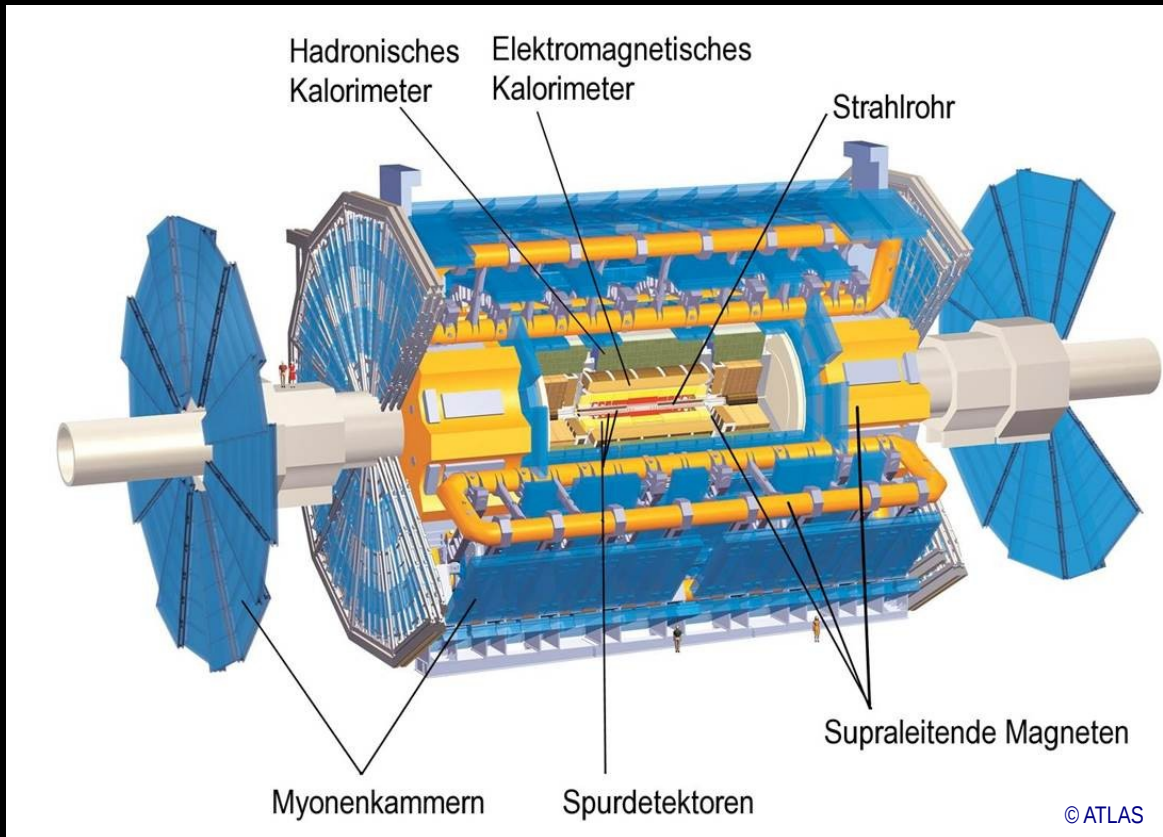
$$E = mc^2$$



# Teilchendetektoren



# ATLAS-Detektor



45 m lang  
25 m Durchmesser  
7000 t  
3000 km Kabel  
10 Jahre Bauzeit  
100 m unter der Erde

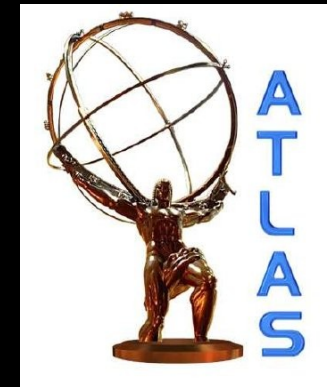
Messdaten: 3200  
Tbyte pro Jahr (7 km  
hoher CD-Stapel)



# ATLAS-Kollaboration



©ATLAS



## ATLAS

2200 Mitglieder  
(1000 Studenten +  
Doktoranden)

177 Institute

38 Länder

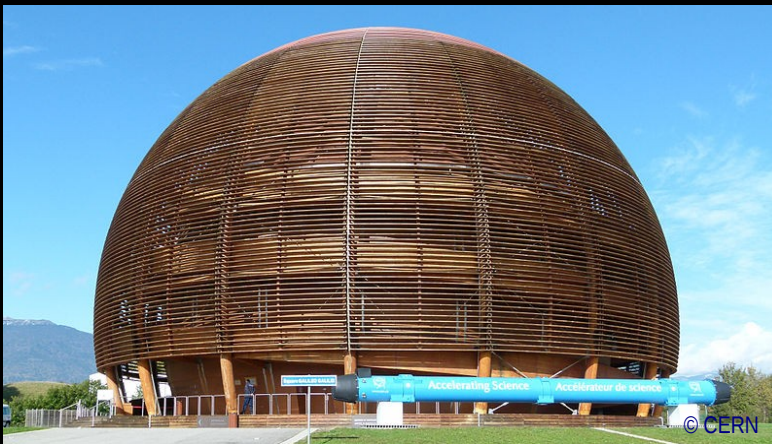
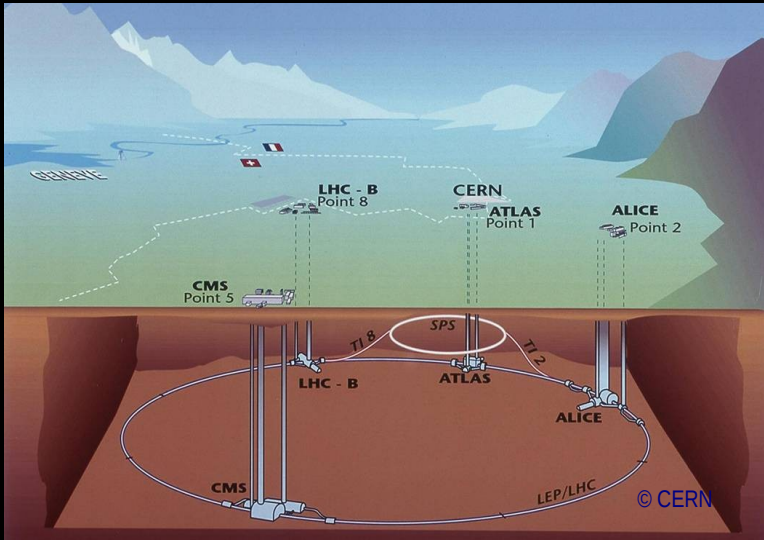
# CERN

## Conseil Européen pour la Recherche Nucléaire

20 europäische  
Mitgliedsstaaten +  
7 nicht-europäische  
Beobachterstaaten

Weltweit ca. 11.000  
Mitarbeiter

bei Genf, zwischen Jura  
und Alpen





# LHC

Proton-Proton-Beschleuniger

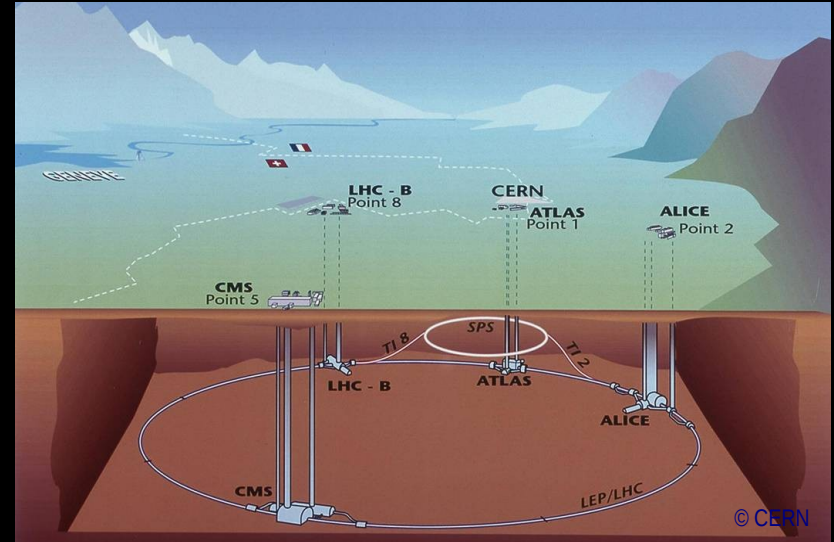
27 km Umfang

Schwerpunktsenergie:

7 TeV – 8 TeV – 13/14 TeV

Datennahme seit 2009

Dieses Jahr: Pause



# Messung

40 Millionen Kollisionen pro Sekunde



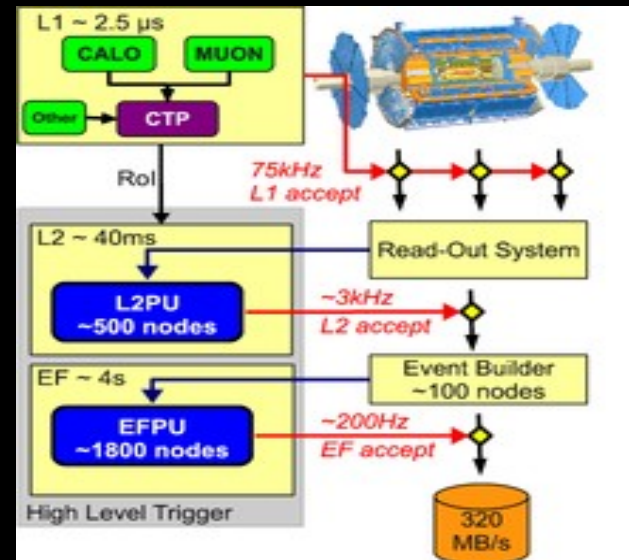
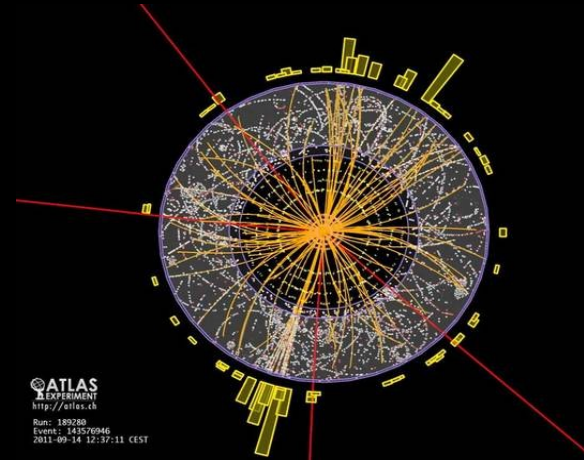
75 kHz



1 kHz



200 Ereignisse pro Sekunde

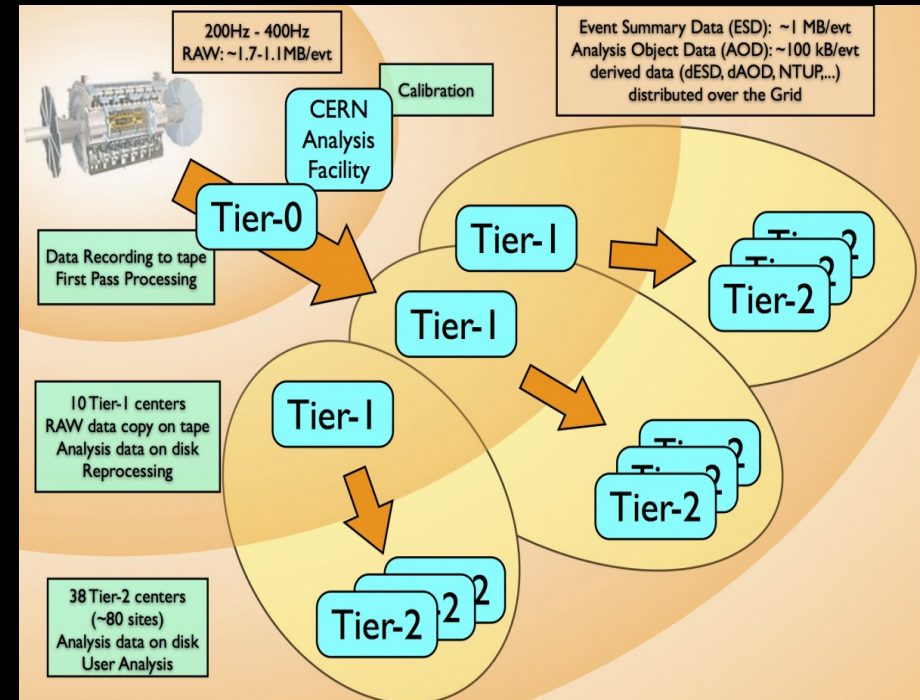


# Datenverarbeitung: Grid-Computing

**Tier 0:** Rohdaten am CERN

**Tier 1:** Rekonstruierte Daten –  
11 Standorte, Daten je 2mal  
gespeichert

**Tier 2+3:** Datenanalyse



Tier 3 an der TU Dresden

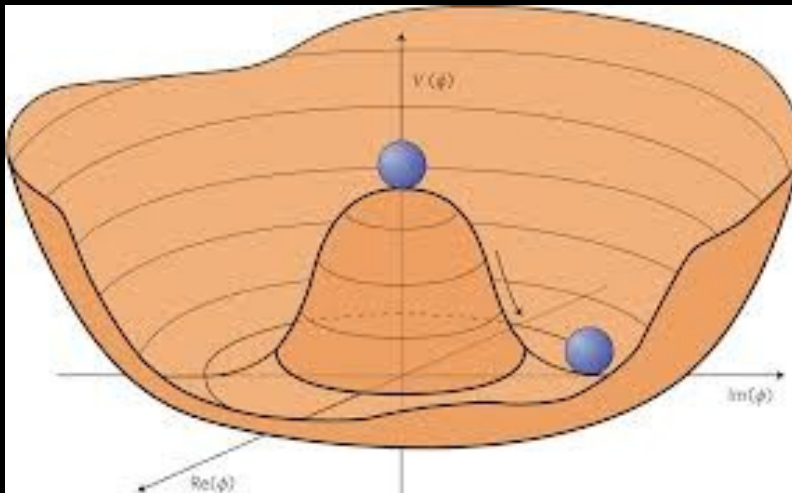
# Higgs-Mechanismus

## Standardmodell:

Teilchen sind masselos  
(elektroschwache  
Symmetrie)

Einführung eines  
Hintergrundfeldes  
(Higgs-Feld), das den  
Elementarteilchen ihre  
Masse gibt

Anregungen des Feldes:  
Higgs-Boson

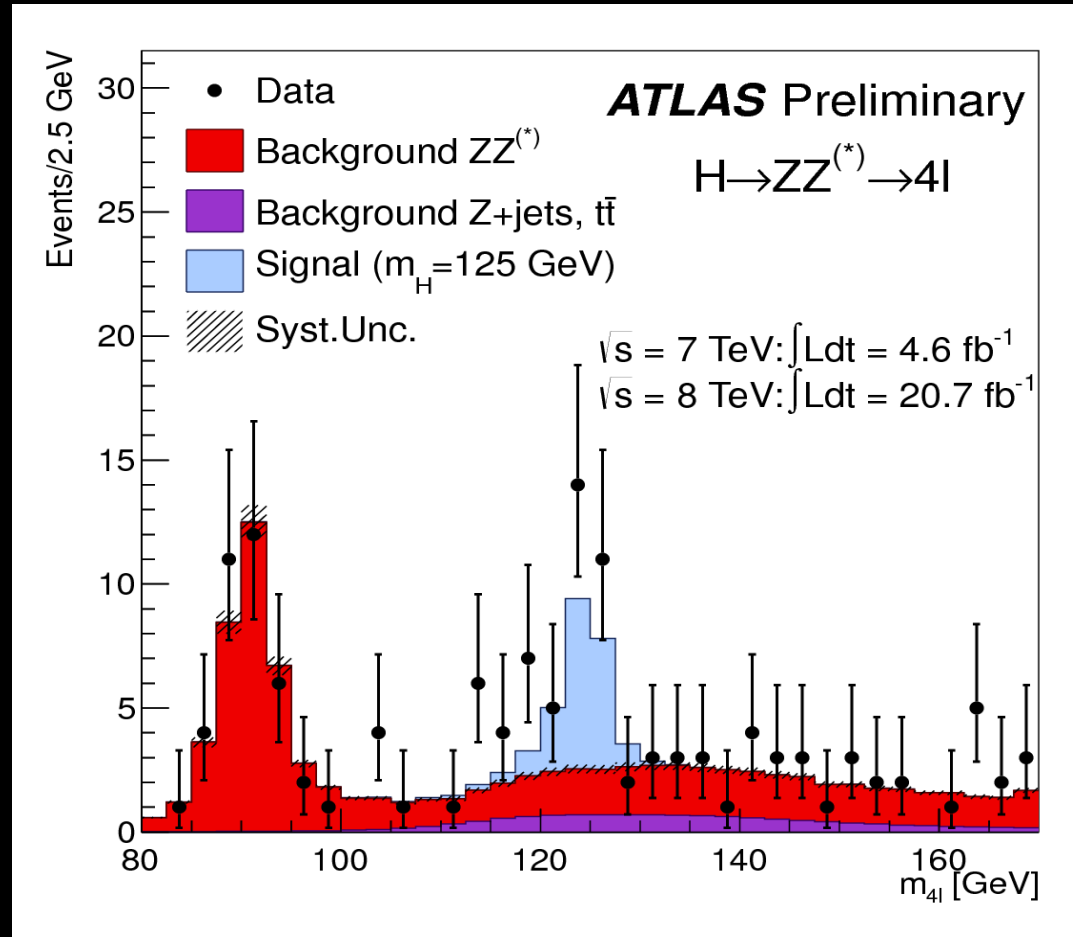




# Higgs-Mechanismus

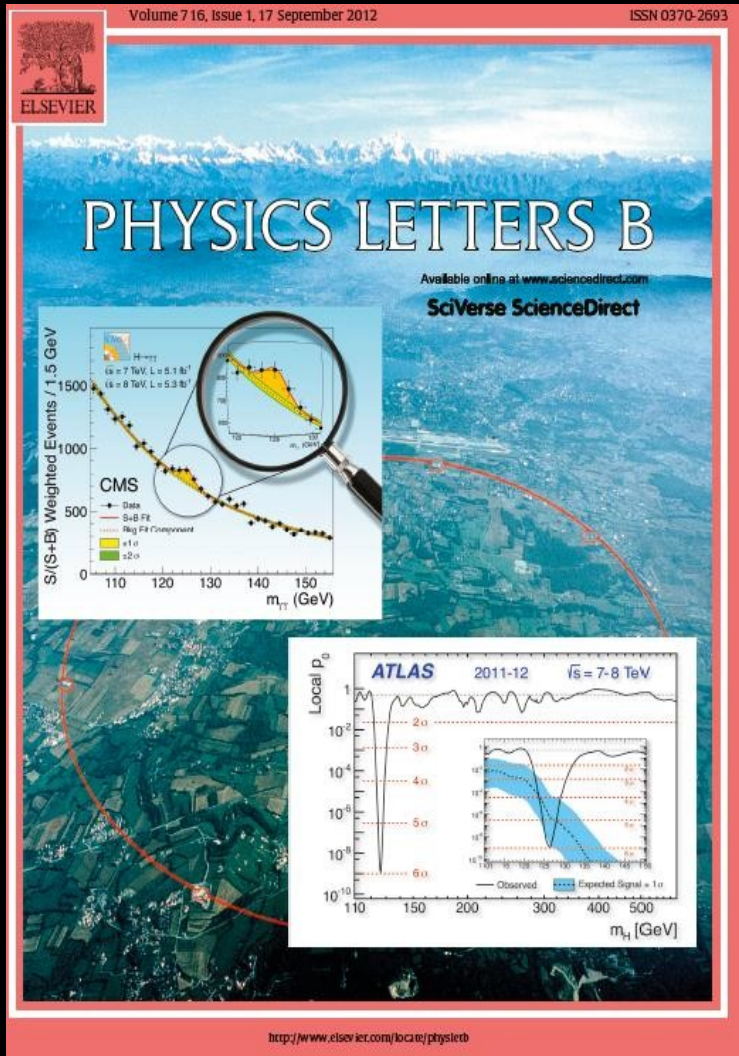


# Higgs-Entdeckung





# Higgs-Entdeckung am CERN



4. Juli 2012



# Offene Fragen der Teilchenphysik

Massen-Hierarchieproblem

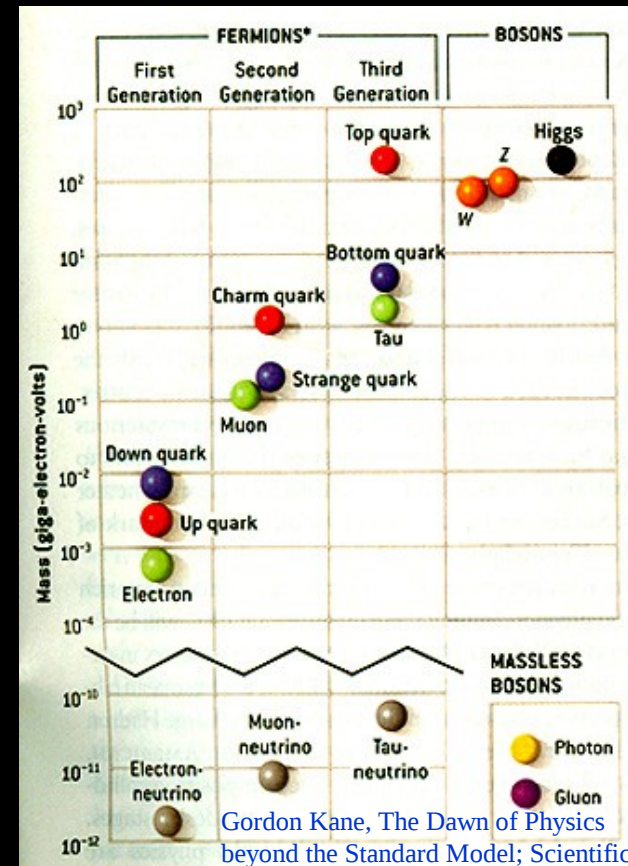
Ist das Higgs wirklich ein Higgs?

Gibt es Supersymmetrie?

Wie funktioniert die Gravitation?

Können wir alle Kräfte vereinigen?

Wo ist die Antimaterie?

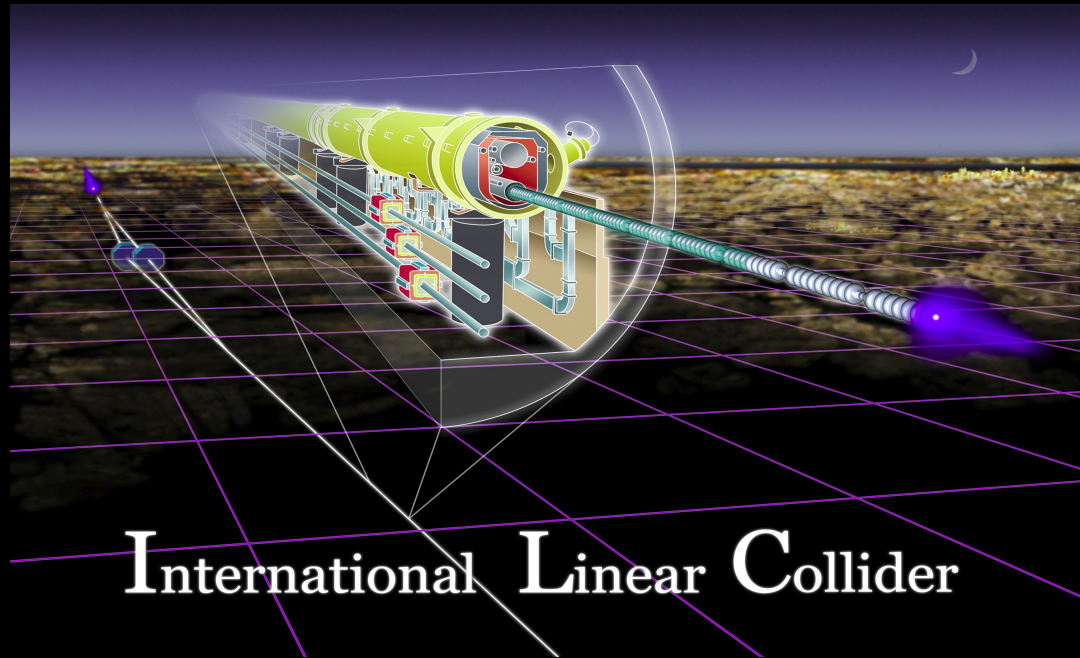


Gordon Kane, The Dawn of Physics beyond the Standard Model; Scientific American, May 2003.

# Zukünftige Experimente

Large Hadron Collider  
International Linear  
Collider

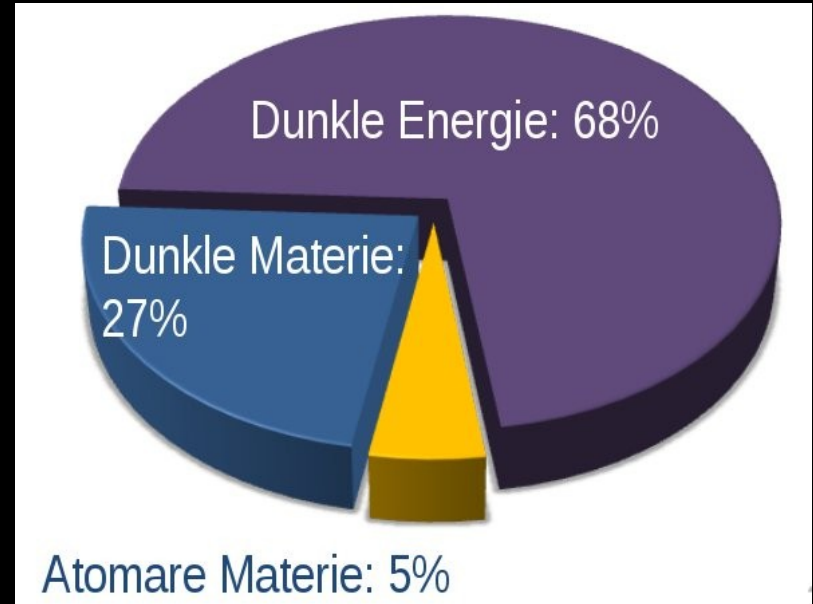
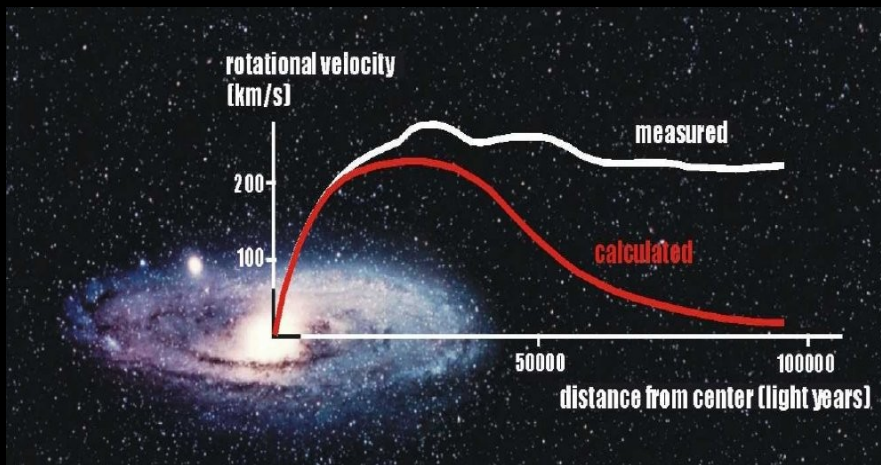
Neutrino-Experimente  
Suche nach dunkler  
Materie





# Dunkle Materie

Gemessene  
Rotationsgeschwindigkeit  
von Galaxien erfordert  
mehr Masse als sichtbar  
→ “dunkle Materie”



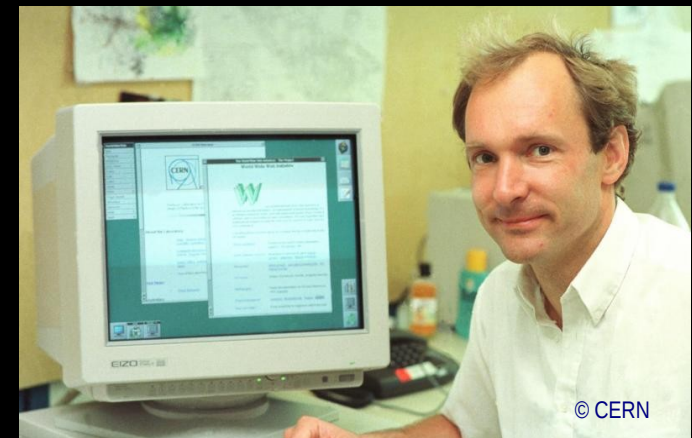
## Spin-offs

**1989:** Antrag für “Distributed information system” am CERN von Tim Berners-Lee eingereicht

**1990:** erste Website und erster Webserver gehen am CERN online

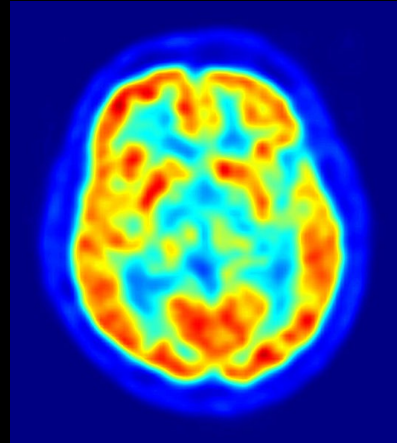
**1991:** erster Webserver außerhalb Europas

**1993:** CERN veröffentlicht den Quelltext des WWW



# Teilchenphysik in der Medizin

## Diagnostik



## Therapie

