

Die Suche nach dem Higgsboson am Large Hadron Collider

“Erforschung der Physik des frühen Universums
mit Beschleuniger-Experimenten”

Eckhard v. Törne

Unterstützt durch

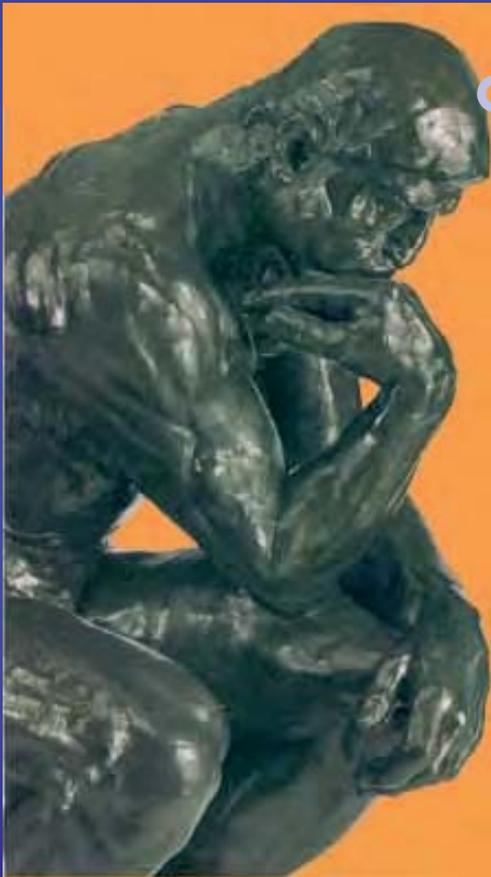


Gliederung

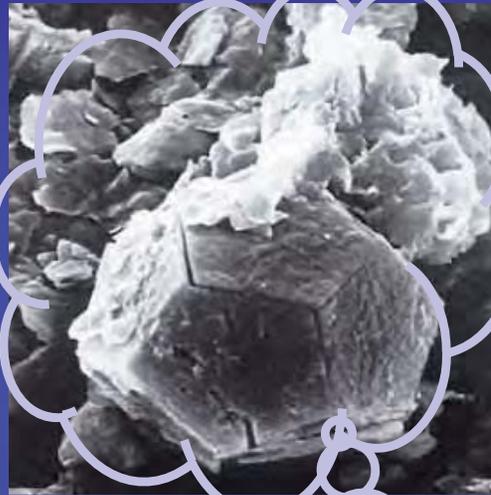
- Physik der Elementarteilchen
- Schwache Wechselwirkung und das Higgs-Boson
- Der Large Hadron Collider
- Der ATLAS Detektor
- Die Suche nach dem Higgs-Boson

Längenskalen

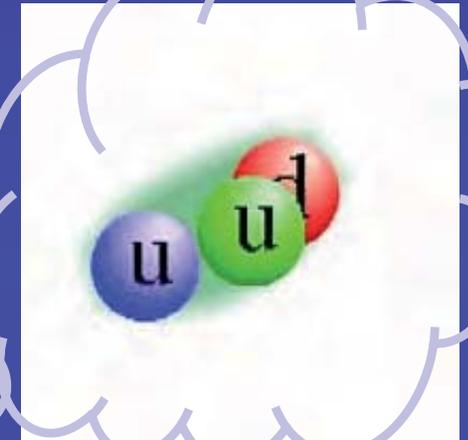
1 m (10^0 m)



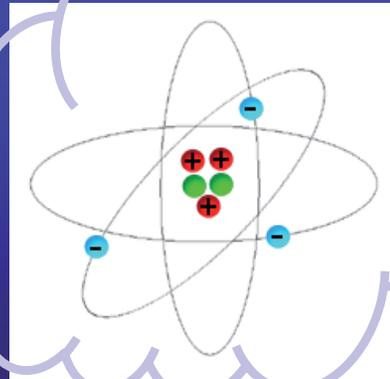
0,00001 m (10^{-5} m)



0,000000000000000001 m
(10^{-15} m)

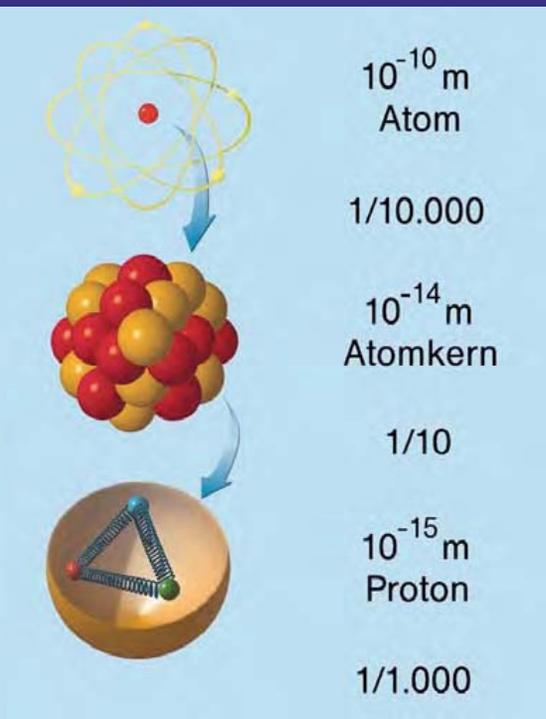


Sub-atomare
Bausteine der
Materie



0,0000000001 m (10^{-10} m)

Die Bausteine der Materie



Elementar-Teilchen

Leptons	I			Force Carriers
	u	c	t	
	d	s	b	
	ν_e	ν_μ	ν_τ	
	e	μ	τ	
	γ			
II			g	
III			Z	
Three Generations of Matter			W	
			H	

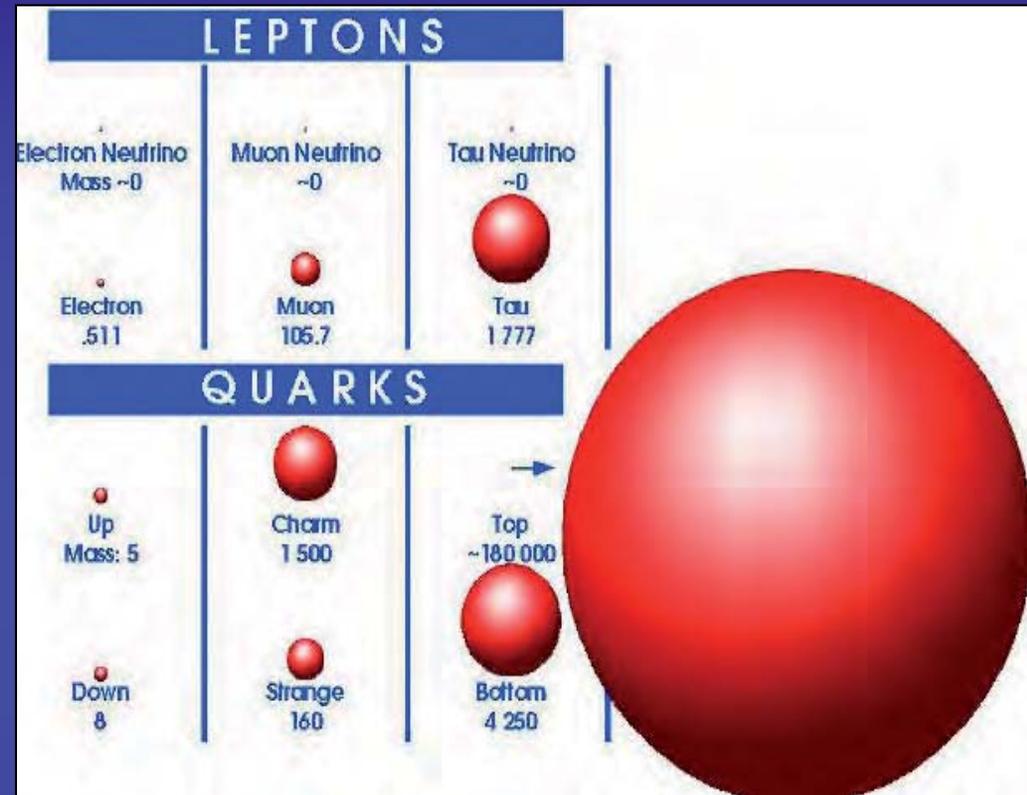
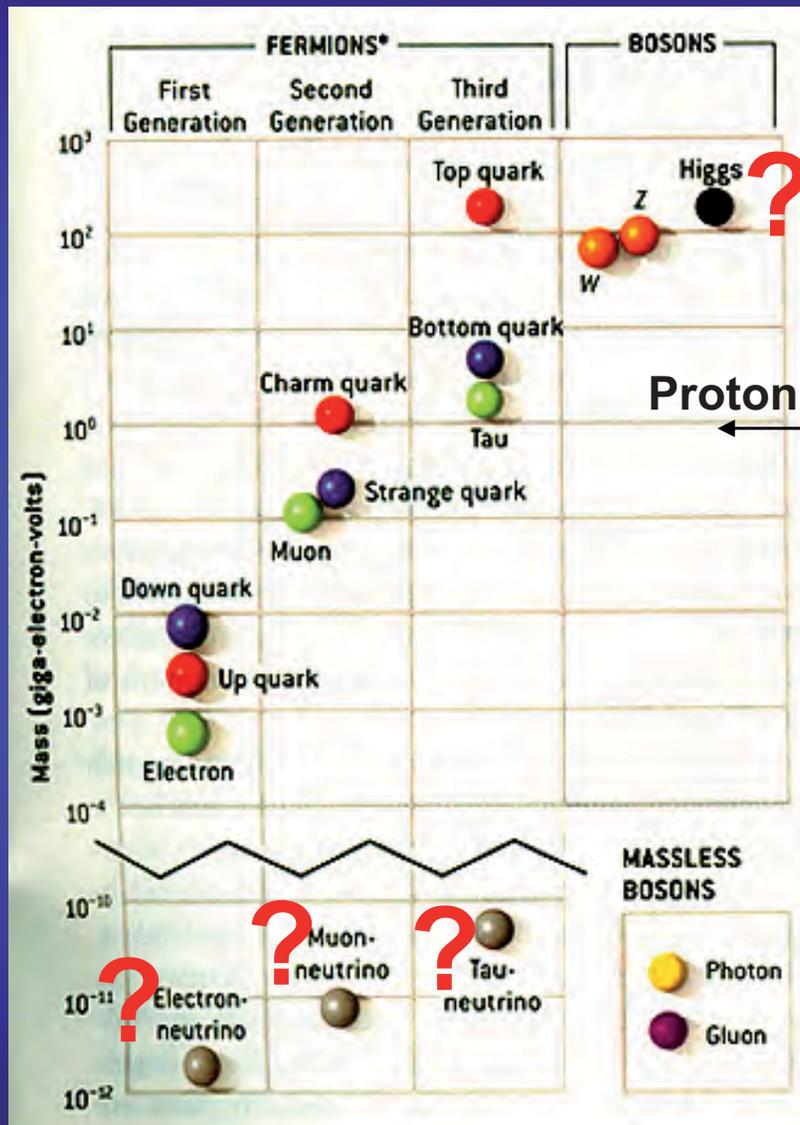
Fermionen
Spin 1/2

Eich-Bosonen
Spin 1

Higgs-Boson
Spin 0

Bausteine der Atome

Masse der Elementarteilchen



Daumen-Regel: Proton wiegt 1 GeV, Elektron 1860 mal weniger.



Masse



Energie



Zeit

Gleichungen

$$E = m \cdot c^2$$

Albert Einstein
Neue Materie aus Energie

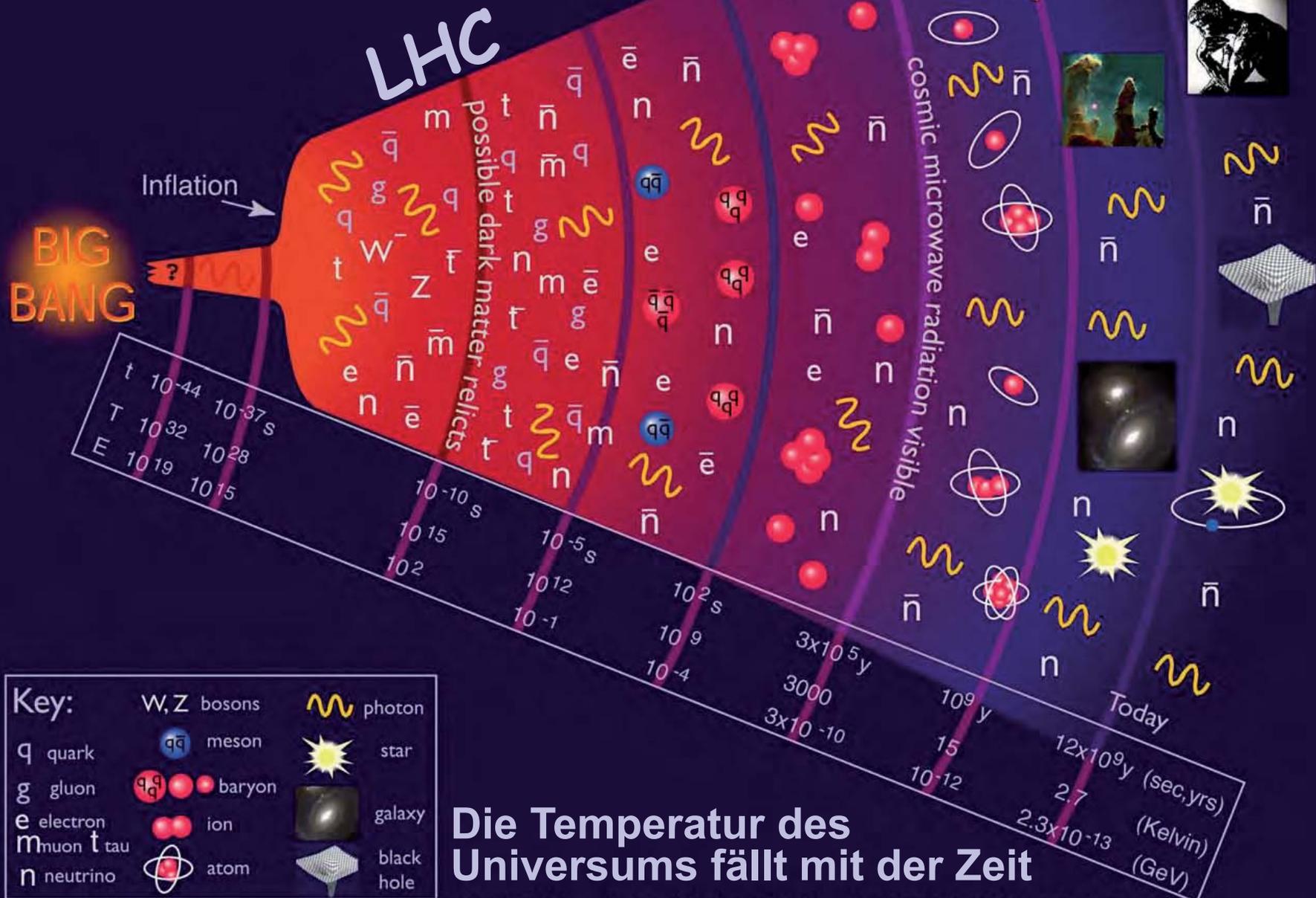
$$\Delta x \cdot \Delta p \geq \hbar$$

Werner Heisenberg
Kleine Strukturen abbilden

$$\langle E \rangle \approx k_b \cdot T$$

Ludwig Boltzmann
Hohe Temperaturen

History of the Universe

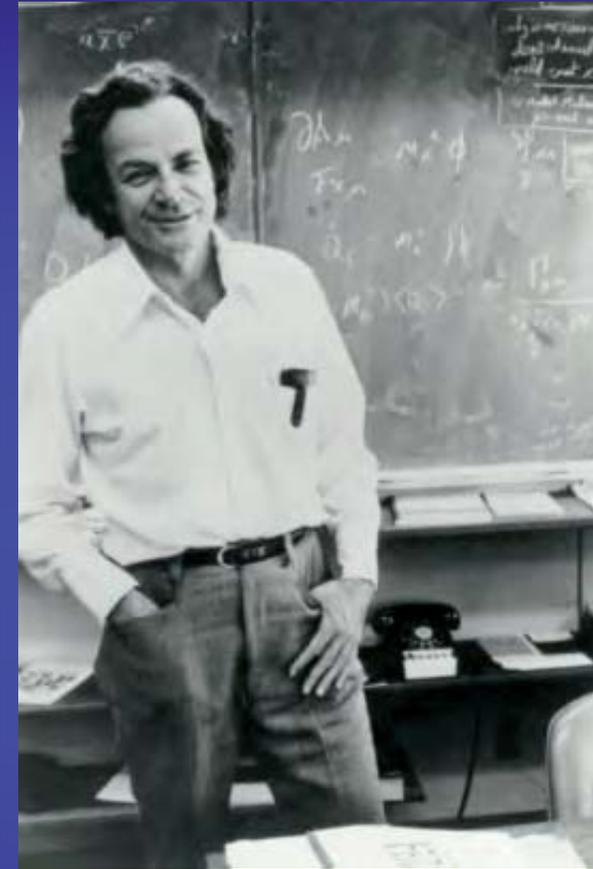
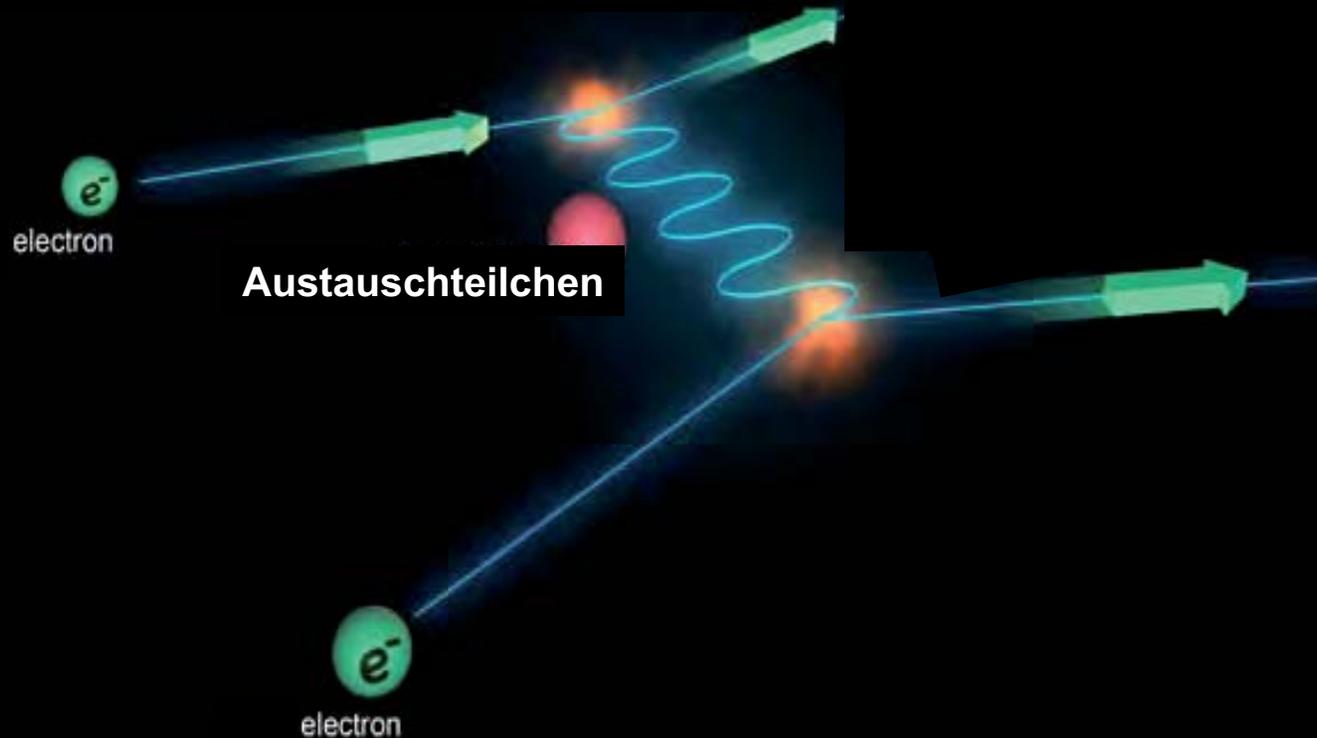


Die Temperatur des Universums fällt mit der Zeit

Schwache Wechselwirkung und das Higgs-Boson

Wechselwirkungen (Kräfte)

Feynman-Diagramm

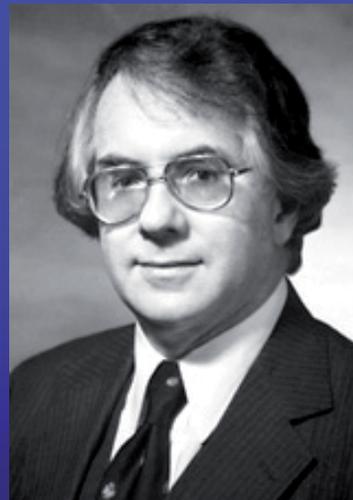


Richard Feynman

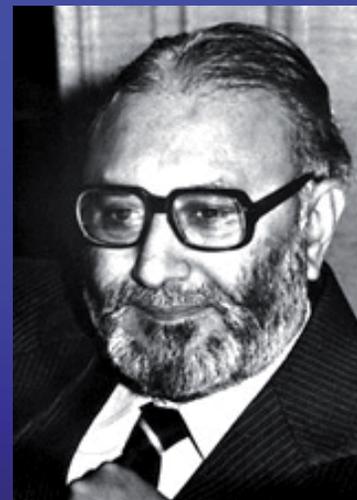
- * Kräfte werden durch Eichwechselwirkungen beschrieben
- * Kräfte werden i.a. durch masselose Austauschteilchen übertragen

Die vier Wechselwirkungen (Kräfte)

- * Starke Wechselwirkung
 - * Elektromagnetismus
 - * Schwache Wechselwirkung
 - * Gravitation
- Elektroschwache Theorie
- Physik-Nobelpreis 1979



S. Glashow

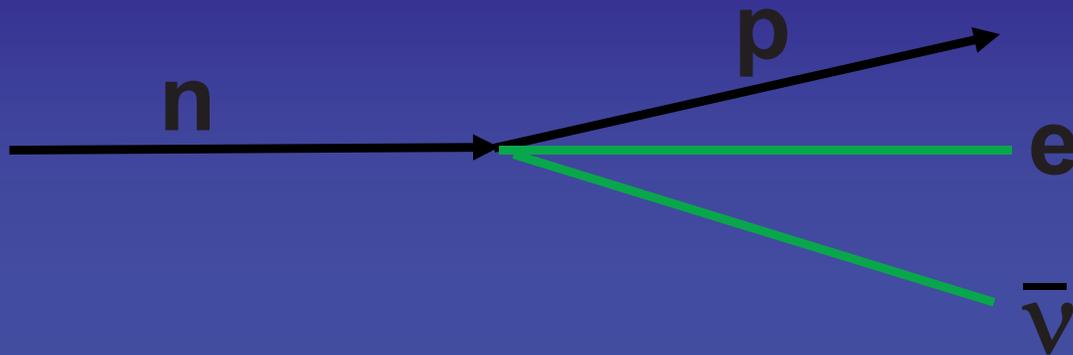


A. Salam

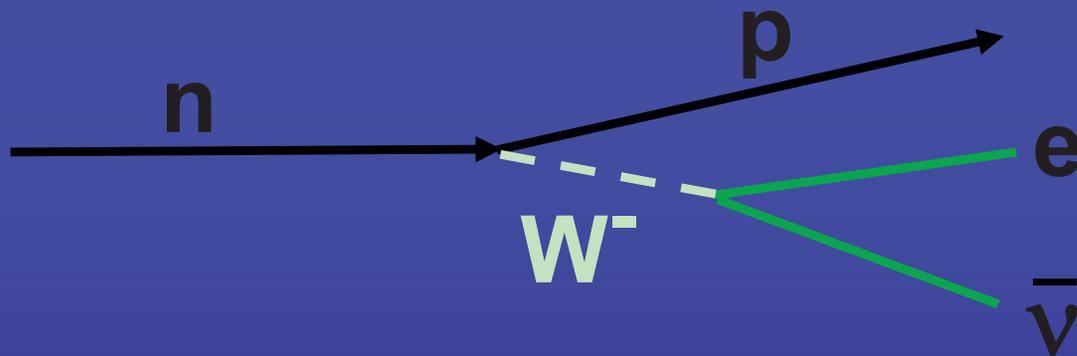


S. Weinberg

Beispiel für die schwache Wechselwirkung



Zerfall des Neutrons in Proton, Elektron und Anti-Elektron-Neutrino



Kurze Reichweite der schwachen Kraft:

- * Austauscheteilchen W hat Masse ($m_W=80$ GeV)
- * Problem mit Quantentheorie der WW.
- * Problem der Massengebung für das W -Boson

Elektroschwache Vereinigung

Elektronen-Steckbrief

- * Masse = 511 MeV
(1836 mal leichter als Proton)
- * Elektrische Ladung
- * Bestandteil von Atomen
- * Reichweite in Materie ~cm
- * Entdeckung 1897 (JJ: Thompson)

Elektron-Neutrino-Steckbrief

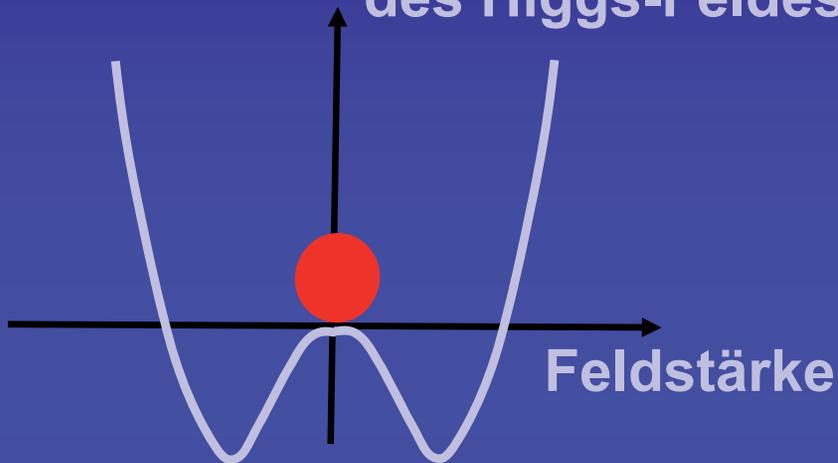
- * Fast masselos, $m < 2,3$ eV
- * Elektrisch neutral
- * Keine Bindungszustände
- * Reichweite in Materie: Lichtjahre
- * Postuliert 1930 von W. Pauli
Entdeckung ~1950

Postulat der Elektroschwachen Symmetrie:

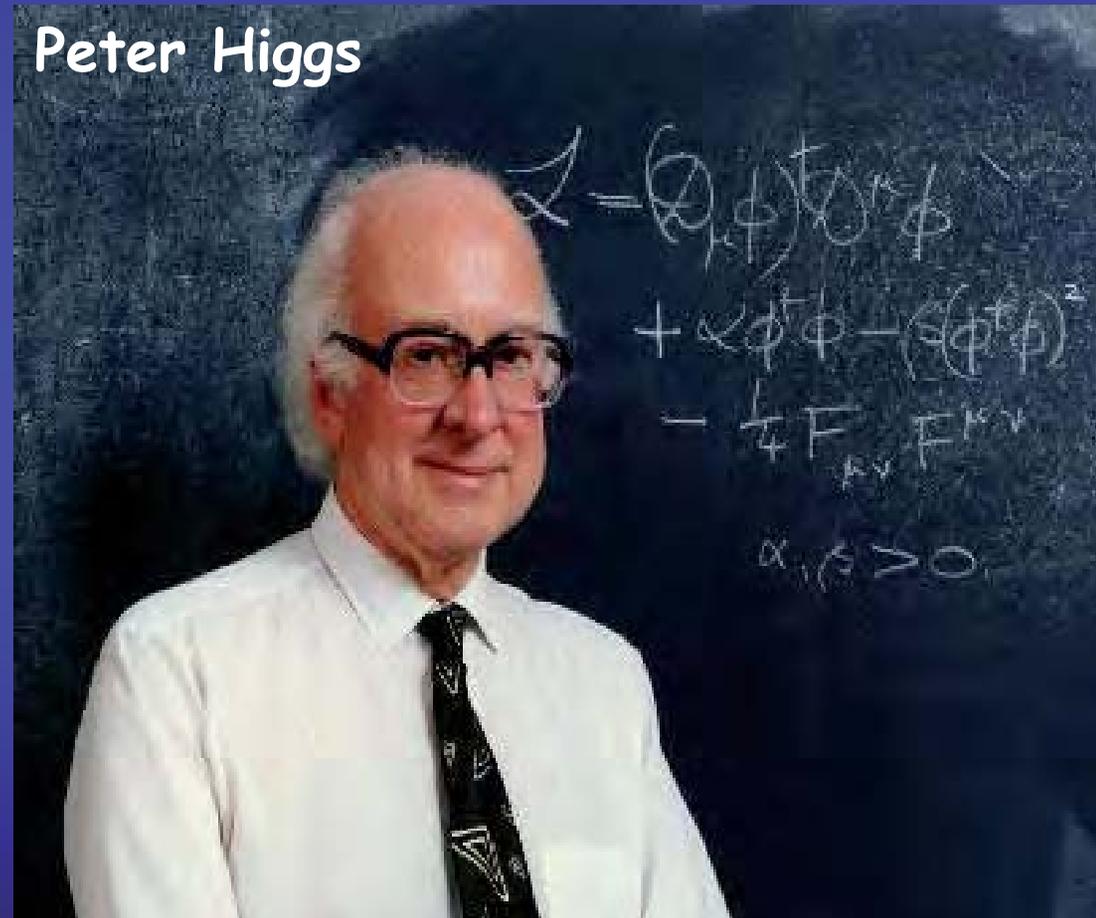
Elektron und Elektron-Neutrino sind Manifestationen eines Feldes und unterscheiden sich nur durch eine Quantenzahl (schwacher Isospin).

Der Higgs-Mechanismus

Potentialenergie
des Higgs-Feldes

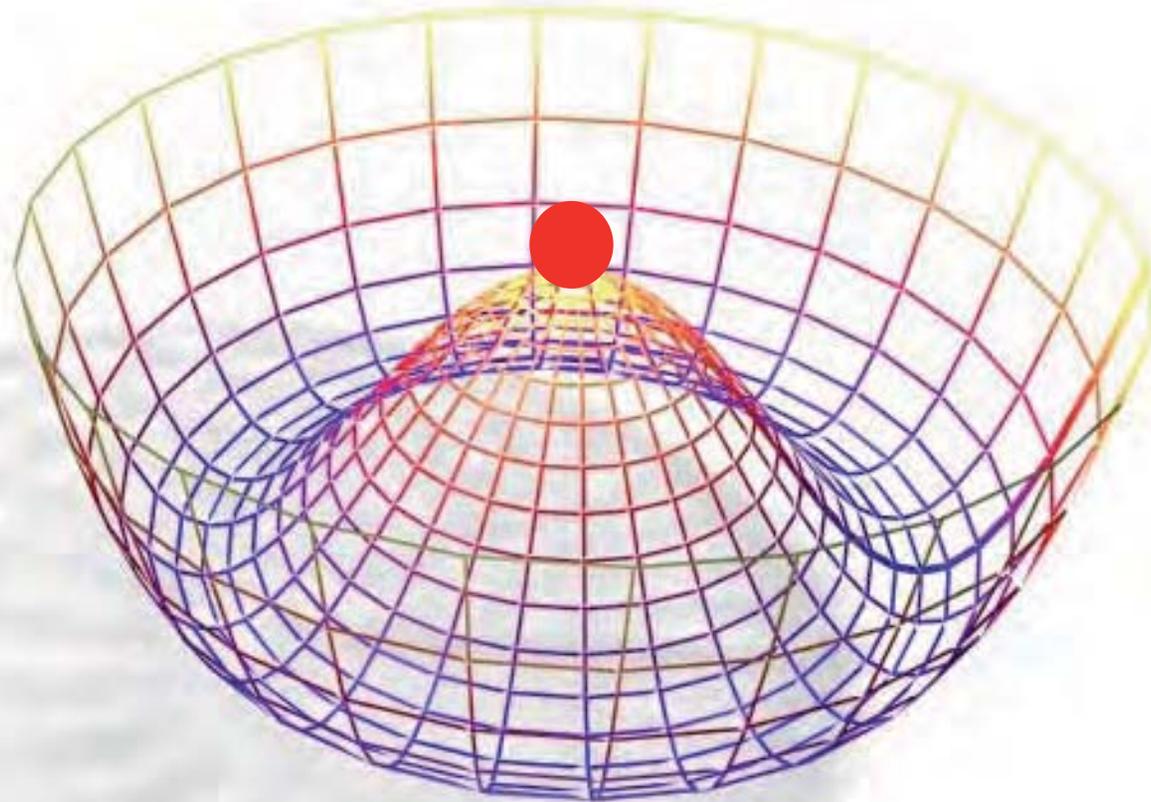
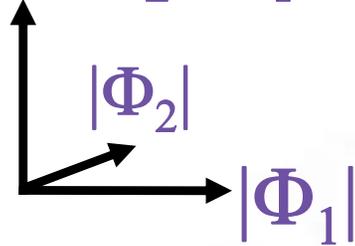


Abwesenheit des
Higgsfeldes
(Feldstärke = 0)
entspricht NICHT der
niedrigsten Energie



Das Higgs-Potential

$V(\Phi_2, \Phi_1)$



**Zweidimensionale Projektion des
4-dimensionalen Higgs-Potentiales**

Eine Analogie



Teilchen erhalten durch Wechselwirkung mit Higgsfeld ihre Masse



Schwingungen des Higgsfeldes = Higgs-Boson

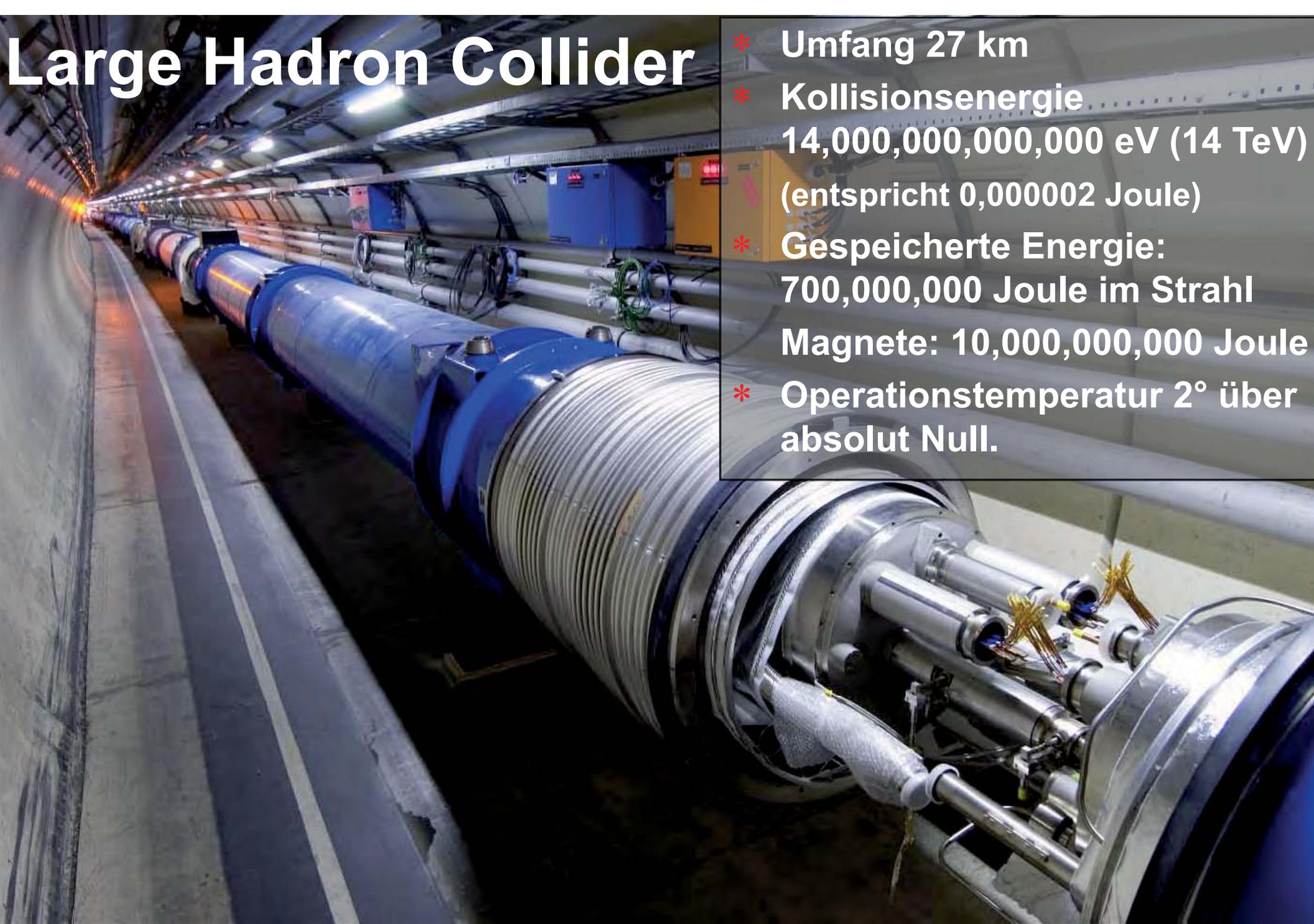
Die Suche nach dem Higgs-Boson

Elektronen-Volt



14 TeV entspricht 420 Millionen km (~3 AE)

Large Hadron Collider

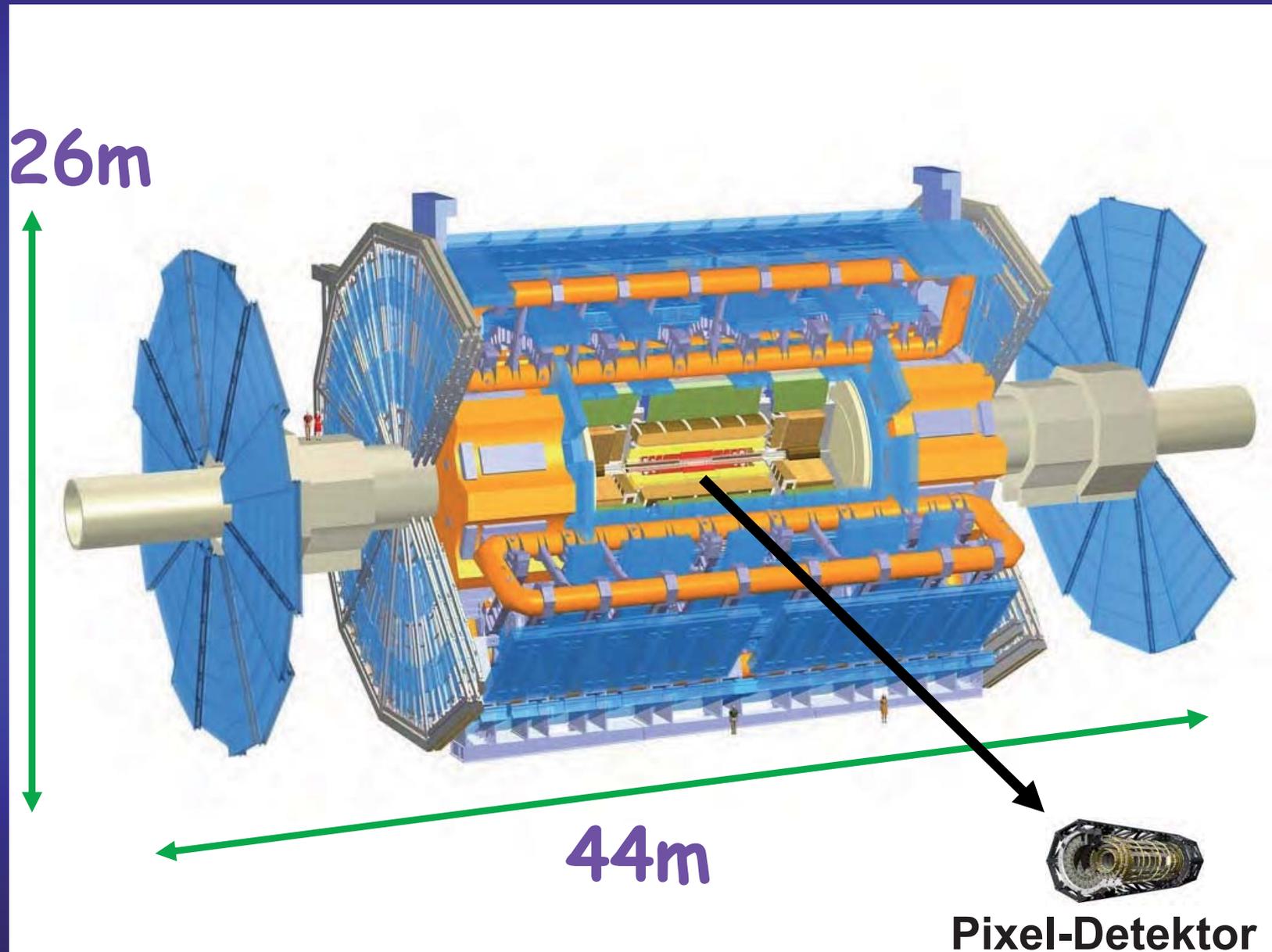


- * Umfang 27 km
- * Kollisionsenergie
14,000,000,000,000 eV (14 TeV)
(entspricht 0,000002 Joule)
- * Gespeicherte Energie:
700,000,000 Joule im Strahl
Magnete: 10,000,000,000 Joule
- * Operationstemperatur 2° über
absolut Null.

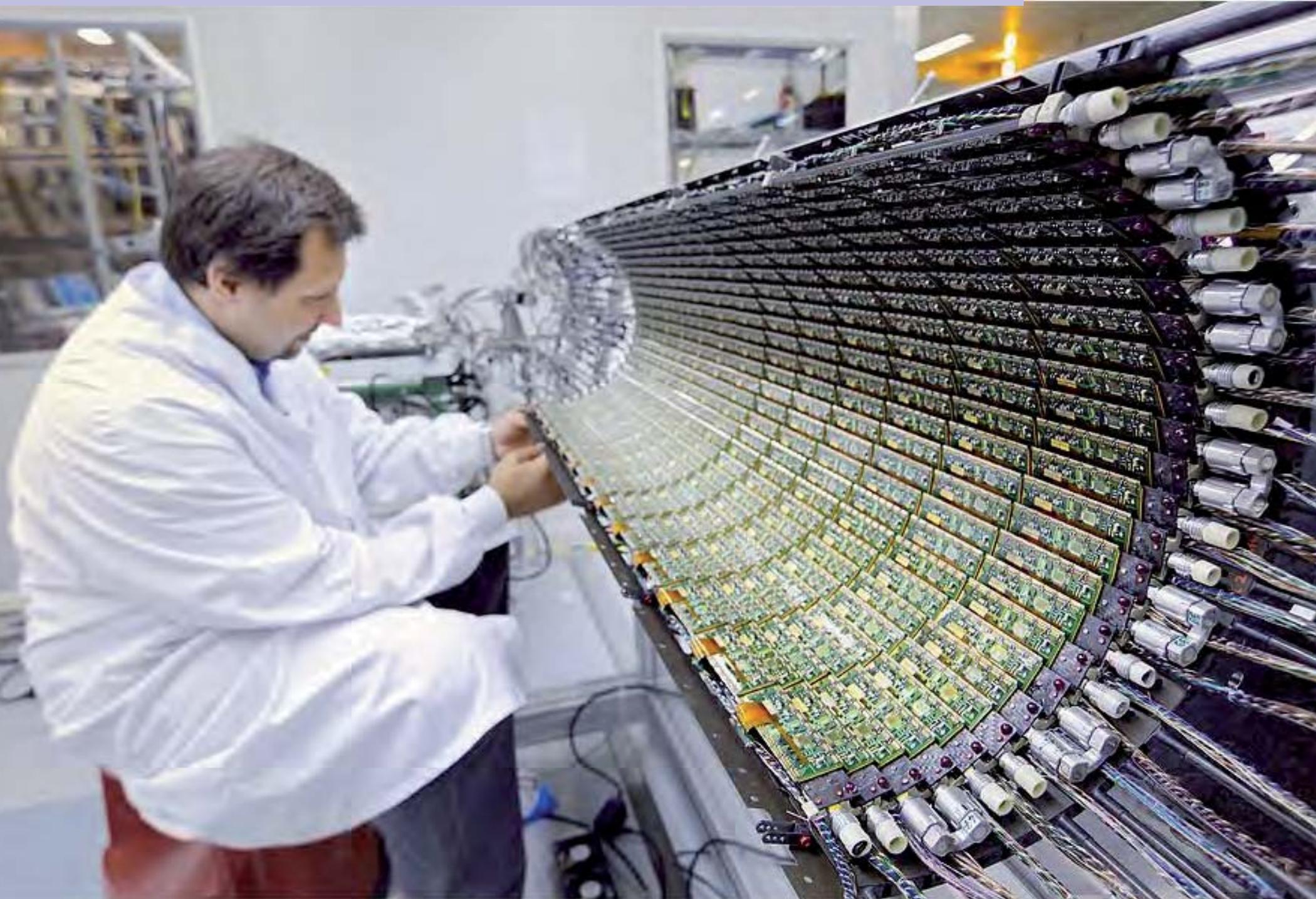
LHC

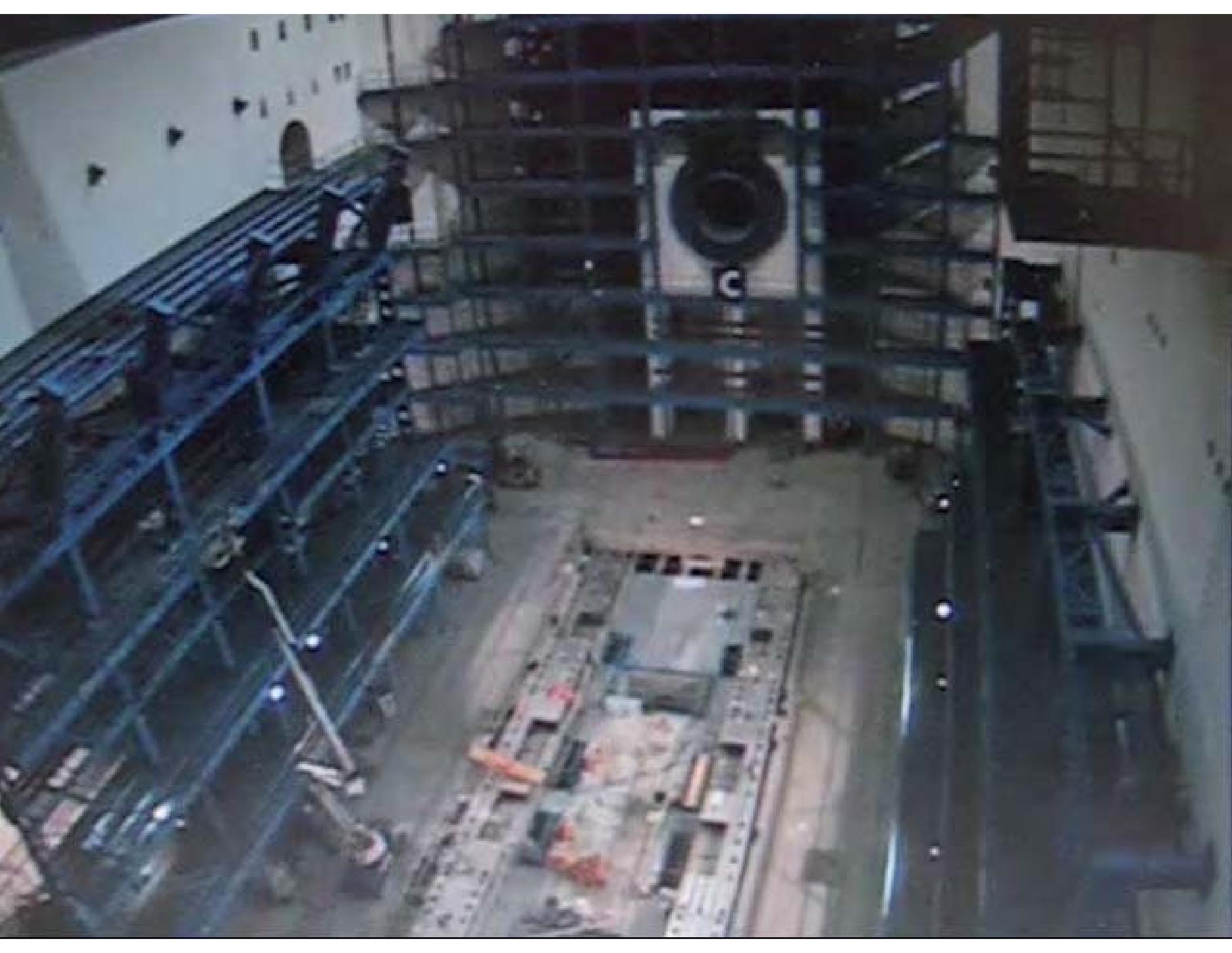


Der ATLAS-Detektor

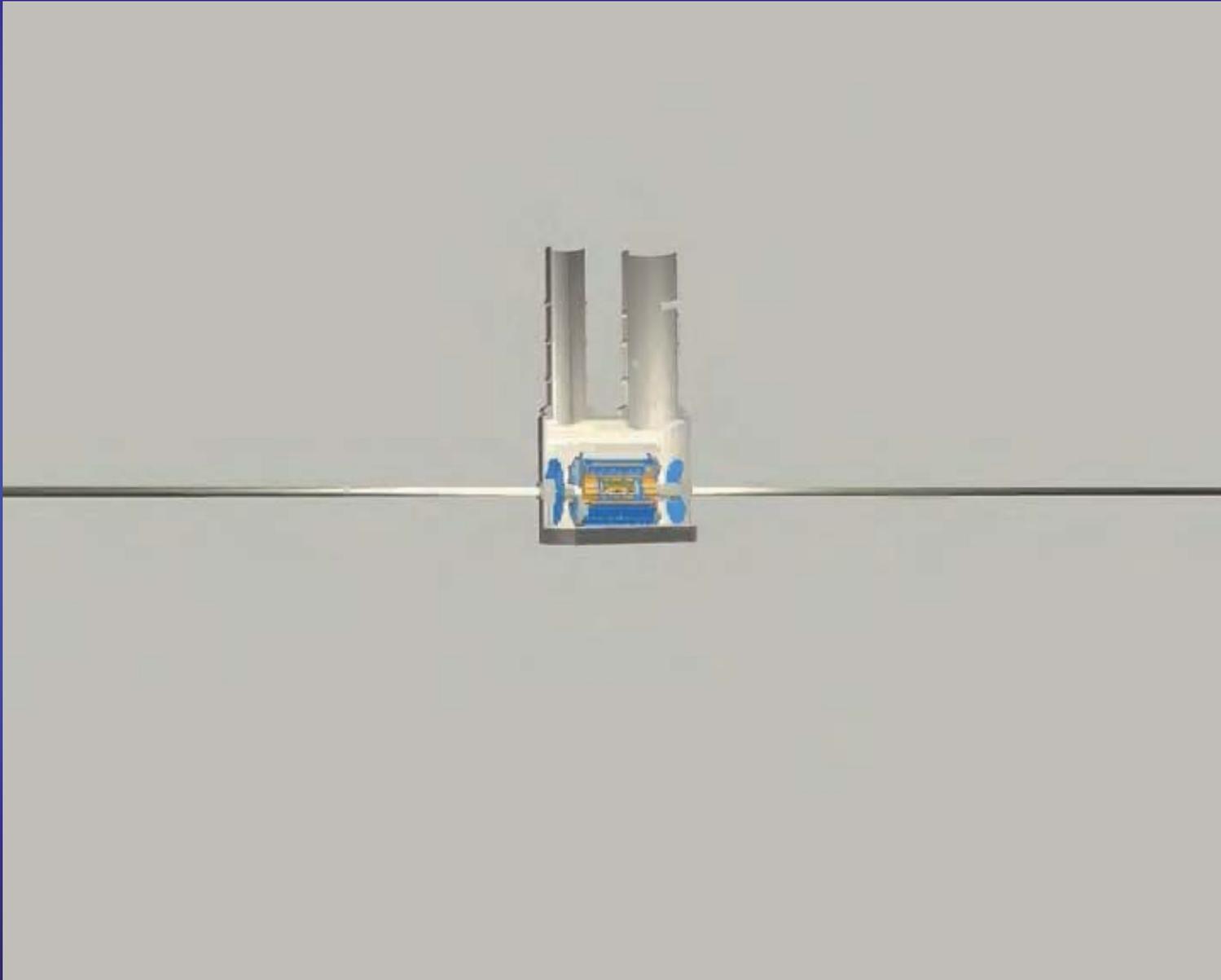


Eine Lage des ATLAS-Pixel-Detektors



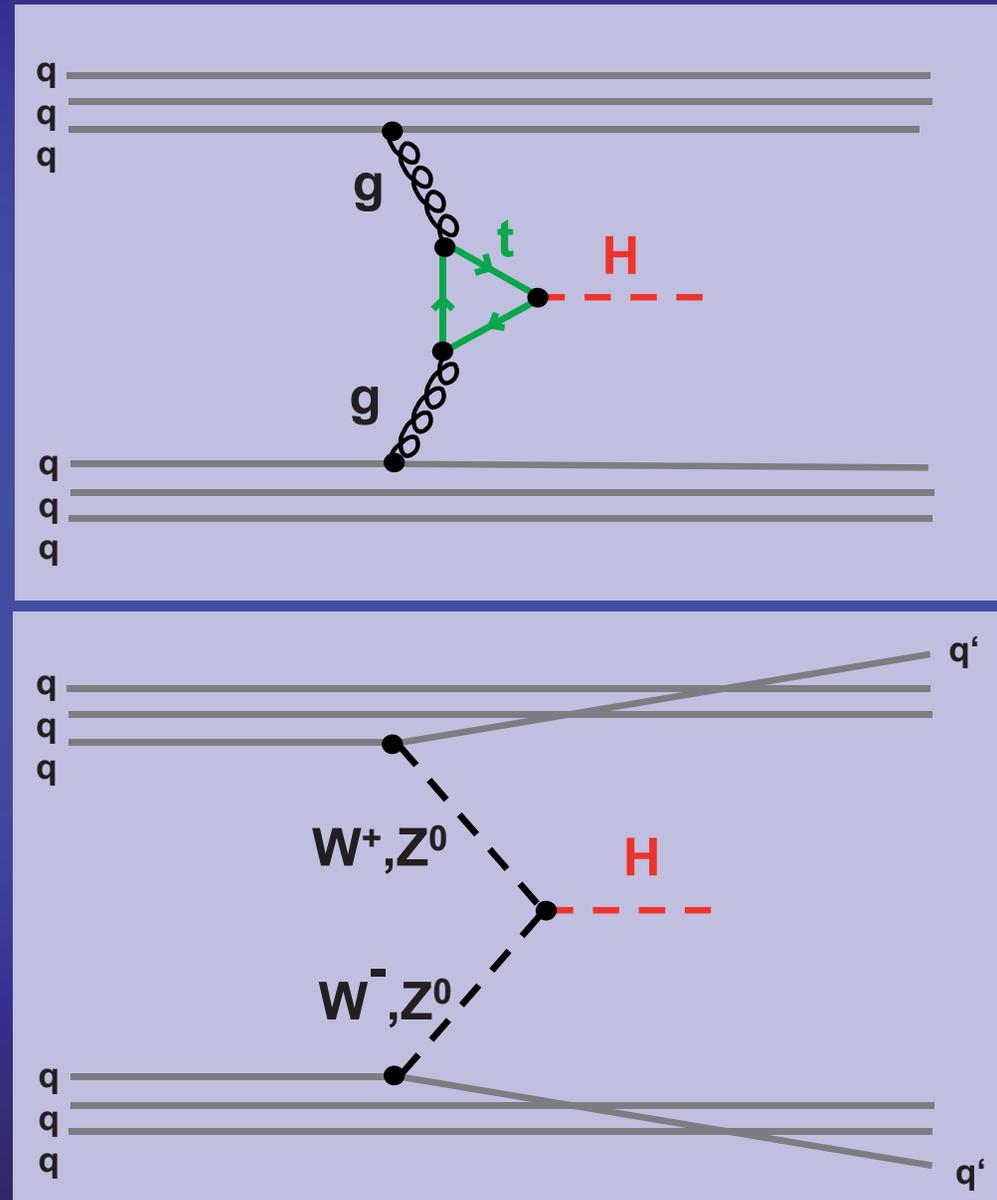


Proton-Proton-Kollisionen bei hoher Energie

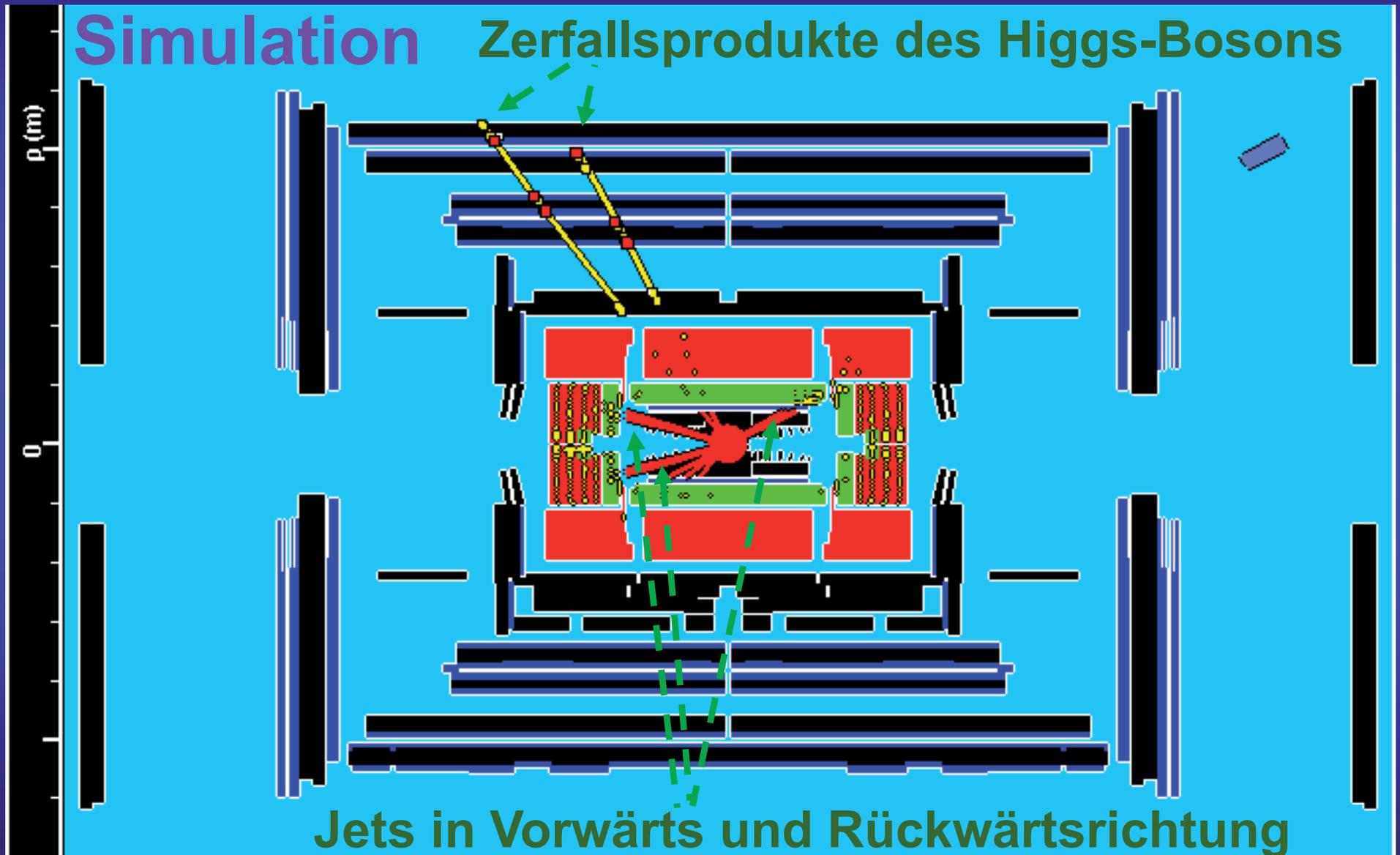


Erzeugung von Higgs-Teilchen am LHC

- * Higgs koppelt gerne an schwere Teilchen \rightarrow nur seltene Prozesse erzeugen Higgs-Bosonen
- * Chance ein Higgs in einer Kollision zu erzeugen:
1 zu 4,000,000,000
- * „Bonner“ Suchkanal:
Vektor-Boson-Fusion
 $H \rightarrow \tau\tau$ und $H \rightarrow W W^{(*)}$



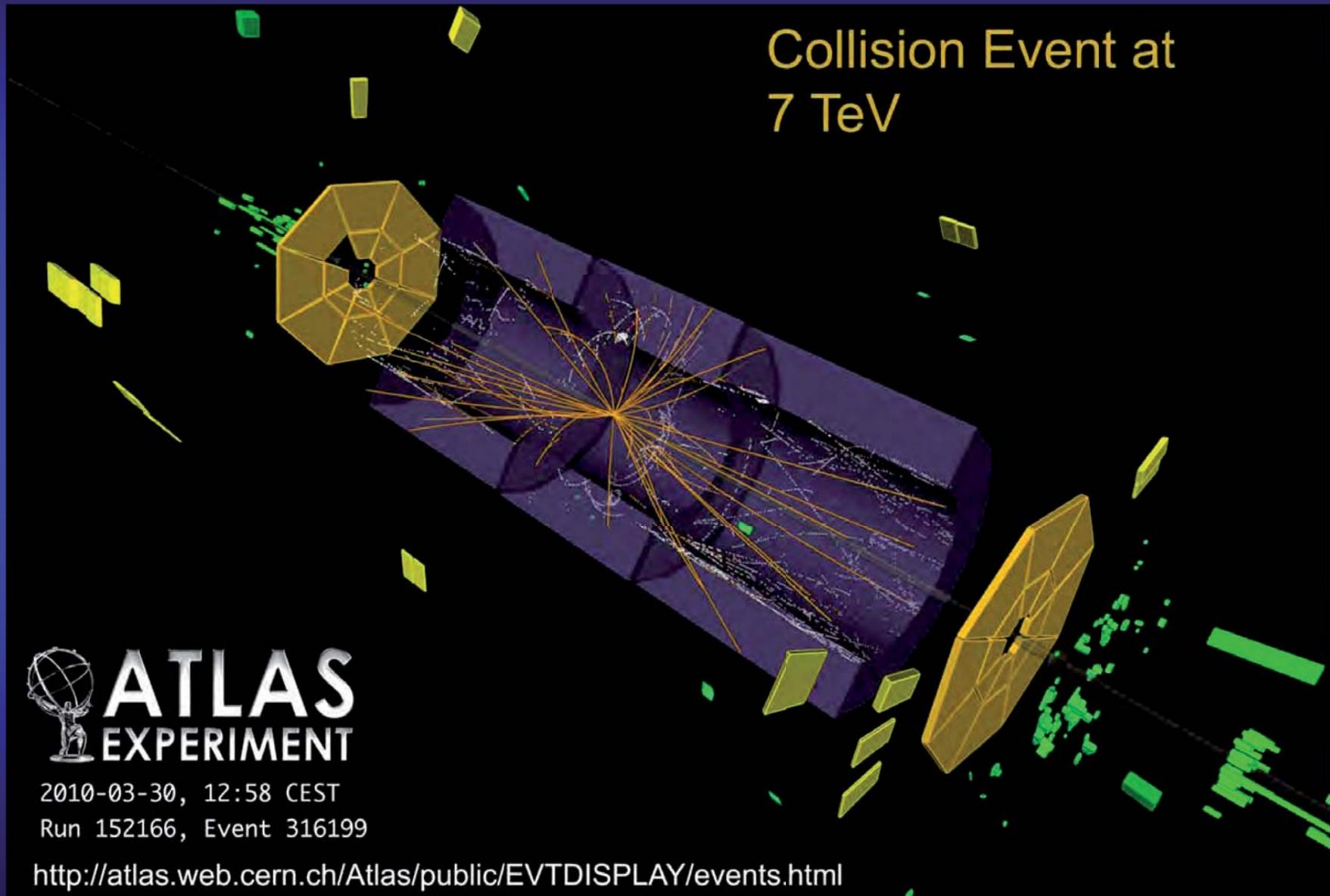
Ein Higgs-Ereignis mit ATLAS



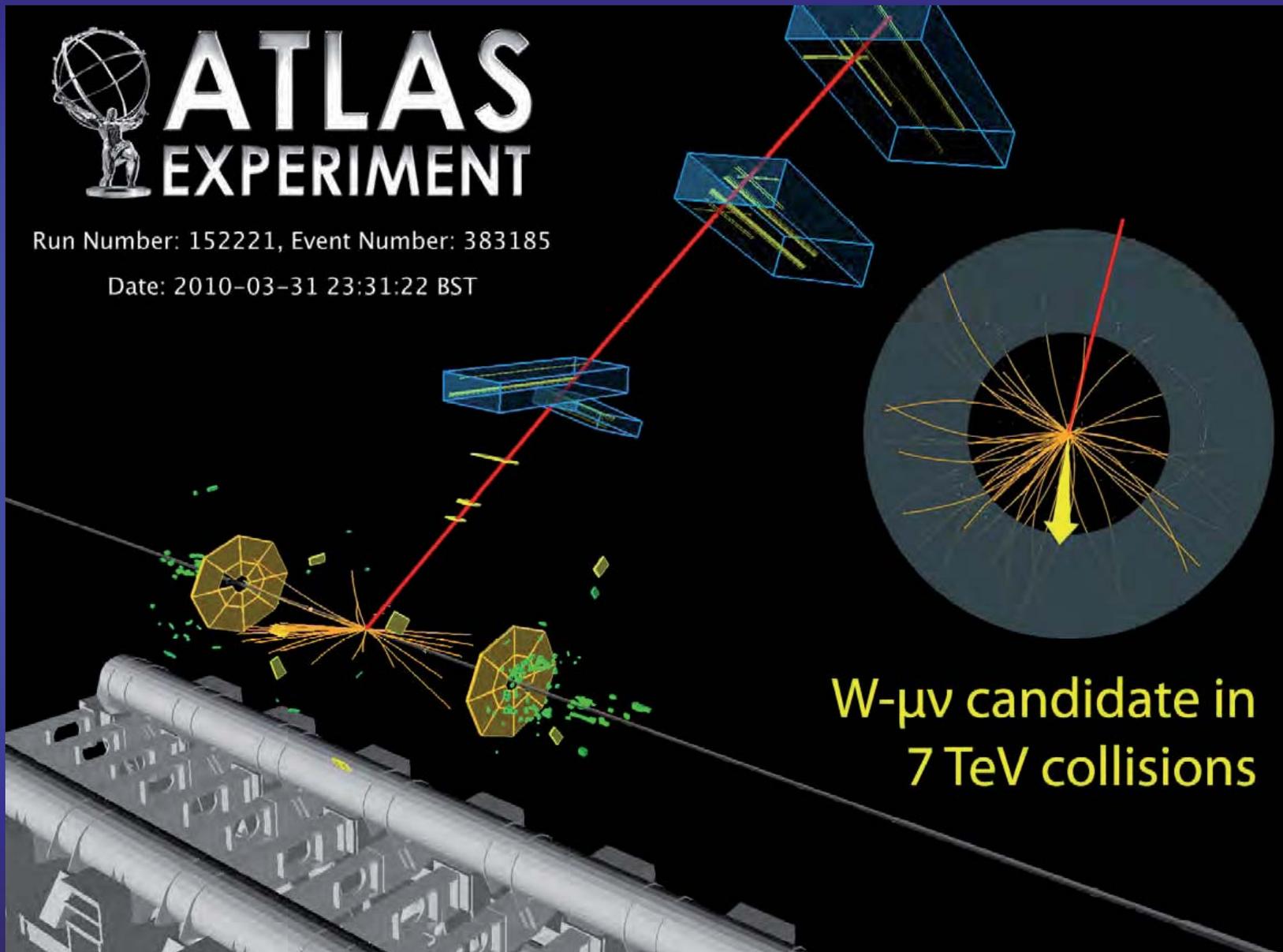
Erste Daten vom LHC



Erste Daten vom LHC



Erste Daten vom LHC



Grid-Computing

* Datenverarbeitung

Kollisionen alle 25
Nano-Sekunden ($c=30$
cm/ns)

Petabytes pro Sekunde

75 Kollisionen pro
Sekunde werden
gespeichert

(~1 CD pro Sekunde)

* Auswertung:

Weltweites Netzwerk
aus Computerclustern
→ das GRID



Zum Schluss

- * Datennahme am Large Hadron Collider seit 2008, bei hohen Energien seit Ende März 2010
- * Die Suche nach dem Higgsboson hat begonnen!
- * Physiker in allen Stufen der Ausbildung nehmen an Experimenten der Elementarteilchenphysik teil (Diplomanden, Doktoranden, Post-Docs, Senior Researchers)
- * Forschung in einem internationalen Umfeld

Weiterführende Information

- * <http://www.cern.ch> „where the web was born“
- * <http://www.interactions.org/quantumuniverse/qu/report/index.html>
- * Higgs-Potential-Plot: Kylie Kranmer, Mathematica,
<http://www.theoryandpractice.org/>
- * <http://microcosm.web.cern.ch>
- * http://microcosm.web.cern.ch/Microcosm/RF_cavity/ex.html
- * <http://www.planetenlehrpfad-bonn.de/>
- * <http://www.teilchenphysik.org>
- * H. Davoudiasl, H. Murayama et al., [hep-ph/0405097](http://arxiv.org/abs/hep-ph/0405097)