

Das Leben als Teilchenphysiker

Wie konnte das nur passieren?



TECHNISCHE
UNIVERSITÄT
DRESDEN



NETZWERK
TEILCHENWELT

Teil 1: Warum Teilchenphysik?

Eine gute Frage!





Das Leben besteht aus Fragen

Wer?

Wie?

Was?

Wieviel?

Wann?

Wo?



Heute:

- Warum Physik/Teilchenphysik?
- Wie wird man Physiker?
- Was untersuchen Teilchenphysiker?
- Wie forschen Teilchenphysiker?
- Wo kann man forschen?
- Kann ich jetzt schon mitmachen?

Warum Physik?

- Beschreibt die Welt um uns herum!
- Interessante Probleme zu lösen
- Breite Ausbildung, vielerorts einsetzbar
- Nicht so theoretisch wie Mathematik, nicht so praktisch wie z.B. Elektrotechnik
- Herausforderung

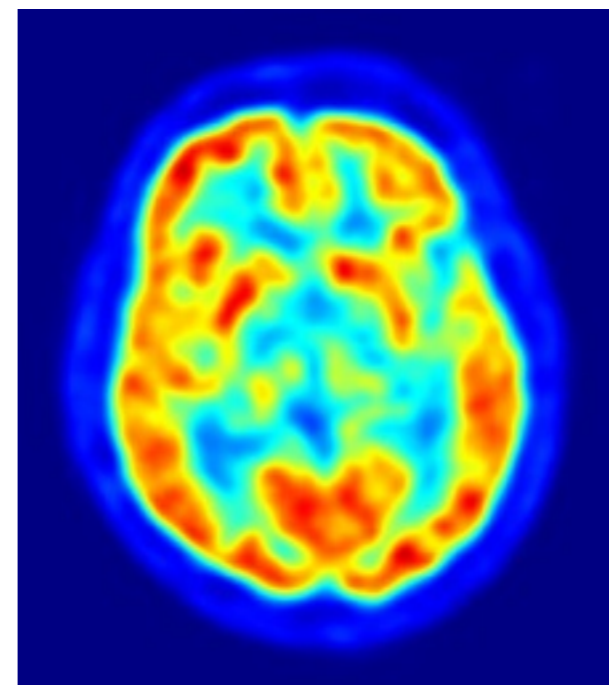
Warum Teilchenphysik?

- Interesse und Neugier!
- Erkenntnisgewinn über Geschichte, Funktionsweise und Aufbau des Universums
- Anwendungen:

World Wide Web



Medizin



Teil 2: Arbeiten in der Teilchenphysik

Der lange Weg in die Schweiz



Schritt 1: Teilchenphysiker werden

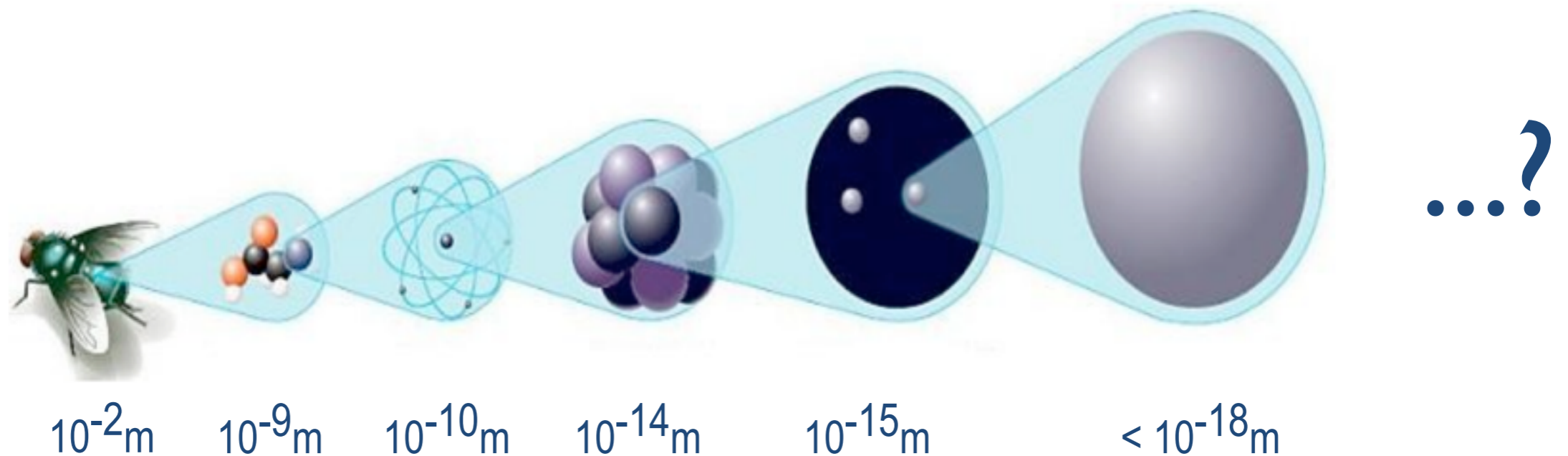
- 1. Physik studieren:
 - ist anspruchsvoll -> muss Spaß machen
 - vorab informieren -> Studieninformationen
- 2. sich auf Teilchenphysik spezialisieren
 - Festkörperphysik, Atomphysik, Kernphysik, Biophysik, theoretische/mathematische Physik dürfen nicht interessanter sein
 - vorher schauen ob die Uni ein teilchenphysikalisches Institut hat
 - Bachelorarbeit bietet meist erste Forschungserfahrung

Schritt 2: Teilchenphysiker sein

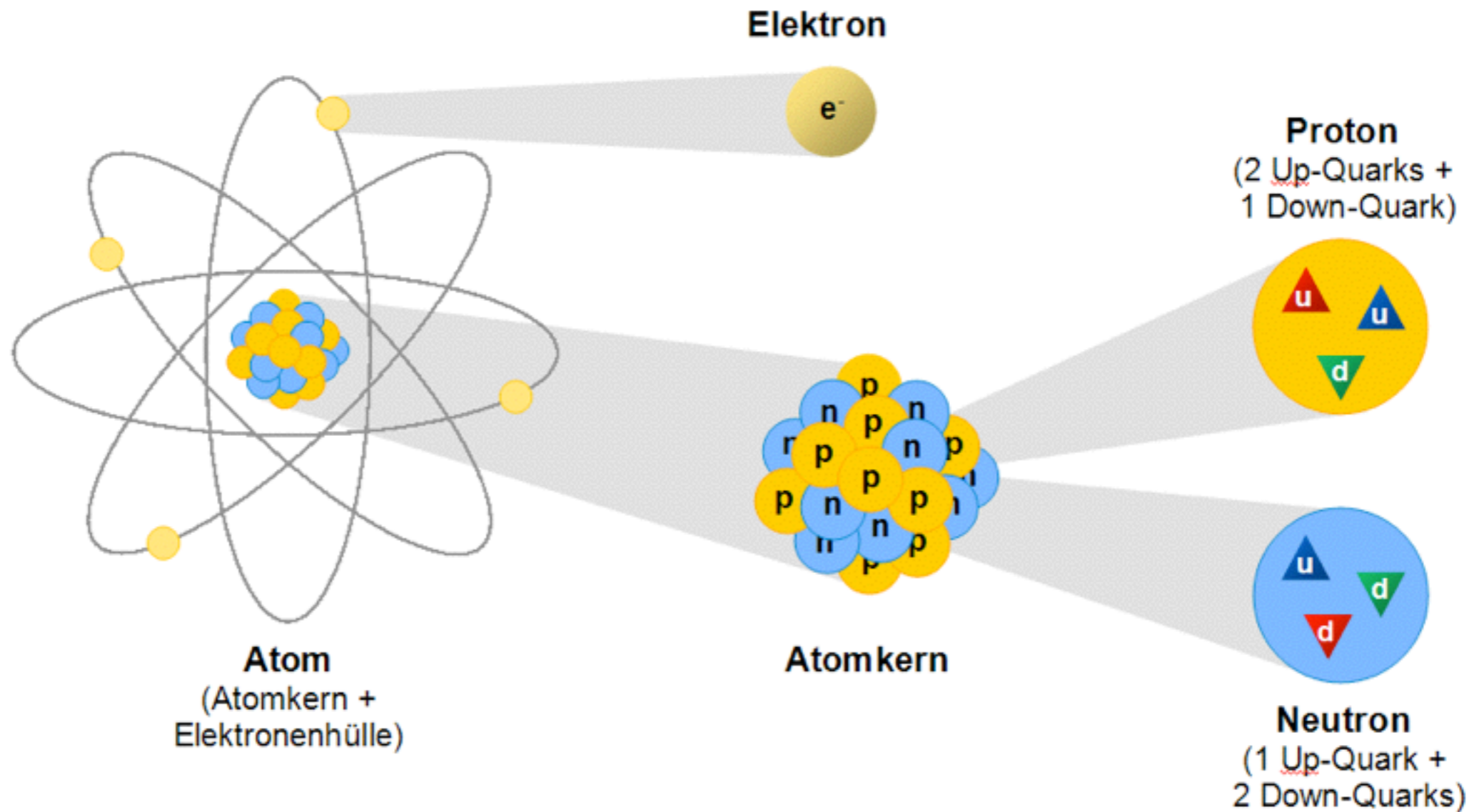
- **Theoretischer Teilchenphysiker:**
 - macht Berechnungen im Standardmodell
 - denkt über Erweiterungen des Standardmodells nach
- **Experimenteller Teilchenphysiker**
 - überprüft die Vorhersagen der Theoretiker
 - sollte auch Ahnung von Theorie haben -> wichtig für Interpretation

Was erforscht man dann?

- die fundamentalen Bausteinen der Natur und ihren Wechselwirkungen



Bausteine der Materie



- alle stabile Materie ist aufgebaut aus Elektronen und Up und Down Quarks

Bausteine der Materie

Drei Generationen
der Materie (Fermionen)

	I	II	III
Masse →	2,4 MeV	1,27 GeV	171,2 GeV
Ladung →	$\frac{2}{3}$	$\frac{2}{3}$	$\frac{2}{3}$
Spin →	$\frac{1}{2}$	$\frac{1}{2}$	$\frac{1}{2}$
Name →	u up	c charm	t top
Quarks	4,8 MeV	104 MeV	4,2 GeV
	$-\frac{1}{3}$	$-\frac{1}{3}$	$-\frac{1}{3}$
	$\frac{1}{2}$	$\frac{1}{2}$	$\frac{1}{2}$
	d down	s strange	b bottom
Leptonen	0,511 MeV	105,7 MeV	1,777 GeV
	-1	-1	-1
	$\frac{1}{2}$	$\frac{1}{2}$	$\frac{1}{2}$
	e Elektron	μ Myon	τ Tau
	<2,2 eV	<0,17 MeV	<15,5 MeV
	0	0	0
	$\frac{1}{2}$	$\frac{1}{2}$	$\frac{1}{2}$
	ν_e Elektron- Neutrino	ν_μ Myon- Neutrino	ν_τ Tau- Neutrino

Bausteine der Materie

Drei Generationen der Materie (Fermionen)

	I	II	III
Masse	2,4 MeV	1,27 GeV	171,2 GeV
Ladung	$\frac{2}{3}$	$\frac{2}{3}$	$\frac{2}{3}$
Spin	$\frac{1}{2}$	$\frac{1}{2}$	$\frac{1}{2}$
Name	u up	c charm	t top
	4,8 MeV	104 MeV	4,2 GeV
	$-\frac{1}{3}$	$-\frac{1}{3}$	$-\frac{1}{3}$
	$\frac{1}{2}$	$\frac{1}{2}$	$\frac{1}{2}$
Quarks	d down	s strange	b bottom
	0,511 MeV	105,7 MeV	1,777 GeV
	-1	-1	-1
	$\frac{1}{2}$	$\frac{1}{2}$	$\frac{1}{2}$
Leptonen	e Elektron	μ Myon	τ Tau
	<2,2 eV	<0,17 MeV	<15,5 MeV
	0	0	0
	$\frac{1}{2}$	$\frac{1}{2}$	$\frac{1}{2}$
	ν_e Elektron-Neutrino	ν_μ Myon-Neutrino	ν_τ Tau-Neutrino

Bausteine aller stabilen Materie

Schwerere Kopien der ersten Generation, instabil

Was ist Teilchenphysik?

- Lehre von den fundamentalen Bausteinen der Natur und ihren Wechselwirkungen.

Gravitation



Elektro-
magnetismus



schwache
Kraft



starke
Kraft



Wechselwirkungen

- 4 Wechselwirkungen erklären alle physikalischen Phänomene



Planetenbewegung



Elektromagnetische Wellen, Zusammenhalt von Atomen, Chemie, Magnetismus



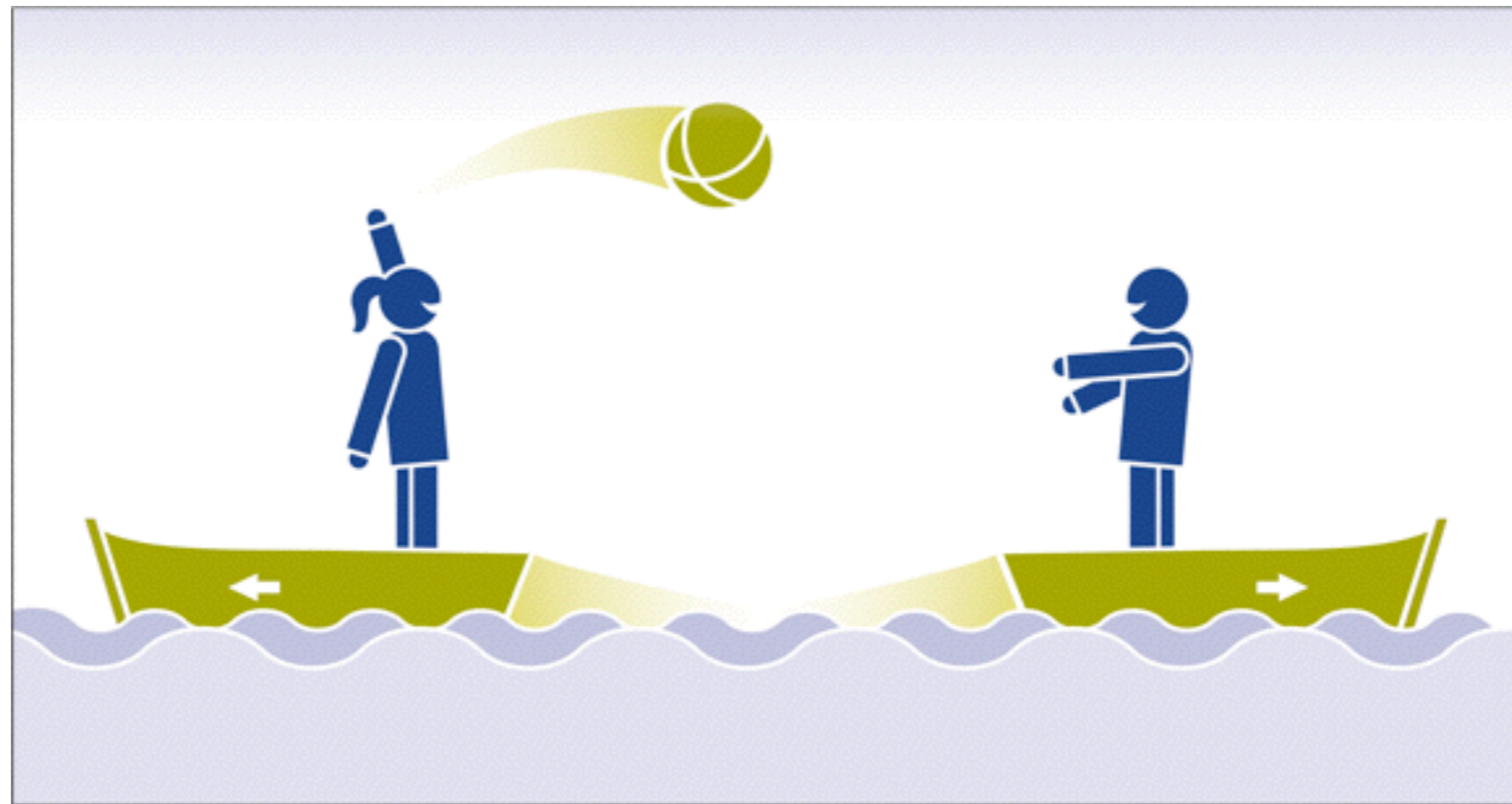
Kernzerfälle (Betazerfall), Kernfusion, Wechselwirkung von Neutrinos mit Materie



Anziehung zwischen Quarks, Zusammenhalt von Atomkernen

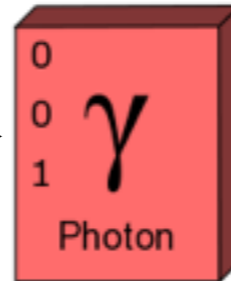
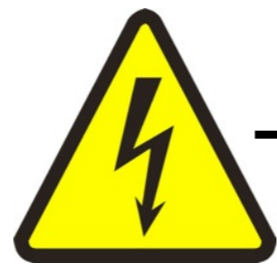
Wechselwirkungen, wie?

- durch Austauschteilchen

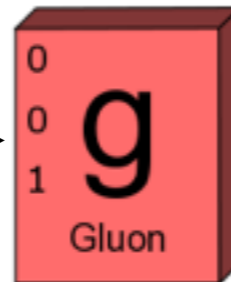


- Quarks und Leptonen “kommunizieren” untereinander indem sie Austauschteilchen aussenden/einfangen

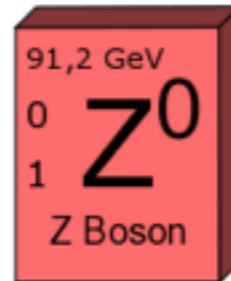
Wechselwirkungen, wer?



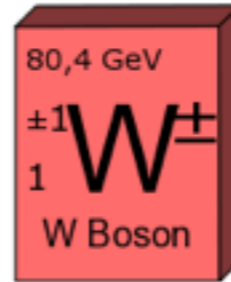
Photon: elektronmagnetische Wechselwirkung



Gluon: starke Wechselwirkung



Z- und W-Bosonen: schwache Wechselwirkung

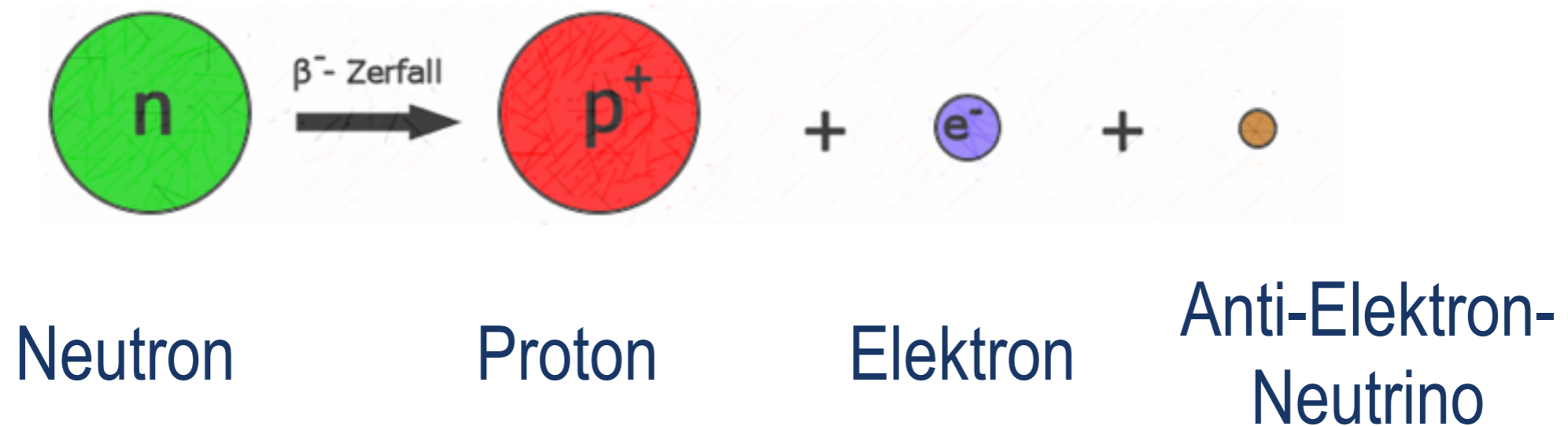


Eichbosonen



???

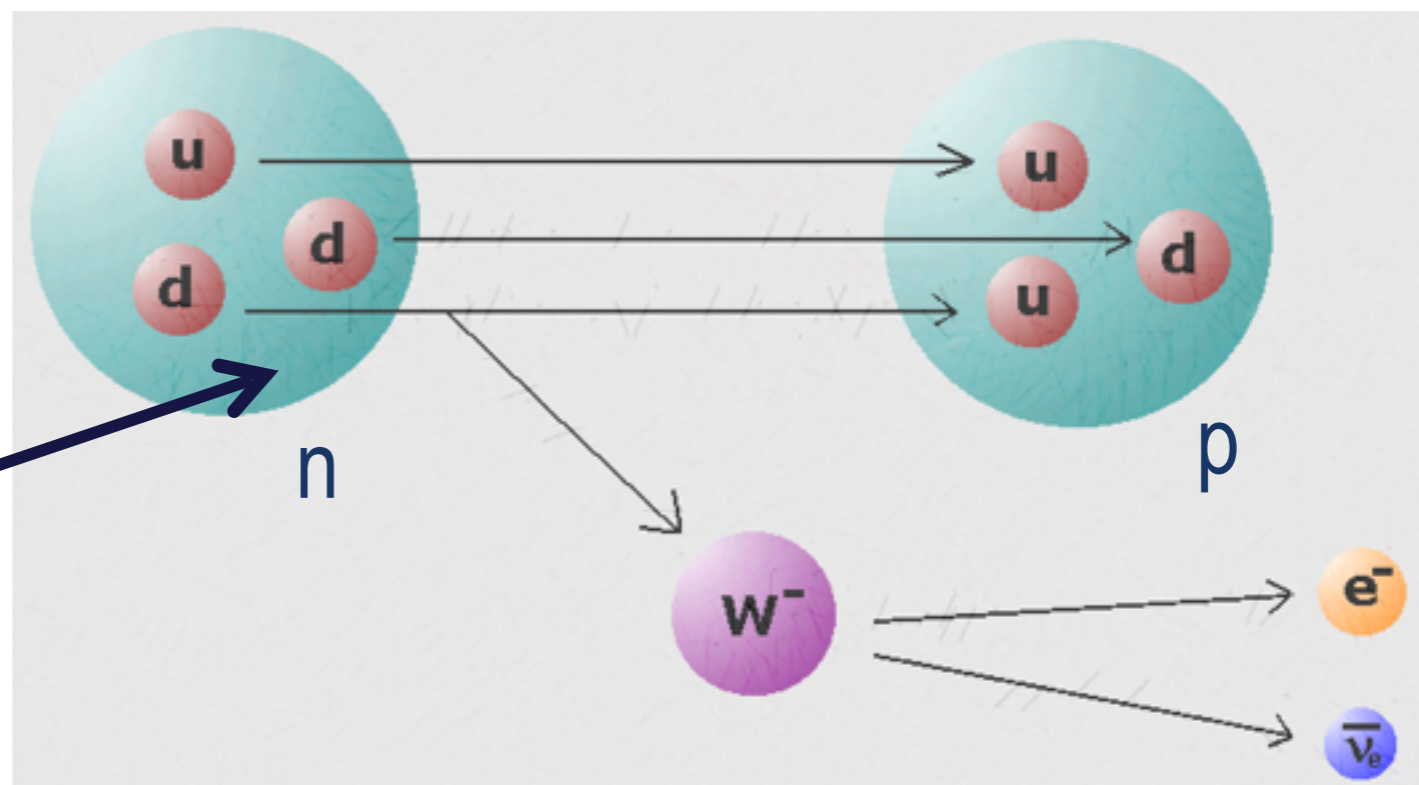
Beispiel Betazerfall: das W-Boson & die schwache Wechselwirkung



Schau genauer hin!

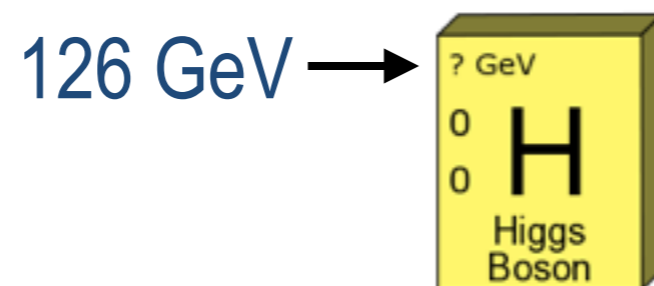
Im Neutron wandelt sich ein d-Quark in ein u-Quark um!
Ein **W-Teilchen** wird ausgesandt.

Animation!



Warum braucht es das Higgs?

- Standardmodell beste Erklärung der Natur die wir haben
- Massen der Elementarteilchen im Standardmodell nicht “einfach so” einführbar
- Higgs-Mechanismus ermöglicht dies, bedingt Existenz des Higgs-Teilchens
- fehlendes Puzzle-Teil -> Higgs-Teilchen



Standardmodell

Drei Generationen
der Materie (Fermionen)

	I	II	III		
Masse →	2,4 MeV	1,27 GeV	171,2 GeV	0	? GeV
Ladung →	$\frac{2}{3}$	$\frac{2}{3}$	$\frac{2}{3}$	0	0
Spin →	$\frac{1}{2}$	$\frac{1}{2}$	$\frac{1}{2}$	1	0
Name →	u up	c charm	t top	γ Photon	H Higgs Boson
	4,8 MeV	104 MeV	4,2 GeV	0	
	$-\frac{1}{3}$	$-\frac{1}{3}$	$-\frac{1}{3}$	0	
	$\frac{1}{2}$	$\frac{1}{2}$	$\frac{1}{2}$	1	
Quarks	d down	s strange	b bottom	g Gluon	
	0,511 MeV	105,7 MeV	1,777 GeV	91,2 GeV	
	-1	-1	-1	0	
	$\frac{1}{2}$	$\frac{1}{2}$	$\frac{1}{2}$	1	
	e Elektron	μ Myon	τ Tau	Z^0 Z Boson	
	<2,2 eV	<0,17 MeV	<15,5 MeV	80,4 GeV	
	0	0	0	± 1	
	$\frac{1}{2}$	$\frac{1}{2}$	$\frac{1}{2}$	1	
Leptonen	ν_e Elektron- Neutrino	ν_μ Myon- Neutrino	ν_τ Tau- Neutrino	W^\pm W Boson	Eichbosonen

Teil 2: Wie forscht man?

Kann man Theorien beweisen?



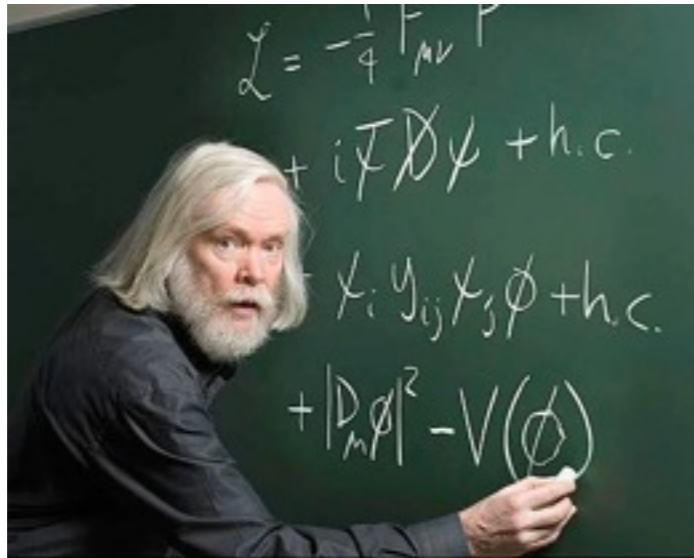
Kann man Theorien beweisen?

- Erkenntnistheorie (z.B. Karl Popper):
- Nein, kann man nicht, man kann sie nur widerlegen



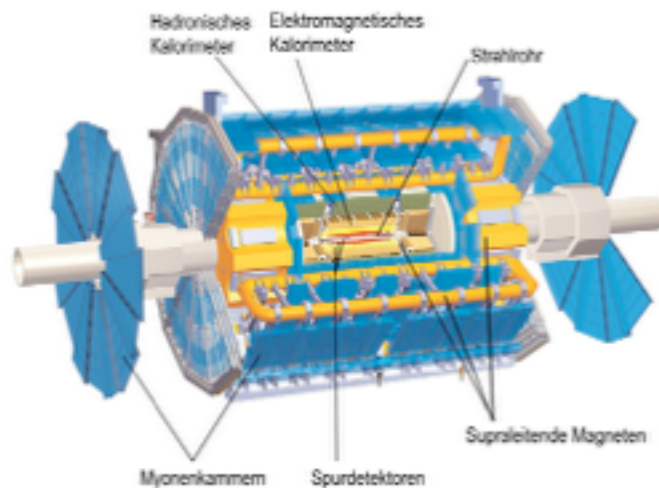
- Postulierte Pokerregeln -> Theorie
- Beobachtung von Pokerspielen-> Experiment

Konkret in der Teilchenphysik



Theorie

- Standardmodell
- Macht Vorhersagen über:
 - Art und Weise wie Teilchen wechselwirken
 - Häufigkeiten dieser Wechselwirkungen



Experiment

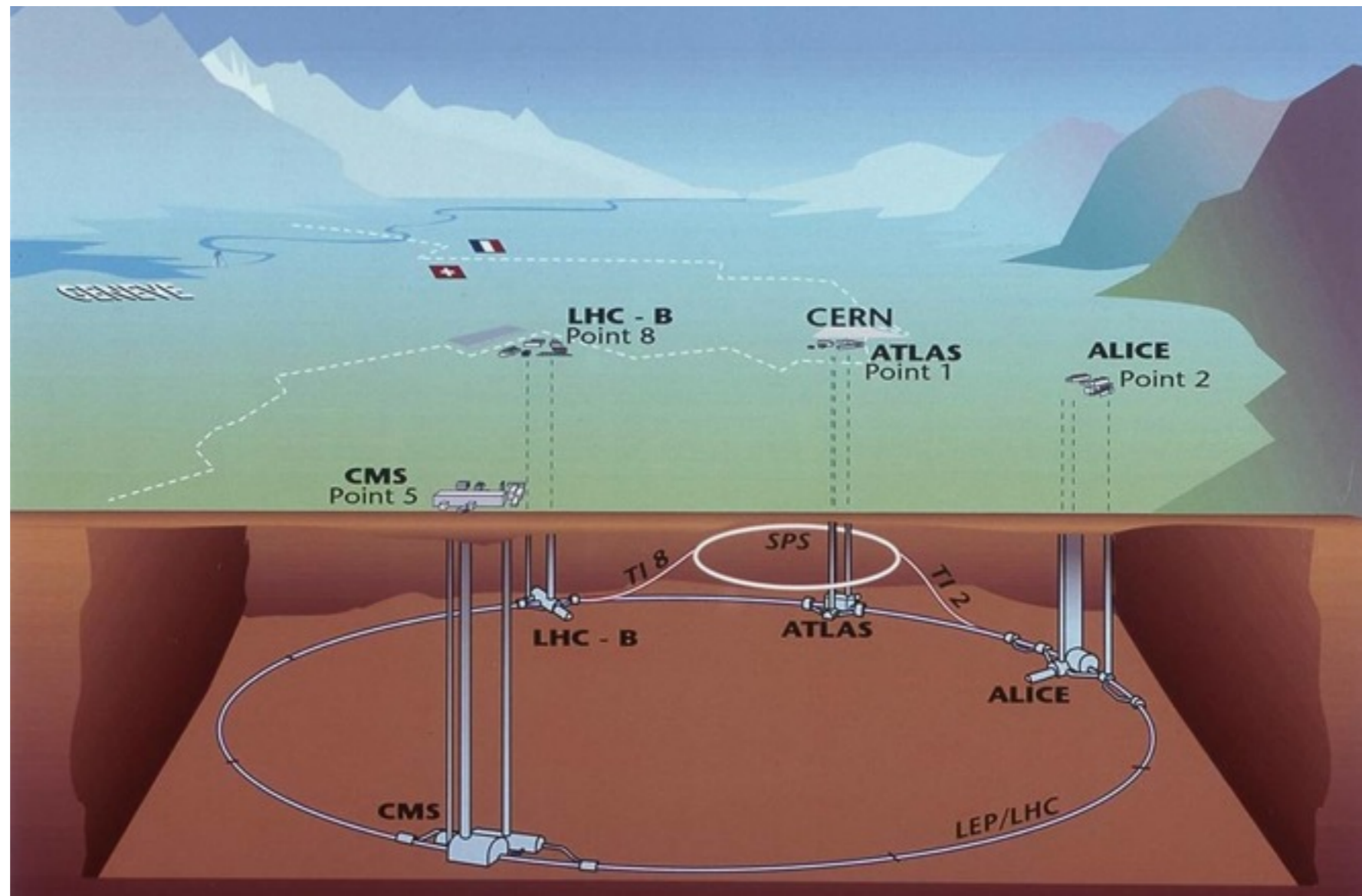
- z.B. ATLAS u. CMS am LHC
- prüft ob die Vorhersagen der Theorie stimmen
 - Aufnahme von Teilchenkollisionen
 - Vergleich der erhaltenen Daten mit Simulation

Das CERN

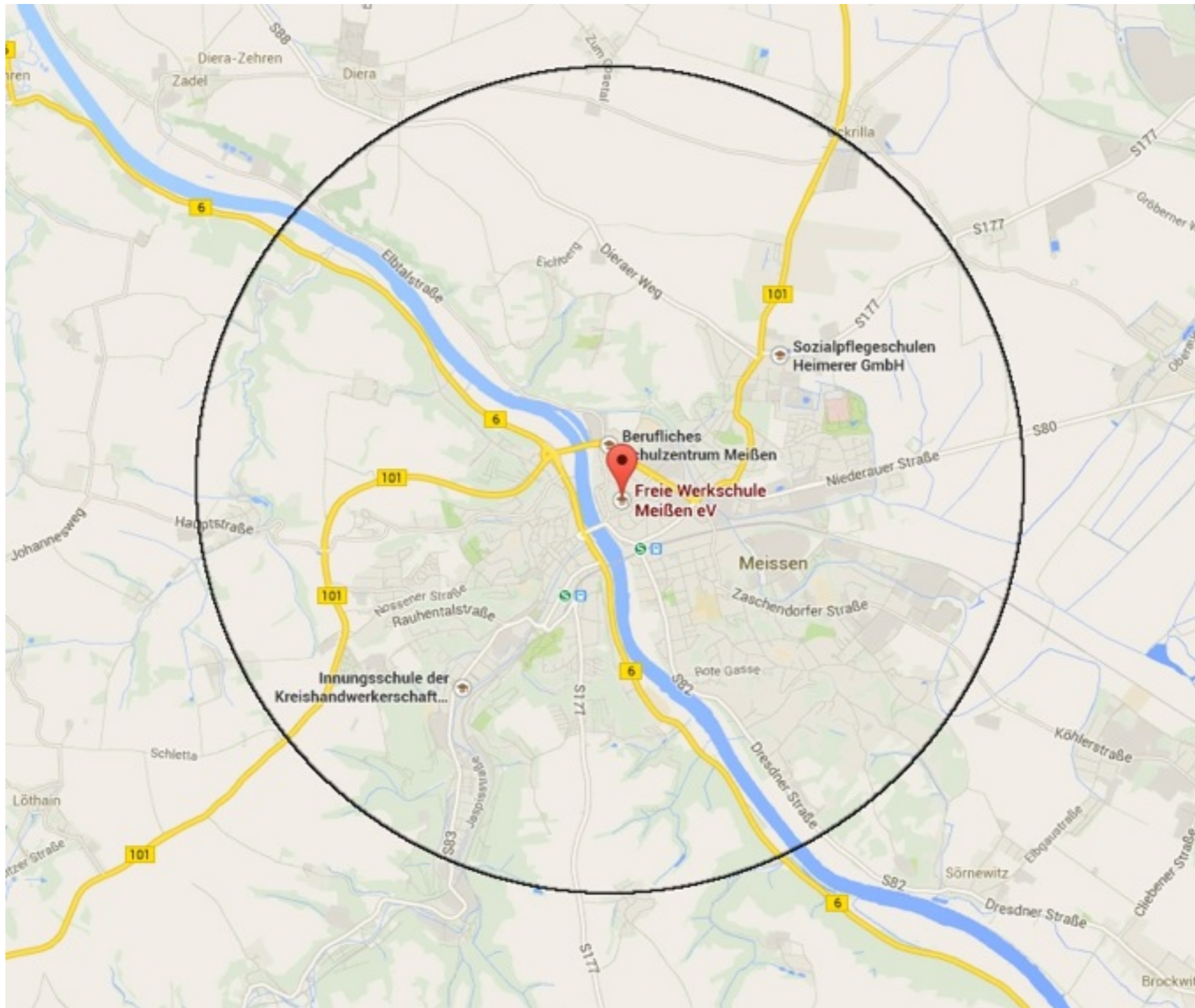
(Conseil Européen pour la Recherche Nucléaire)



Der LHC (Large Hadron Collider)



Der LHC (Large Hadron Collider)

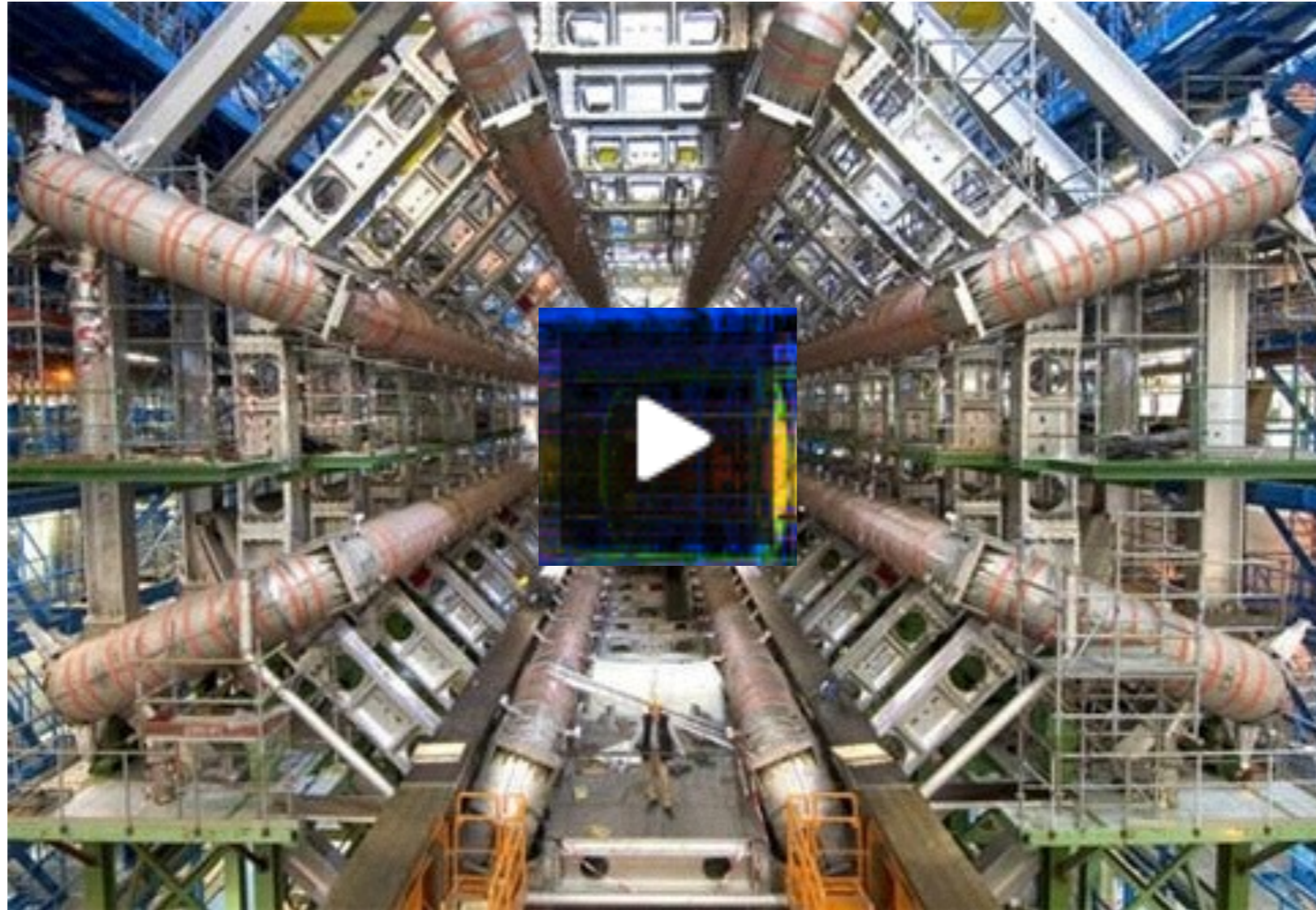


Wer ist ATLAS?



37 Länder
173 Institute
3000 Wissenschaftler

Im Schnelldurchlauf



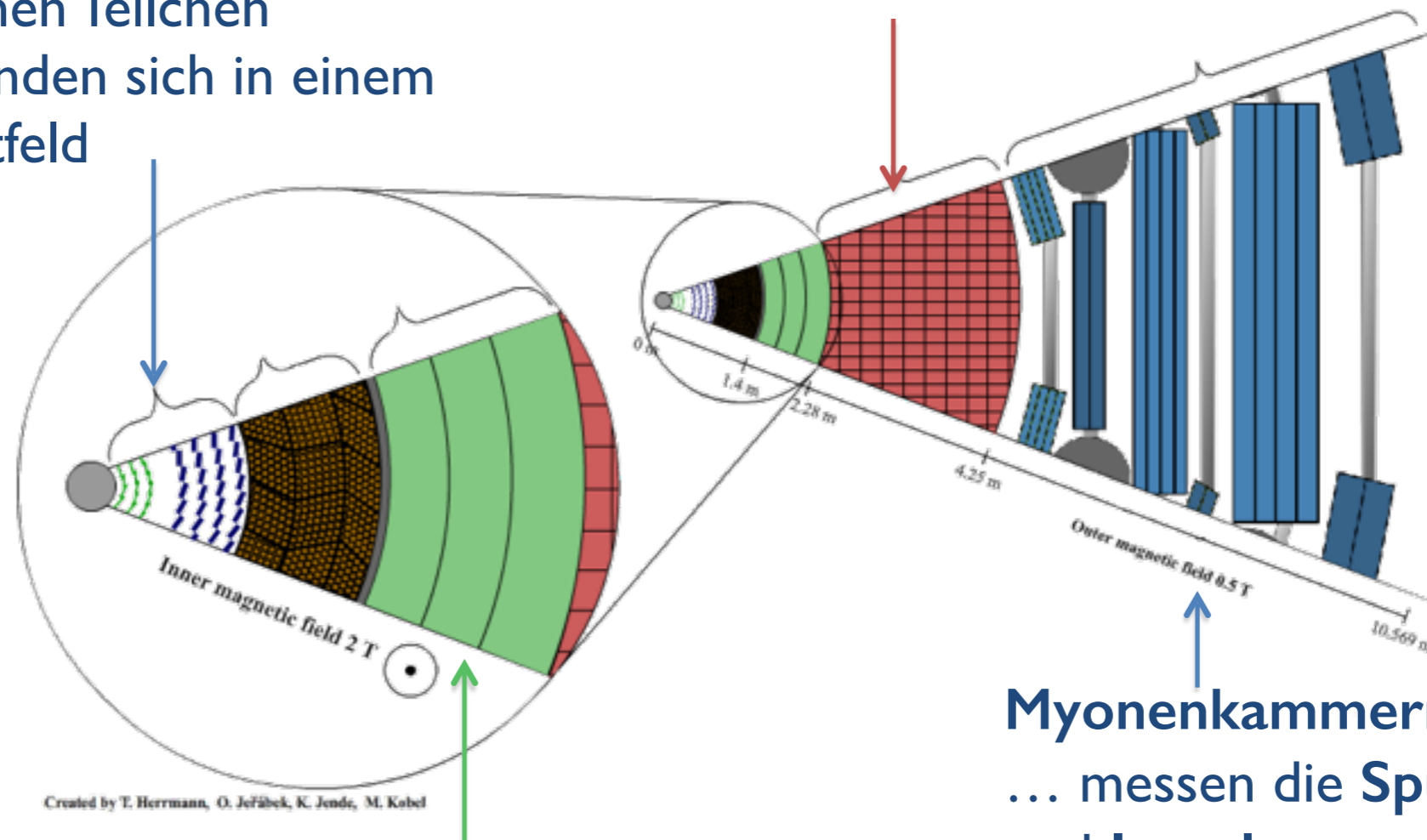
Der ATLAS-Detektor

Spurdetektoren

... messen die **Spuren**
und **Impulse** von
geladenen Teilchen
... befinden sich in einem
Magnetfeld

Hadronisches Kalorimeter

... misst die **Energie** von Hadronen
(= aus Quarks bestehende Teilchen)



Elektromagnetisches Kalorimeter

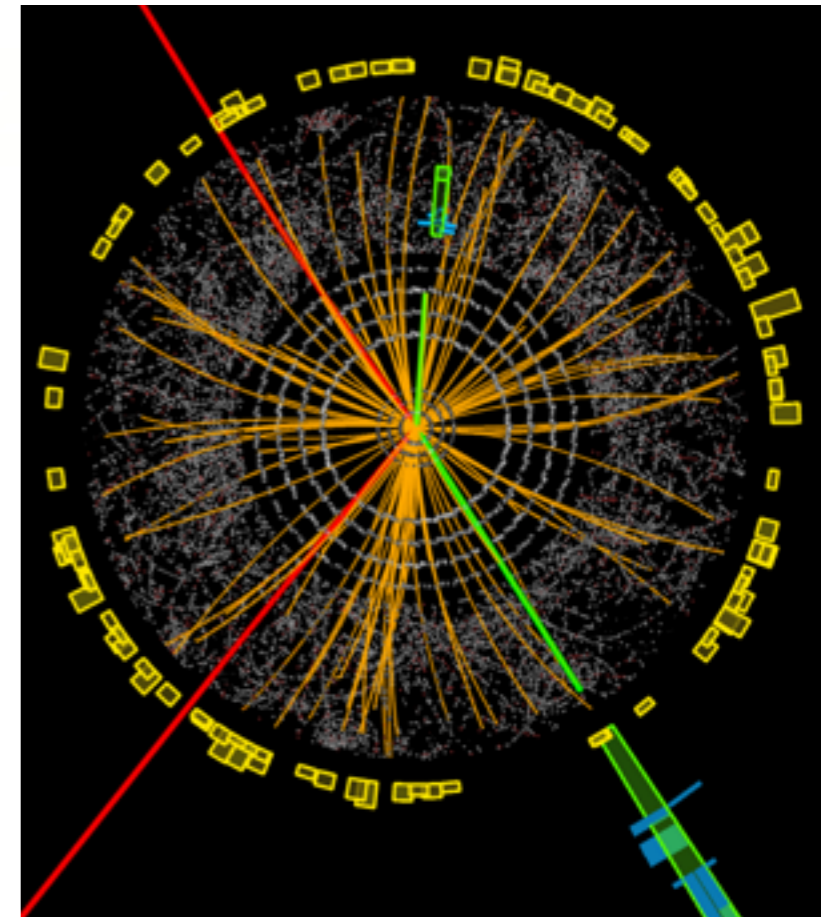
... misst die **Energie** von Elektronen,
Positronen und Photonen

Myonenkammern

... messen die **Spuren**
und **Impulse** von Myonen
... befinden sich in einem
Magnetfeld

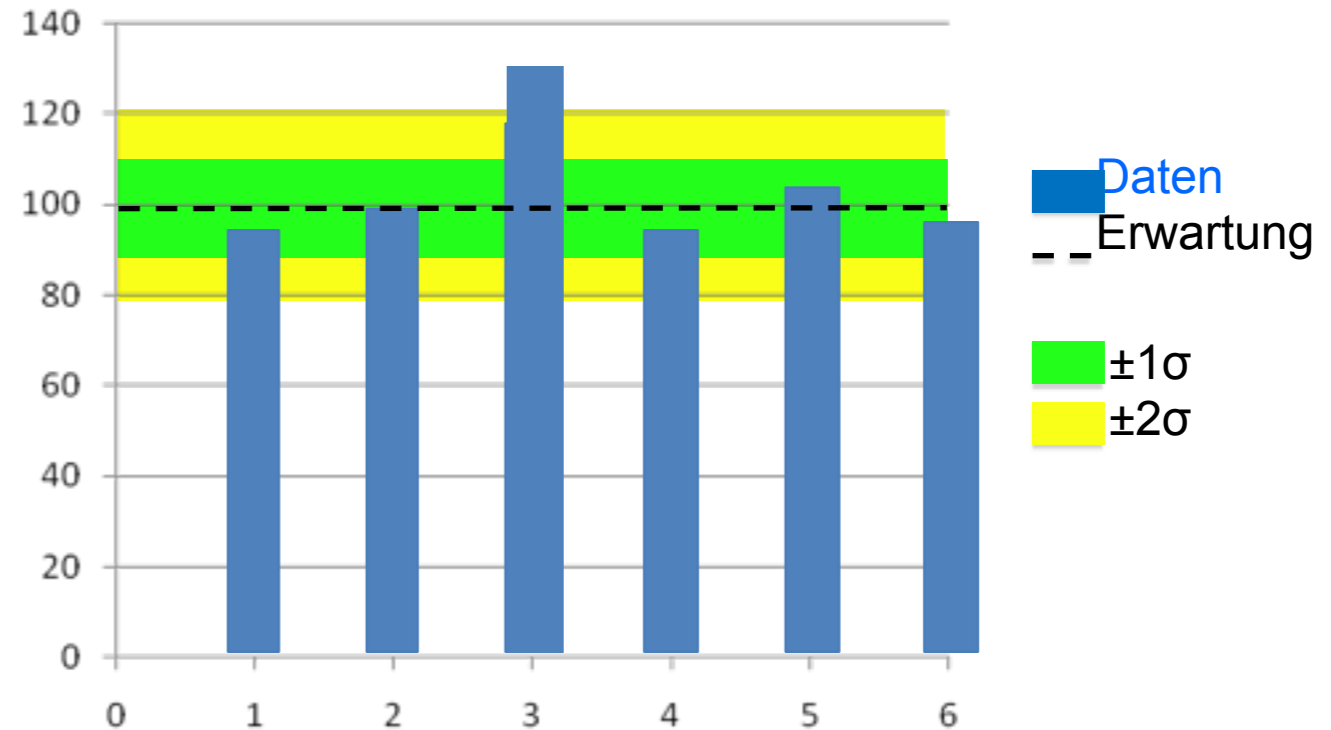
Teilchenkollisionen auswerten

- Medizin: Symptome -> mögliche Krankheiten
- Teilchenphysik: beobachtete Teilchen -> mögliche Prozesse

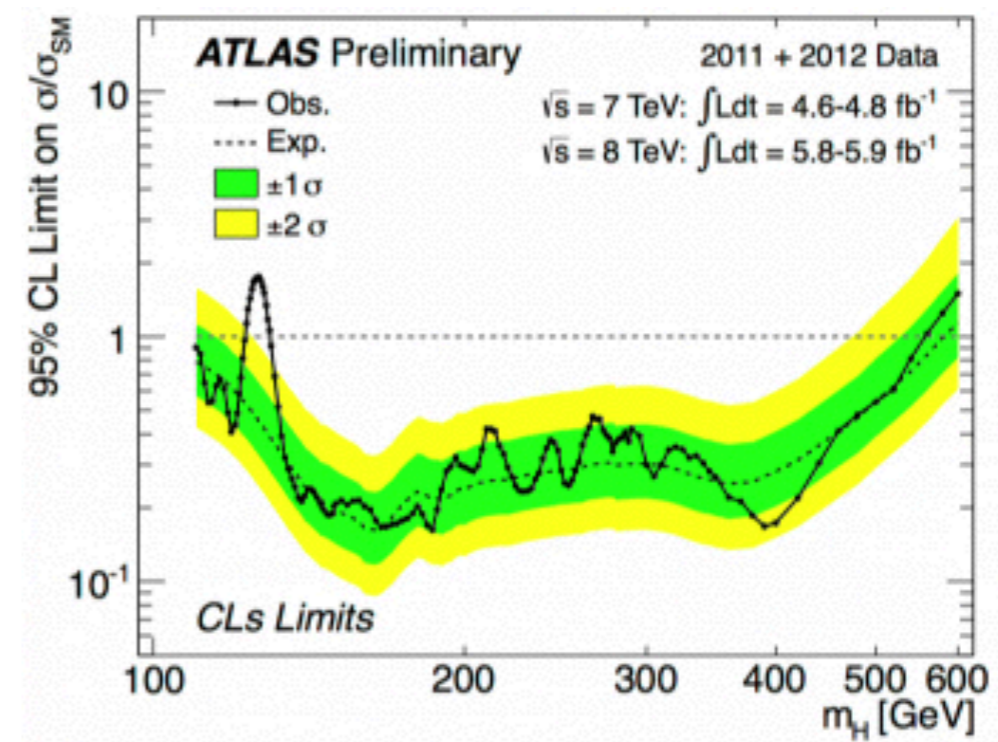


Wie wertet man die Daten aus?

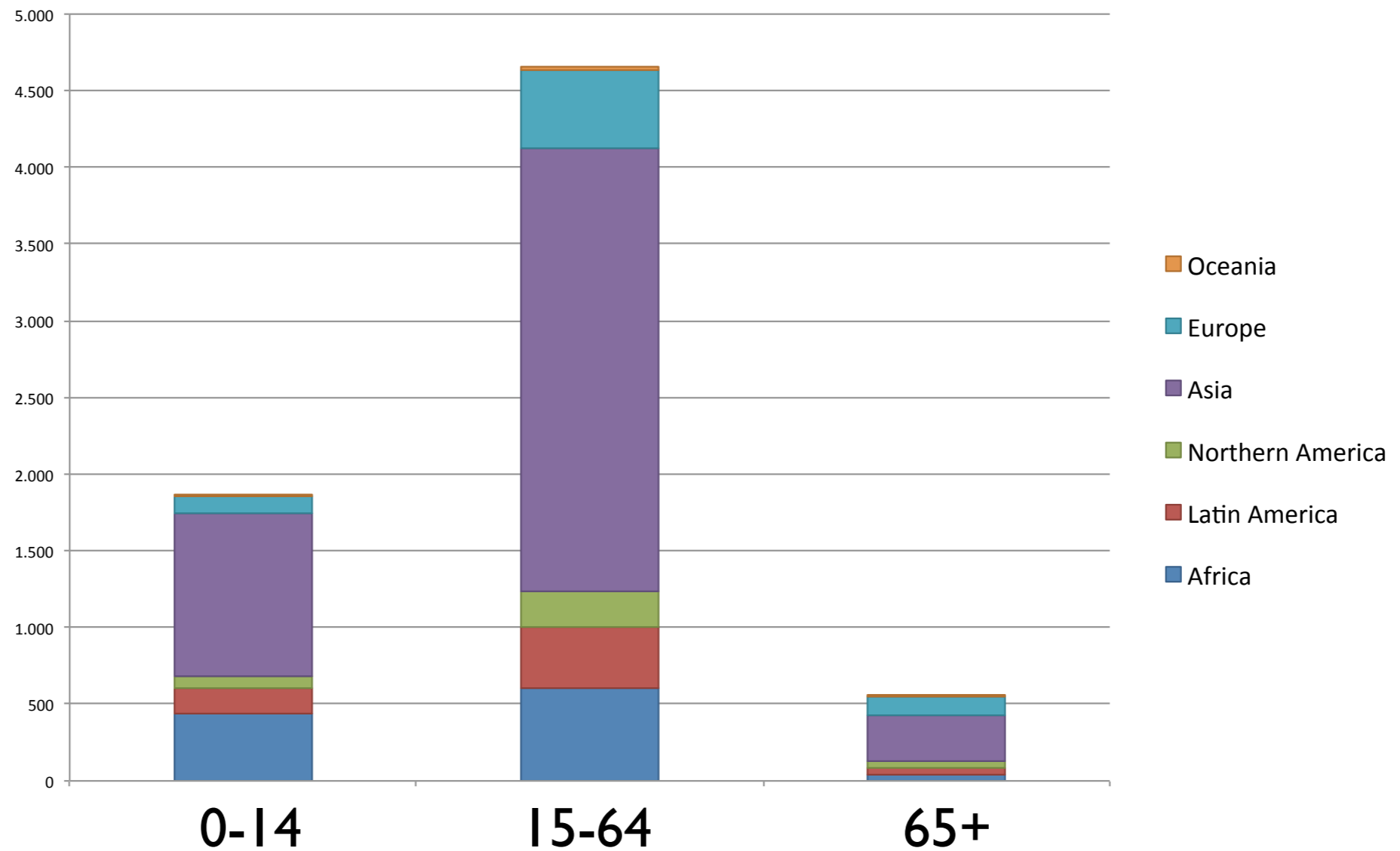
Ist der Würfel manipuliert oder nicht?



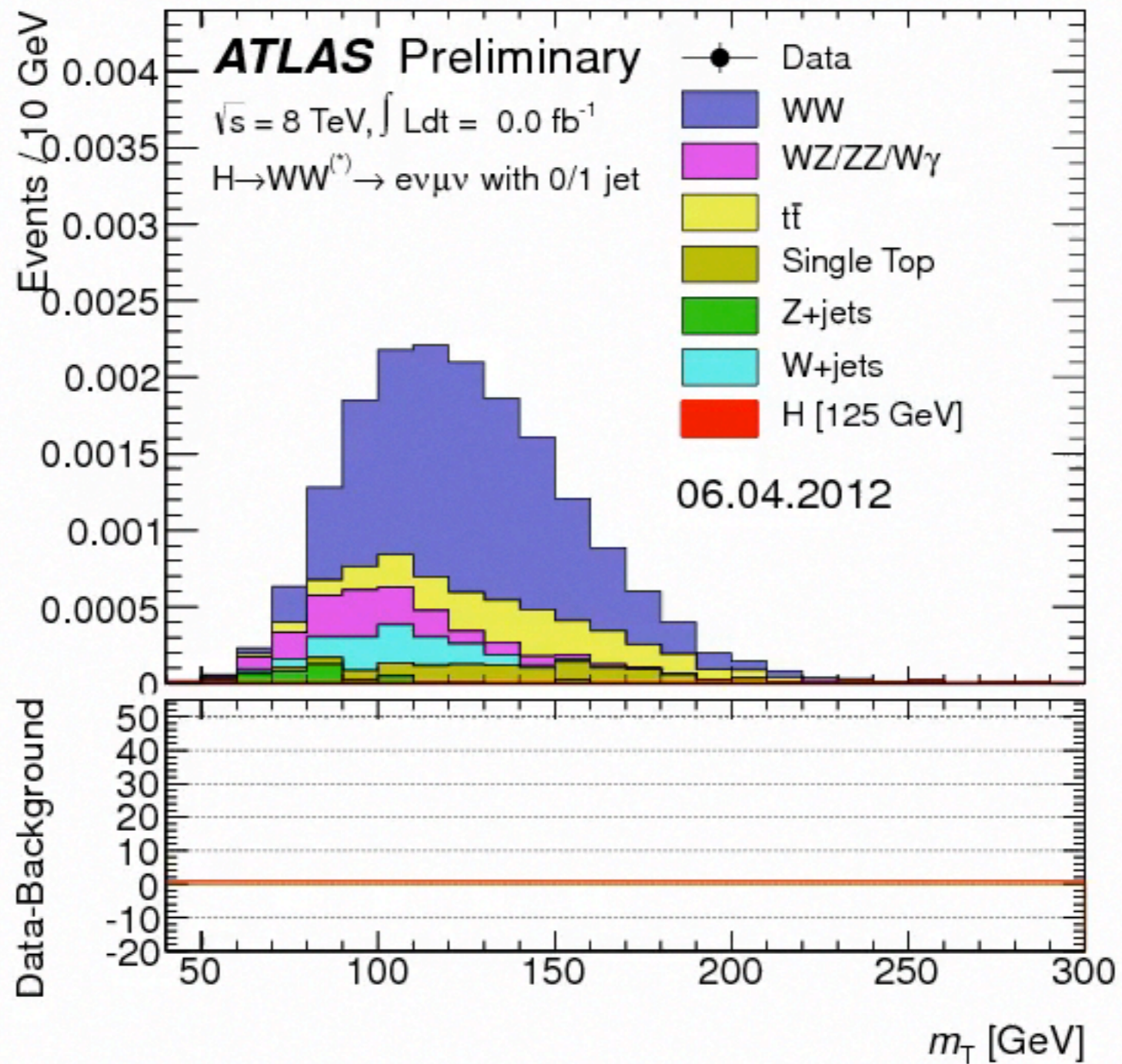
Existiert das Higgs-Boson oder nicht?



Daten lesen: Weltbevölkerung



Higgs Suche bei ATLAS



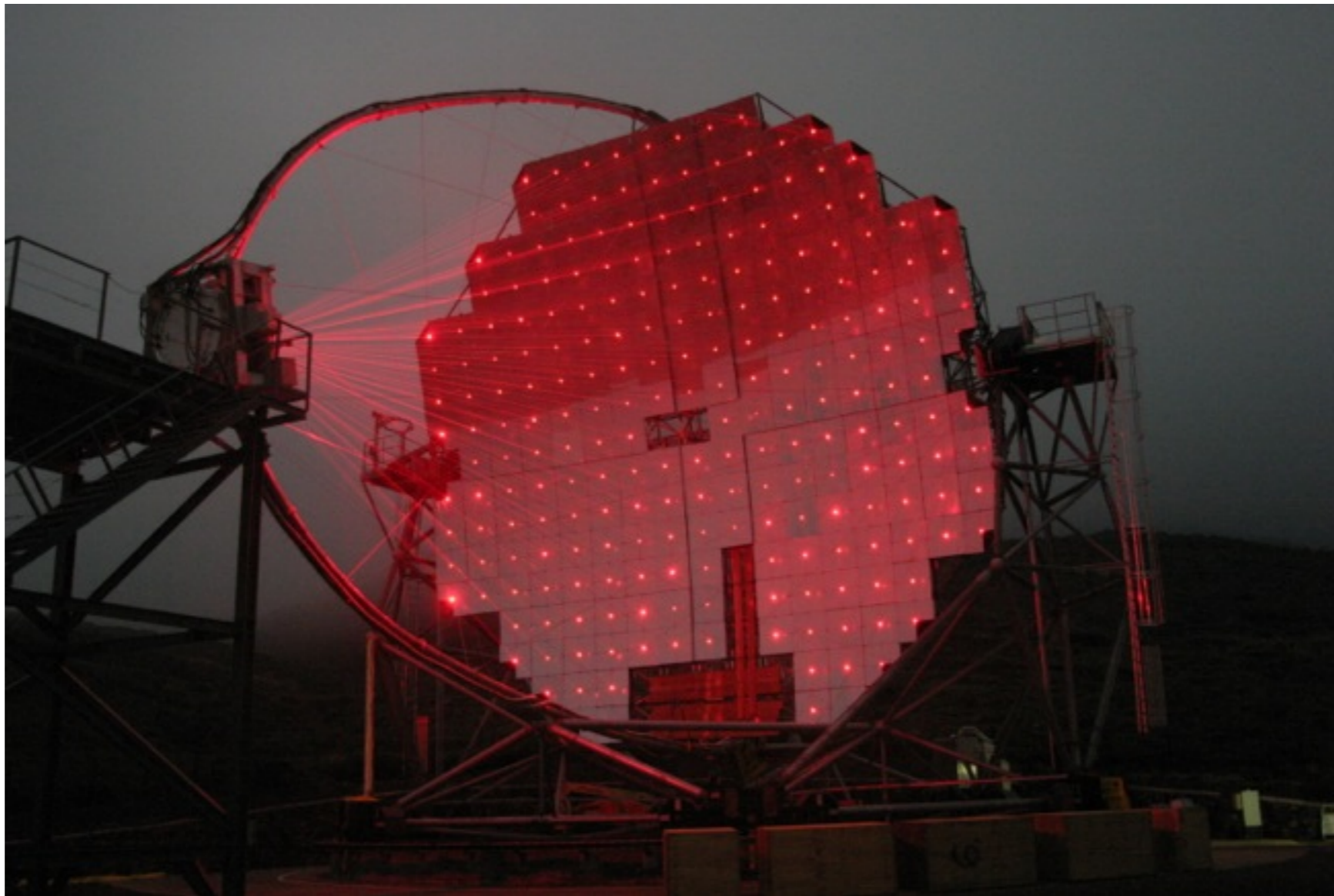
MAGIC

- Radioteleskop das Gammastrahlen detektiert
- auf den Kanaren (La Palma)



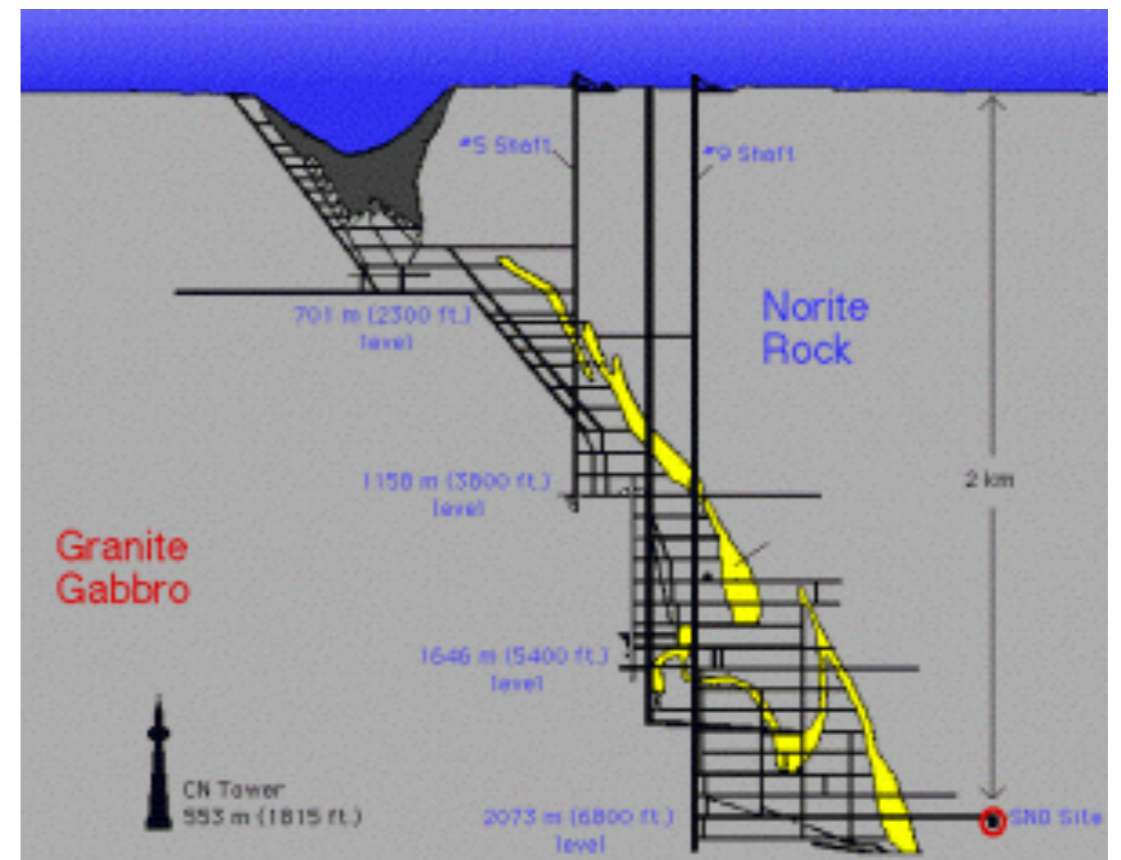
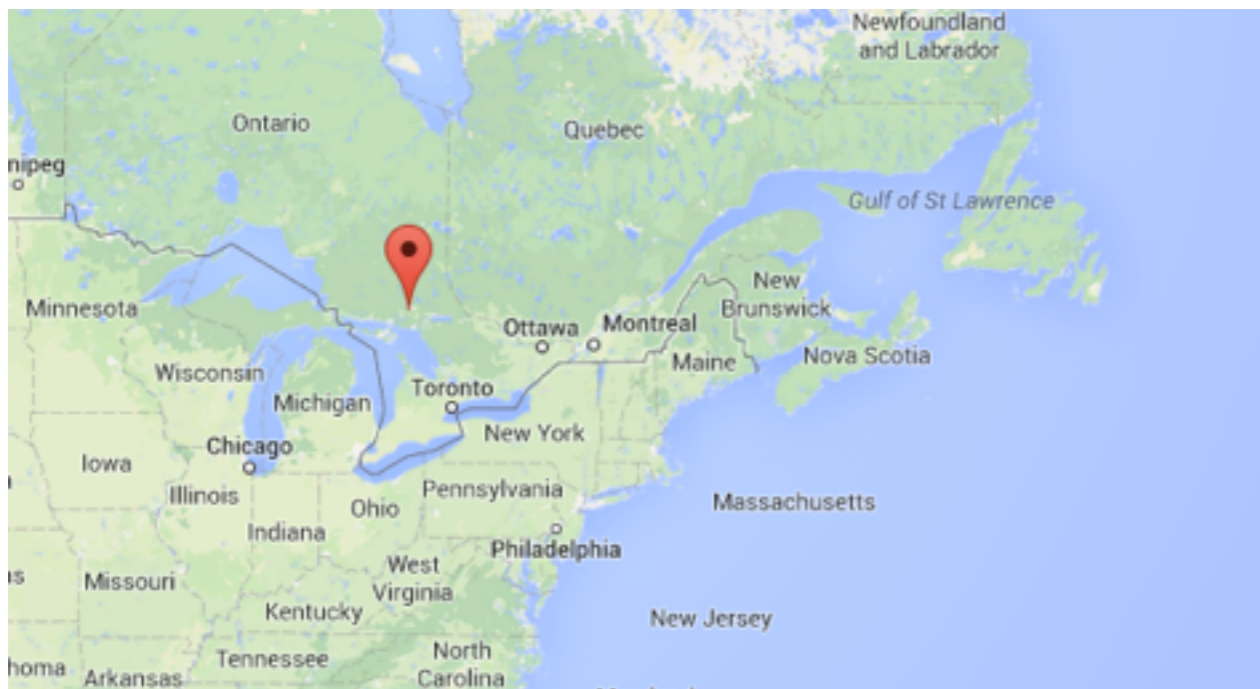
MAGIC

- untersucht Pulsare, Super Novae etc.
- Erkenntnisse über den Aufbau des Universums

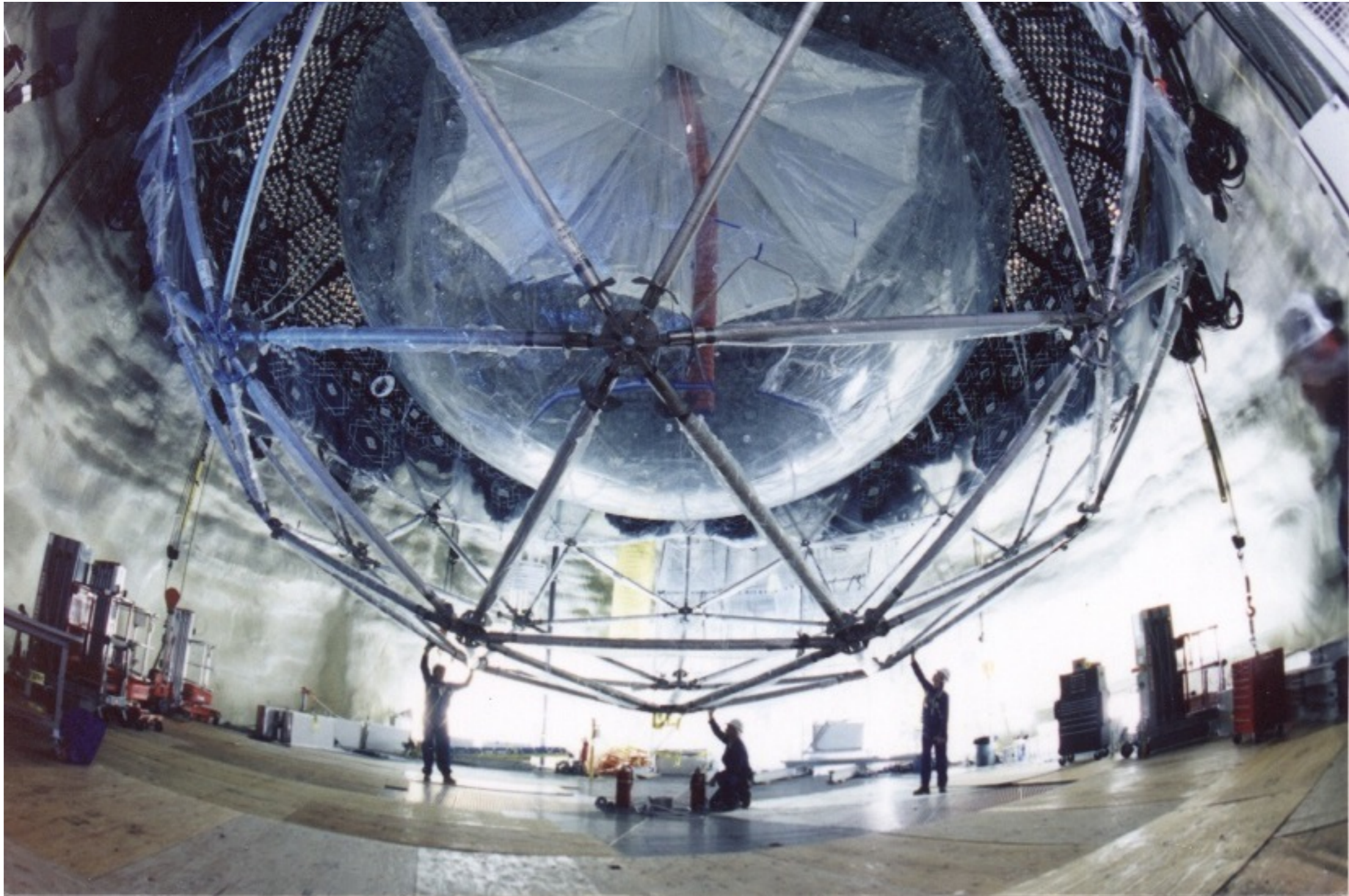


Sudbury Neutrino Observatory

- untersucht u.a. Eigenschaften von Neutrinos
- Sudbury Mine in Kanada



Sudbury Neutrino Observatory



Anderswo

- Kamiokande
- AUGER
- HESS
- ISOLTRAP
- COBRA
- GERDA
- KATHRIN
- ANTARES
- VLT
- ATLAS
- ALICE
- FAIR
- OncoRAY
- PETRA-III
- BELLE-II
- LHCb
- CMS
- ESRF
- BOREXINO
- ...



Externe Bildnachweise

Folie 8: wikipedia.de, CERN

Folie 22: ABC

Folie 23-25,27,28: CERN

Folie 30: www.HDWallpaperBank.com (FOX)

Folie 34: Magic Collaboration

Folie 35: R. Wagner (rwagner.de), wikipedia.de

Folie 367 MIT