

# Physik-V: Kern- & Teilchenphysik

Prof. Stephanie Hansmann-Menzemer

INF 226, 3.103

Email: menzemer@physi.uni-heidelberg.de

Sprechstunde: Montag 11:00-12:00h, bitte vorher anmelden,  
zusätzliche Termine auf Vereinbarung

- 13 Vorlesungen jeweils Do 9:15 – 11:00h
- 6 Übungsblätter

Tafelnotizen und Übungsblätter finden Sie unter:

<https://uebungen.physik.uni-heidelberg.de/vorlesung/20142/pep5>

Organisatorisches zum Übungsbetrieb & der Klausur  
siehe Vorlesung Ch. Enss, Di 14.10.

# Übungen zur Experimentalphysik 5 (PEP 5)

Für das Bestehen des Moduls ist die **aktive Teilnahme an den Übungen** und das **Bestehen der Klausur** erforderlich.

Die aktive Teilnahme an den Übungen wird durch das Präsentieren von Lösungswegen zu den wöchentlich gestellten Übungsaufgaben nachgewiesen. Die Bereitschaft zur Präsentation einer Aufgabenlösung kann zu Beginn jedes Übungstermins angezeigt werden. Entsprechende Namenlisten werden jeweils ausgelegt. Von den voraussichtlich 48 Teilaufgaben (ca. 12 Übungsblätter mit je 4 Aufgaben) müssen **mindestens 60%** gekennzeichnet sein. Im Falle einer Präsentation muss erkenntlich sein, dass ein Lösungsweg bereits erarbeitet wurde.

Schriftlich ausgearbeitete Lösungen können zusätzlich in der Vorlesung am Dienstag vor der jeweiligen Übung abgegeben werden. Sie werden korrigiert und zu dem folgenden Übungstermin wieder zurückgegeben, sie gehen jedoch in der Regel nicht in eine Bewertung ein. Die freiwillige Abgabe von Lösungen kann auch dazu genutzt werden, den Wunsch nach Klärung besonderer Sachverhalte im Zusammenhang mit den Übungsaufgaben zu äußern.

Zum Bestehen der Klausur müssen **30% der Maximalpunktzahl** erreicht werden. Klausurtermin: 4.2.2015

Anmeldung zu den Übungen unter: <http://uebungen.physik.uni-heidelberg.de/vorlesung/20142/pep5/uebungen>

**Koordinator** der Übungen für die Kondensierte Materie: **Dr. Andreas Reiser**, KIP 0.305, Telefon: 06221 54-9170  
Email: [Andreas.Reiser@kip.uni-heidelberg.de](mailto:Andreas.Reiser@kip.uni-heidelberg.de)

**Koordinator** der Übungen für die Teilchenphysik: **Dr. Sebastian Bachmann**, PI 3.404, Telefon: 06221 54-19404  
Email: [bachmann@physi.uni-heidelberg.de](mailto:bachmann@physi.uni-heidelberg.de)

Übungsblätter werden **immer dienstags** ins Web gestellt. Es beginnt die Kondensierte Materie

In der ersten Woche **keine** Übungen!

# Literatur

## Lehrbücher:

- Povh, Rith, Scholz, Zetsche: „Particles and Nuclei, An Introduction to the Physical Concepts“
- Williams, „Nuclear and Particles Physics“
- Frauenfelder, Henley, „Teilchen und Kerne“

- 
- Perkins, Introduction to High Energy Physics (auch in dt. Übersetzung)

- Berger, Elementarteilchenphysik

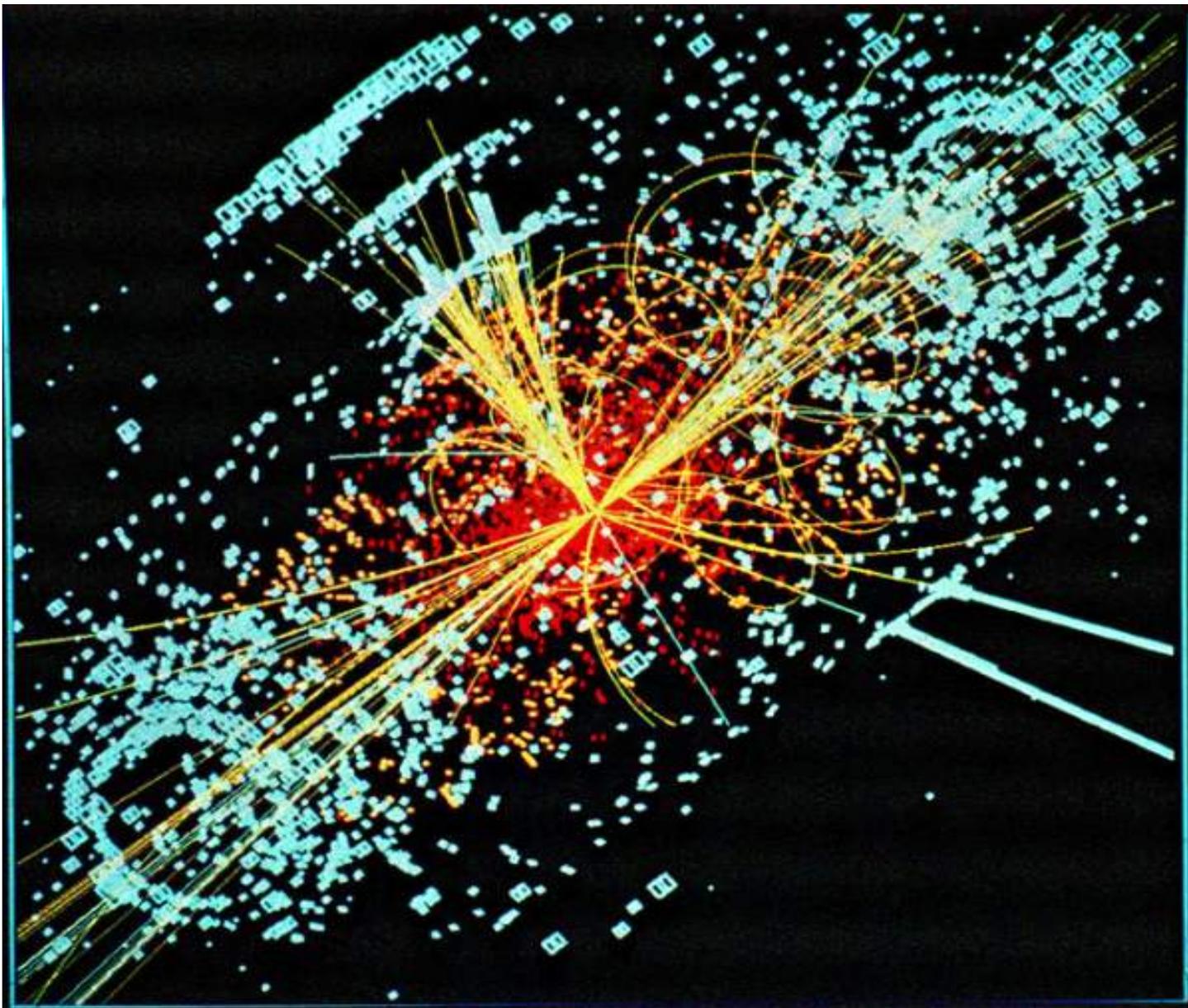
- Halzen & Martin, Quarks and Leptons

über Stoff der  
Vorlesung hinaus

Nachschlagewerk für Daten: Particle Data Group (<http://pdg.lbl.gov>)

## Skripte/Tafelaufschriebe früherer Vorlesungen:

- J. Stachel: [www.physi.uni-heidelberg.de/~stachel/skript.pdf](http://www.physi.uni-heidelberg.de/~stachel/skript.pdf)
- U. Uwer: <https://uebungen.physik.uni-heidelberg.de/vorlesung/20132/pep5>  
(diese Vorlesung orientiert sich stark an Skript von U. Uwer WS13/14)



Vorlesung soll Sie mit Konzepten der Kern-& Teilchenvorlesung vertraut machen und Ihr Neugier & wecken!

Vollständigen Herleitungen nicht immer möglich, trotzdem sehr viel Stoff

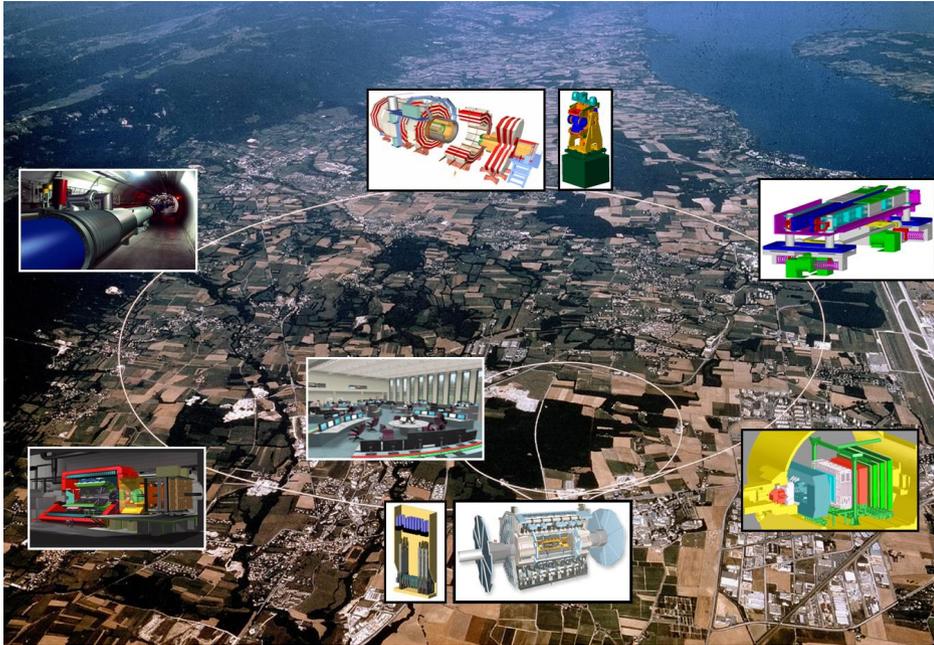
**Viel Erfolg & Spaß!**

# Inhalt:

## Kern & Teilchenphysik Teil der PEP5

1. Einführung
2. Beschreibung von Streuprozessen
3. Symmetrien
4. Kern- und Nukleonenstruktur
5. Starke Wechselwirkung
6. Schwache Wechselwirkung
7. Kernmodelle
8. Elementsynthese

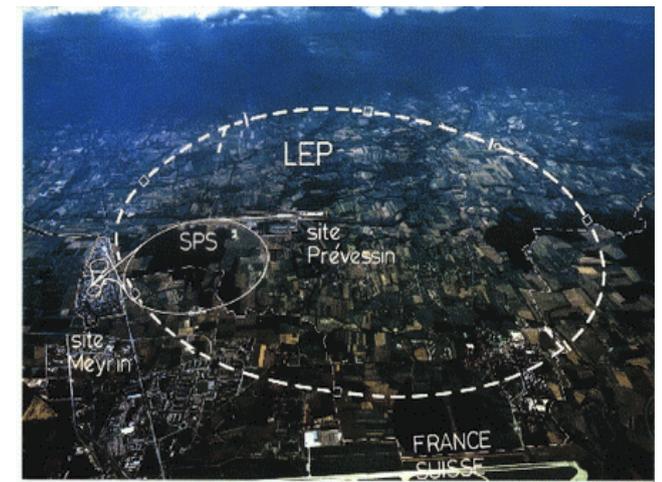
# Beispiel von Beschleunigern:



Large Hadron Collider (LHC) am CERN  
pp-Kollisionen bei  $E=7-14$  TeV



HERA am DESY  
 $e^-p$  Kollisionen bei 35 GeV



Large Electron-Positron Collider (LEP) am CERN  
 $e^+e^-$  - Kollisionen bei bis zu  $E=115$  GeV  
(Vorgänger des LHC, gleicher Tunnel)



Tevatron am Fermilab  
 $p\bar{p}$ -Kollisionen bei  $E = 1.98$  TeV

Abb: 1.1

# Discovery of the „positive Electron“

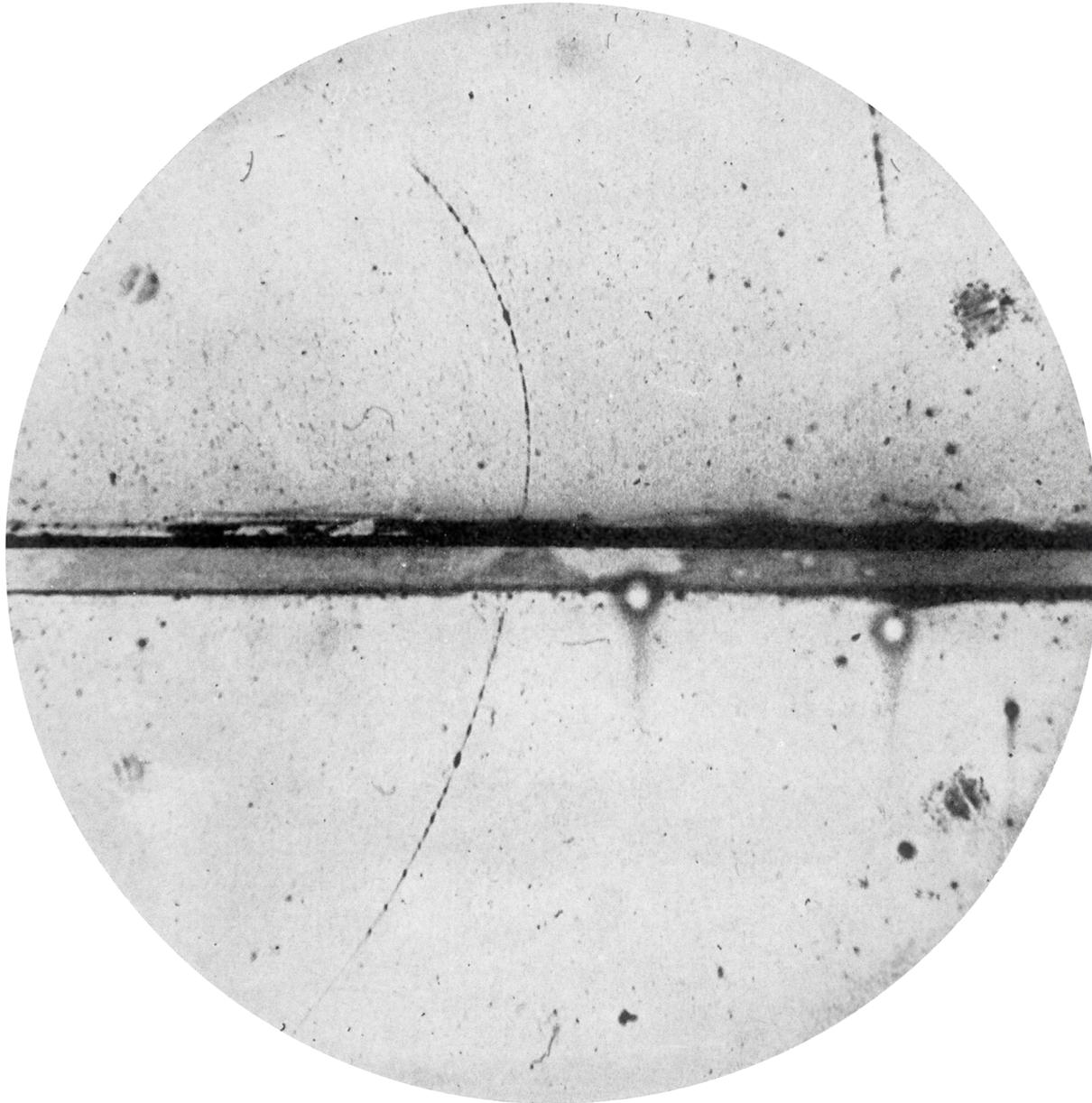


Abb: 1.2

Nebelkammeraufnahme, Anderson 1933; Nobelpreis 1936

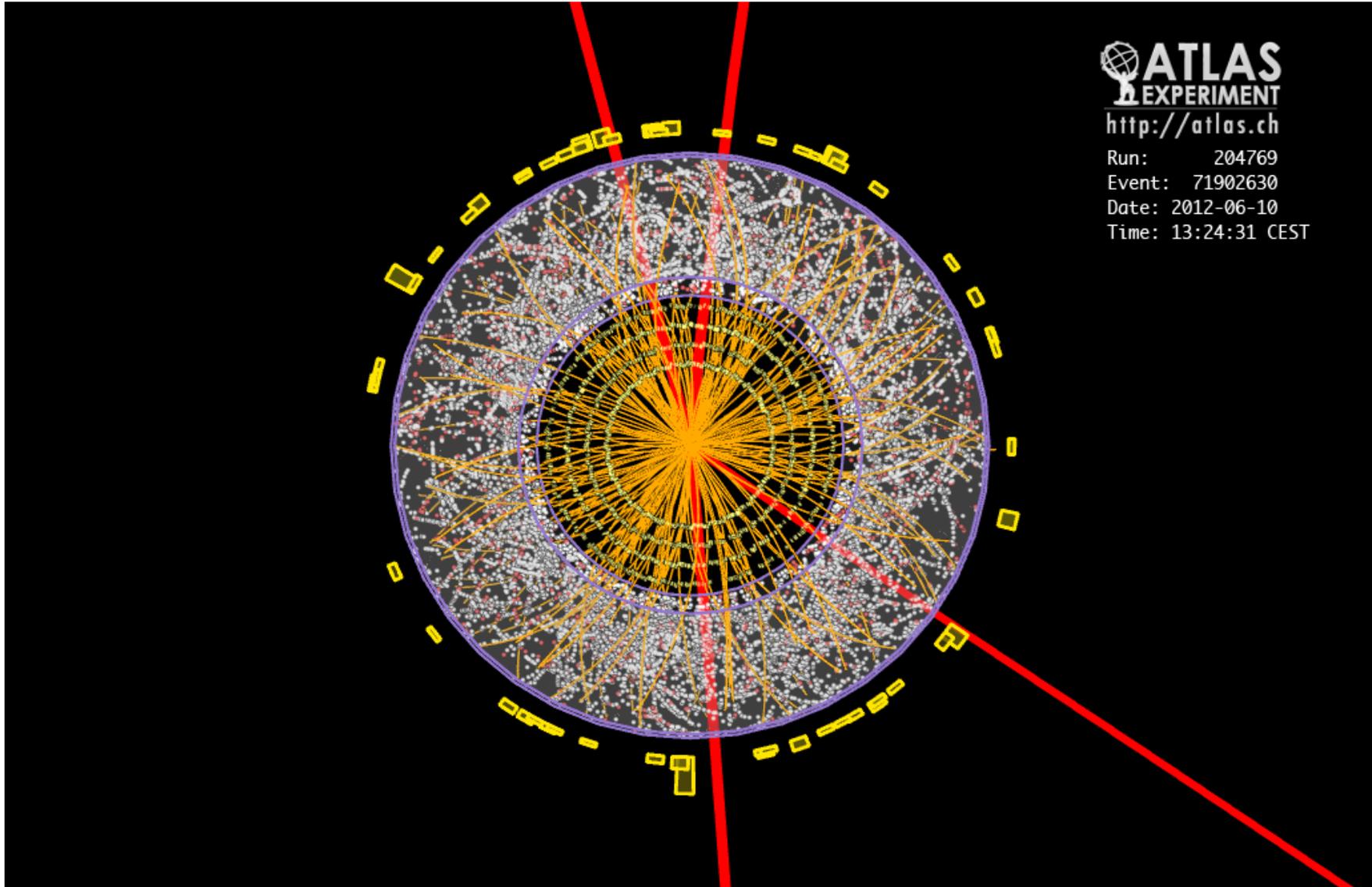
# Bausteine des Standardmodell der Teilchenphysik

Drei Generationen  
der Materie (Fermionen)

	I	II	III		
Masse →	2,3 MeV	1,275 GeV	173,07 GeV	0	125,9 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 →	<b>u</b> up	<b>c</b> charm	<b>t</b> top	<b><math>\gamma</math></b> Photon	<b>H</b> Higgs Boson
Quarks	4,8 MeV	95 MeV	4,18 GeV	0	
	$-\frac{1}{3}$	$-\frac{1}{3}$	$-\frac{1}{3}$	0	
	$\frac{1}{2}$	$\frac{1}{2}$	$\frac{1}{2}$	1	
	<b>d</b> down	<b>s</b> strange	<b>b</b> bottom	<b>g</b> Gluon	
Leptonen	<2 eV	<0,19 MeV	<18.2 MeV	91,2 GeV	
	0	0	0	0	
	$\frac{1}{2}$	$\frac{1}{2}$	$\frac{1}{2}$	1	
	<b><math>\nu_e</math></b> Elektron- Neutrino	<b><math>\nu_\mu</math></b> Myon- Neutrino	<b><math>\nu_\tau</math></b> Tau- Neutrino	<b><math>Z^0</math></b> Z Boson	
Eichbosonen	0,511 MeV	105,7 MeV	1,777 GeV	80,4 GeV	
	-1	-1	-1	$\pm 1$	
	$\frac{1}{2}$	$\frac{1}{2}$	$\frac{1}{2}$	1	
	<b>e</b> Elektron	<b><math>\mu</math></b> Myon	<b><math>\tau</math></b> Tau	<b><math>W^\pm</math></b> W Boson	

Abb: 1.3

Abb: 1.4

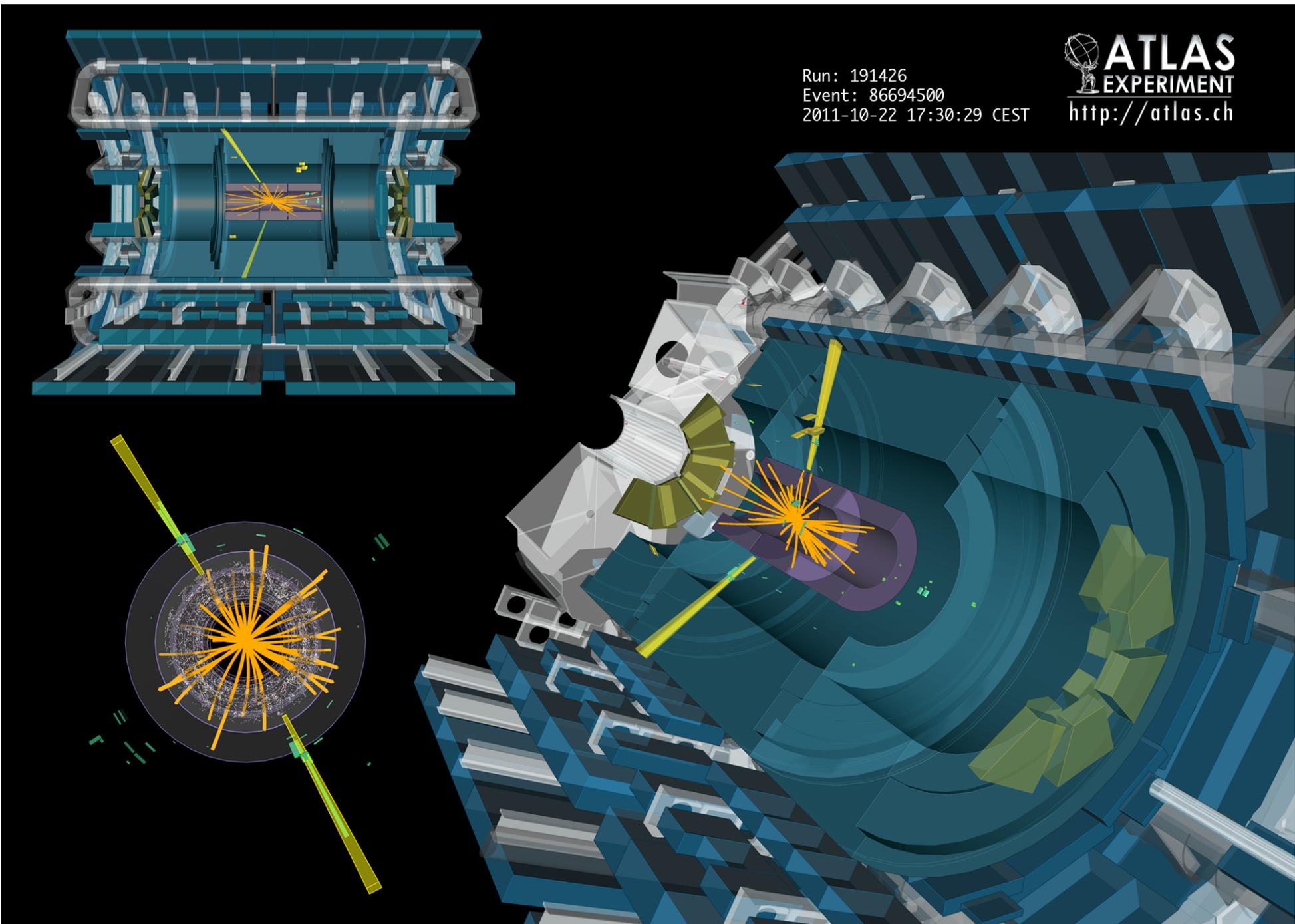


$H \rightarrow Z (\rightarrow \mu^+ \mu^-) Z (\rightarrow \mu^+ \mu^-)$   
Zerfall in 4 Myonen

Abb: 1.5

$$H \rightarrow \gamma \gamma$$

# - Zerfall in 2 Photonen



# Entdeckung des Higgs Bosons von ATLAS + CMS (2012)

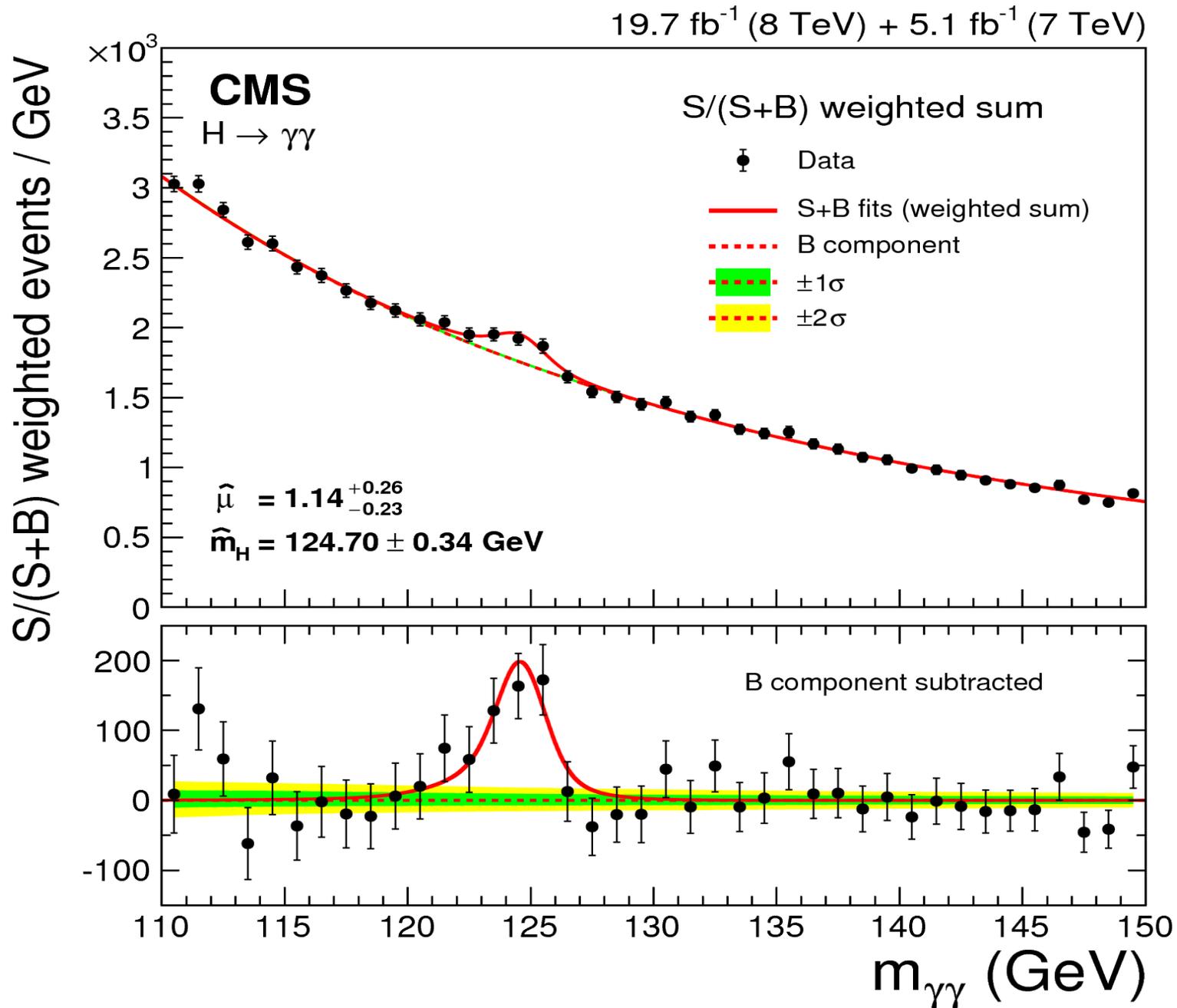


Abb: 1.6

"for the theoretical discovery of a mechanism that contributes to our understanding of the origin of mass of subatomic particles, and which recently was confirmed through the discovery of the predicted fundamental particle, by the ATLAS and CMS experiments at CERN's Large Hadron Collider"



Abb: 1.7

Francois Englert & Peter Higgs (Nobelpreis 2013)