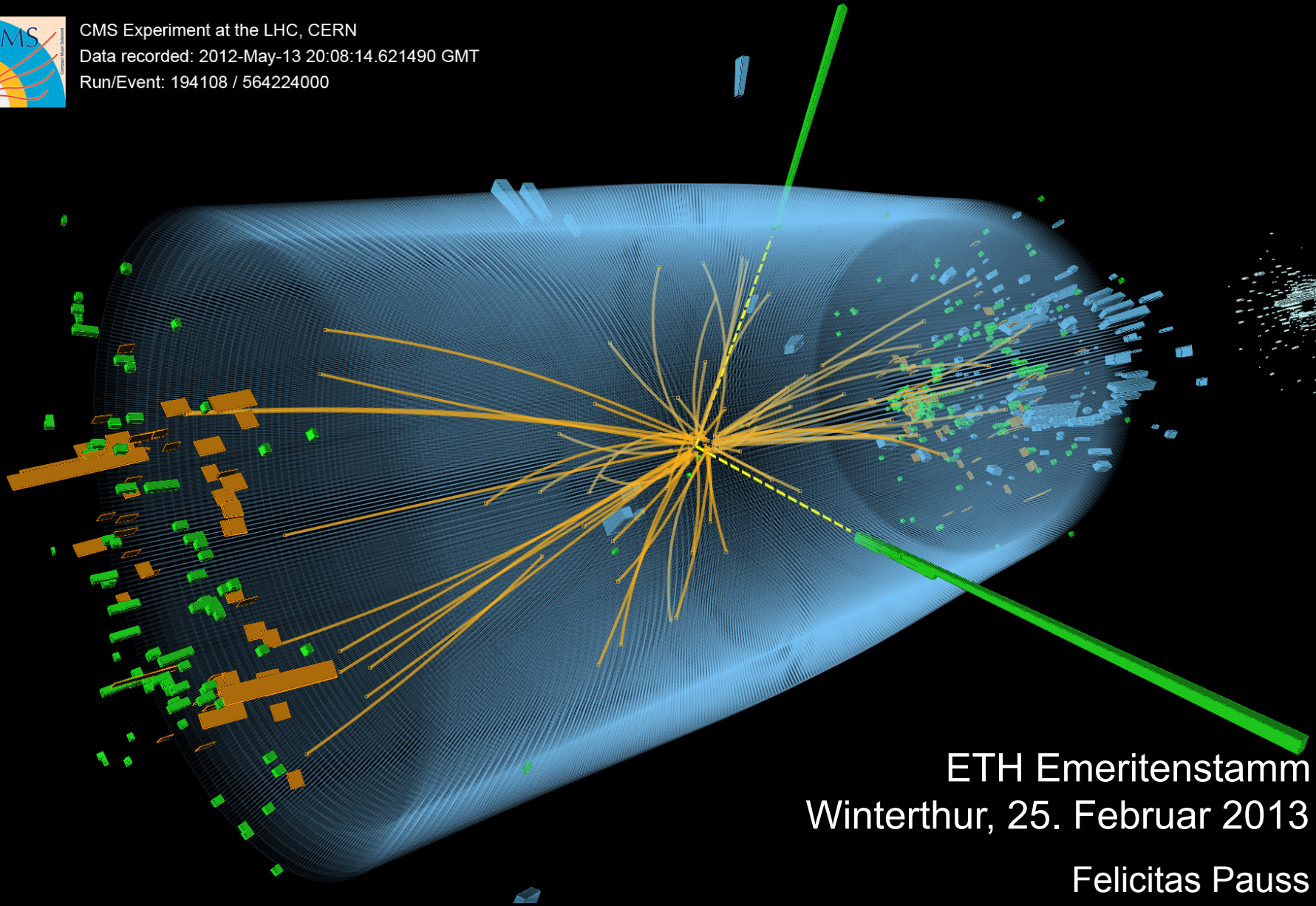




CMS Experiment at the LHC, CERN  
 Data recorded: 2012-May-13 20:08:14.621490 GMT  
 Run/Event: 194108 / 564224000



ETH Emeritenstamm  
 Winterthur, 25. Februar 2013

Felicitas Pauss  
 ETH Zurich und CERN



# 4. Juli 2012: CERN Experimente weisen ein Teilchen nach - im Einklang mit dem lange gesuchten Higgs-Boson ”





# 4. Juli 2012: CERN Experimente weisen ein Teilchen nach - im Einklang mit dem lange gesuchten Higgs-Boson "



**TagesAnzeiger** WISSEN

ZÜRICH SCHWEIZ AUSLAND WIRTSCHAFT BÖRSE SPORT KULTUR PANORAMA

Medizin & Psychologie **Natur** Technik Geschichte Weiterbildung Bildstreifen

**Die Physiker in aller Welt jubeln**

Von Sebastian Steiner. Aktualisiert am 04.07.2012 206 Kommentare

Die Physiker des Forschungszentrums Cern suchen nach dem letzten, mysteriösen Baustein des Universums: Dem Higgs-Boson. Die Forscher haben heute erklärt, dass sie es wahrscheinlich gefunden haben.

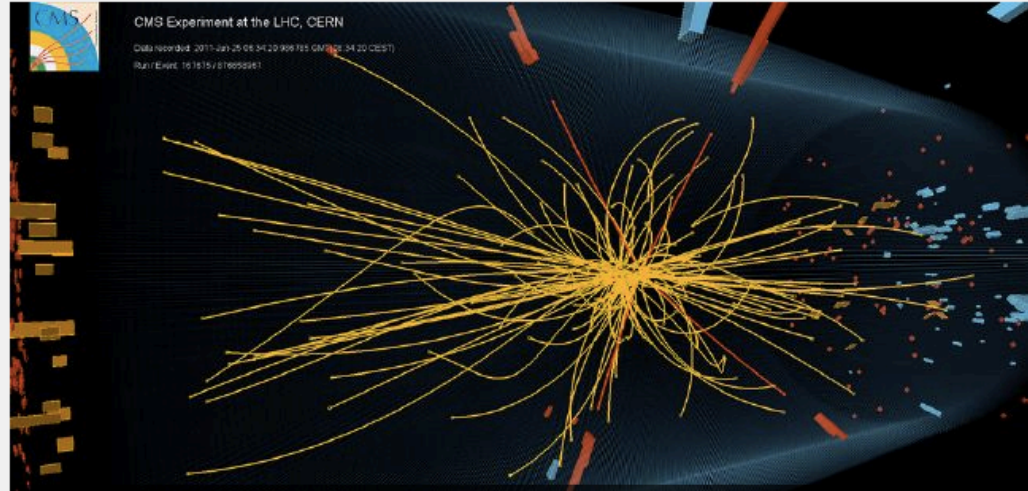


Durchbruch in der Teilchenphysik?

**Neue Zürcher Zeitung**

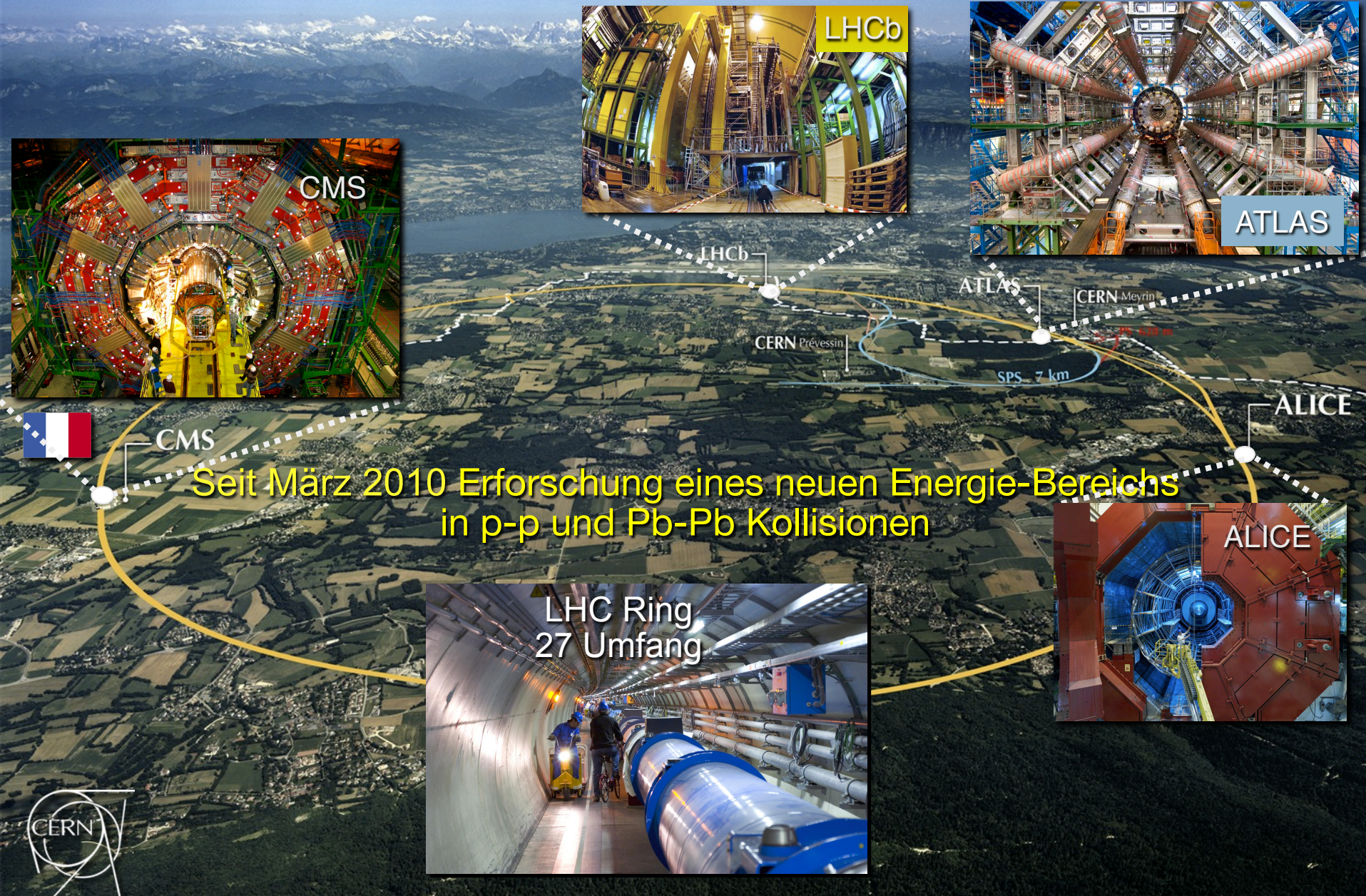
**Cern steht womöglich vor Nachweis des Higgs-Teilchens**

Wissenschaft Mittwoch, 4. Juli, 06:14



Eine Proton-Proton-Kollision am CMS vom 25. Juli 2011. Die roten Striche stehen für die vier hochenergetischen Elektronen, die dabei entstanden. Die Kollision zeigt Charakteristiken, die beim Zerfall eines Higgs-Bosons zu erwarten wären. (Bild: Cern / CMS-PHO-Events-2011-008 1)

# Eine neue Ära in der Grundlagenforschung



4 Juli 2012:

~ 4 Milliarden Ereignisse aufgezeichnet (keiner Bruchteil aller pp Kollisionen);

→ erwarte ~ 200 Higgs Ereignisse



Ist es gelungen, die  
**RICHTIGE** Stecknadel zu  
finden?



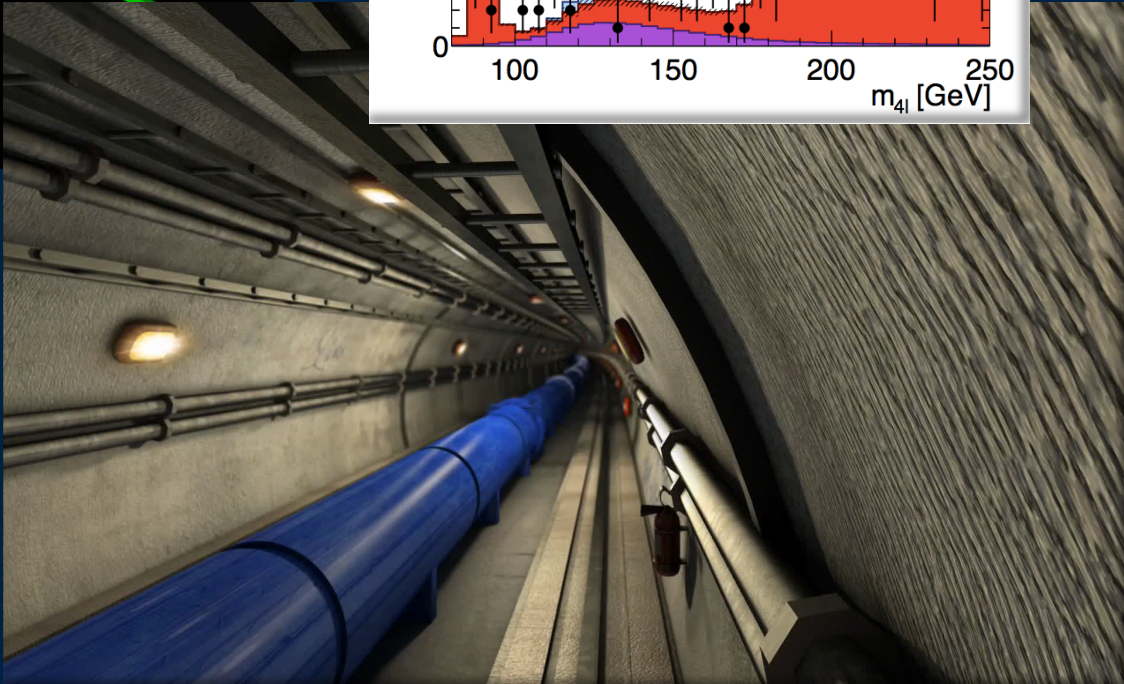
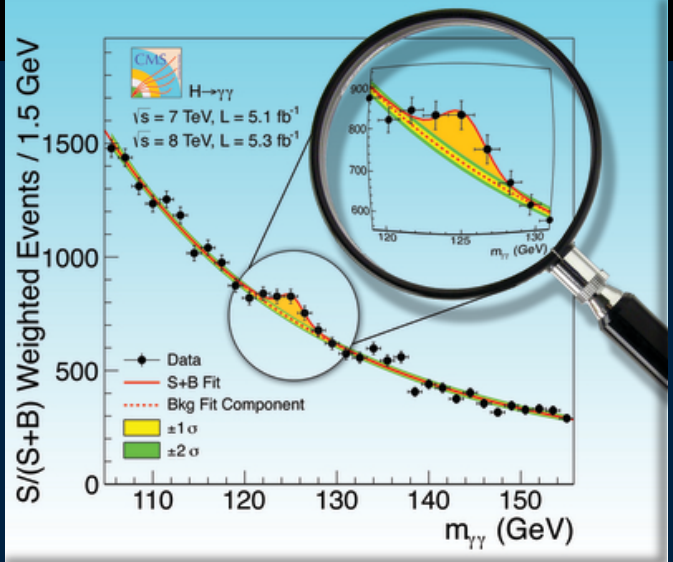
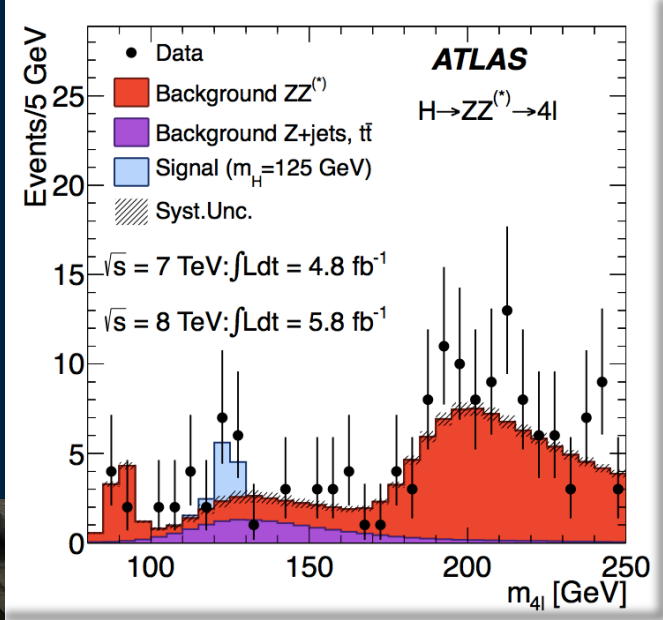
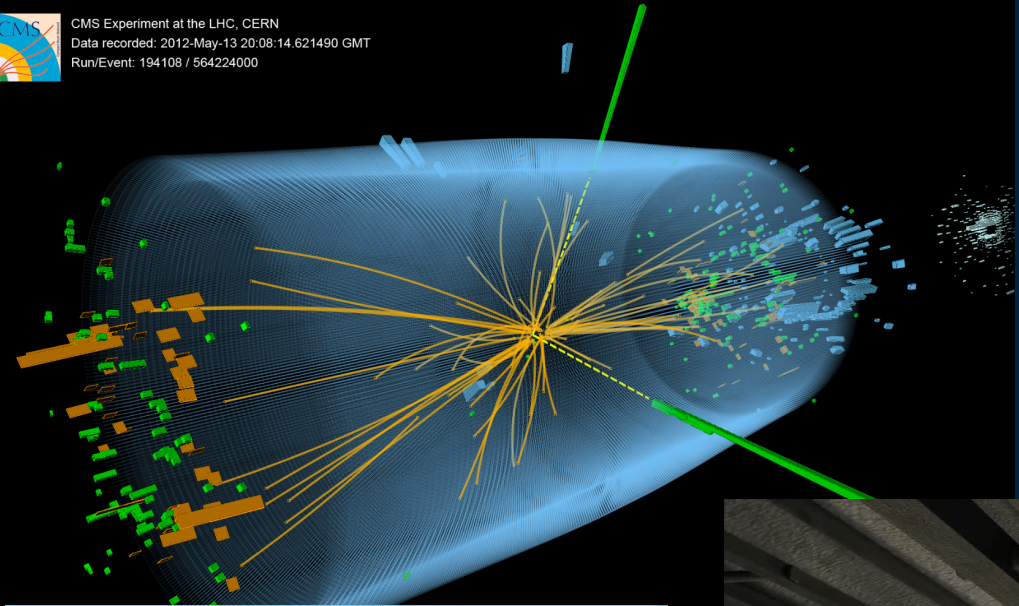
8MB → a digital photo  
1GB → a DVD movie  
1TB → world annual book production  
>25PB → annual LHC data output  
End of run (Feb 2013): 100 PB of stored data



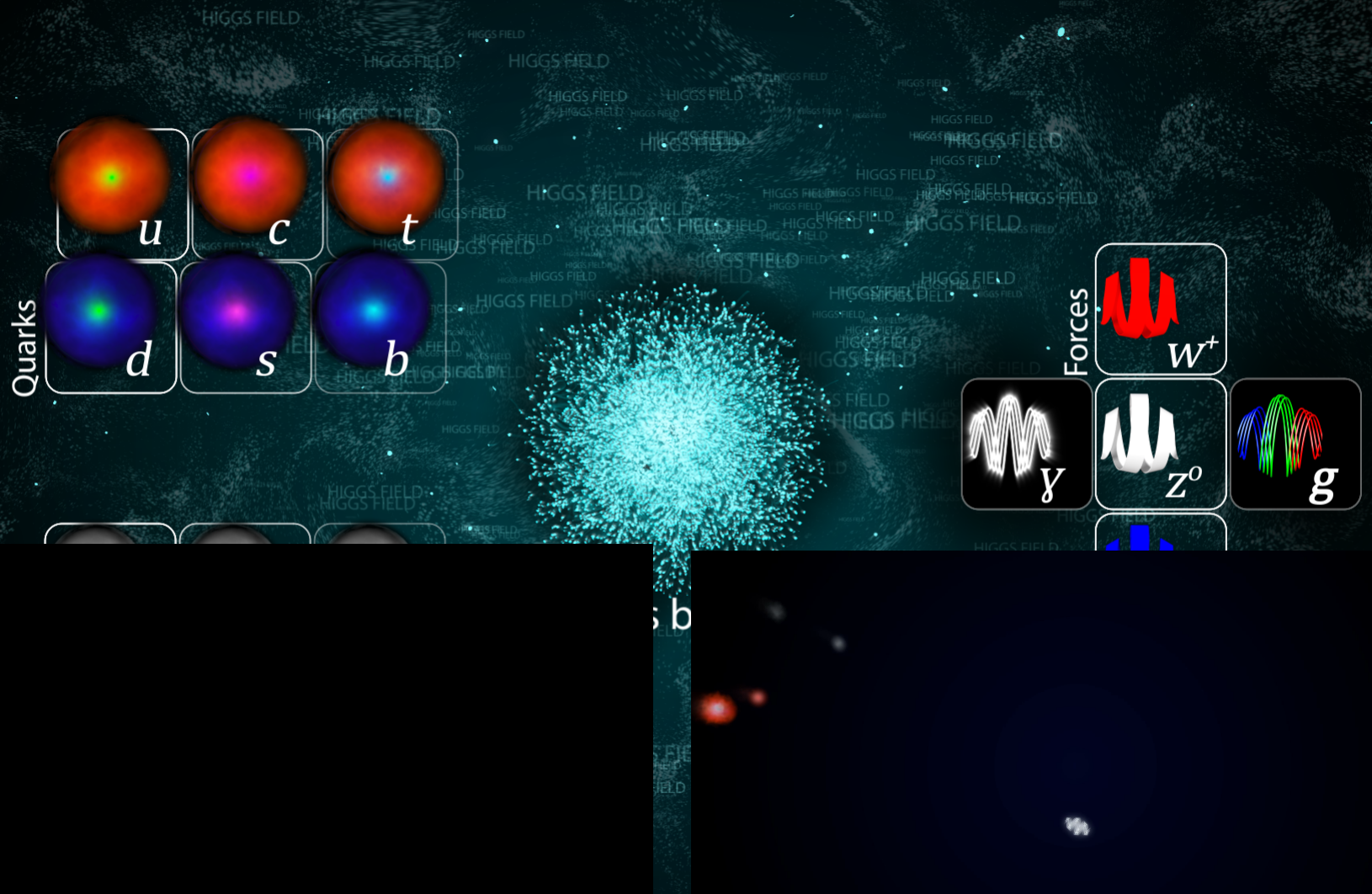
# 4. Juli 2012: CERN Experimente weisen ein Teilchen nach - im Einklang mit dem lange gesuchten Higgs-Boson ”



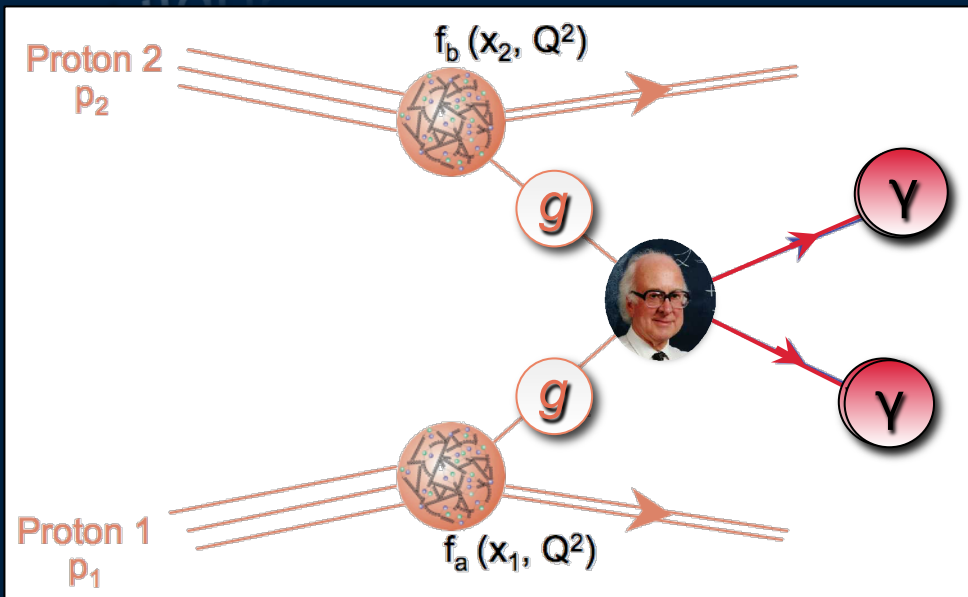
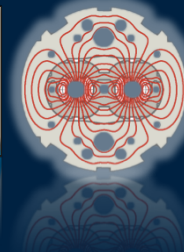
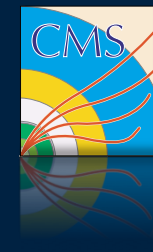
CMS Experiment at the LHC, CERN  
 Data recorded: 2012-May-13 20:08:14.621490 GMT  
 Run/Event: 194108 / 564224000



Warum hat diese Entdeckung so begeistert?  
... ein historischer Meilenstein - aber es ist erst der Anfang.....



# Higgs Produktion und Zerfall



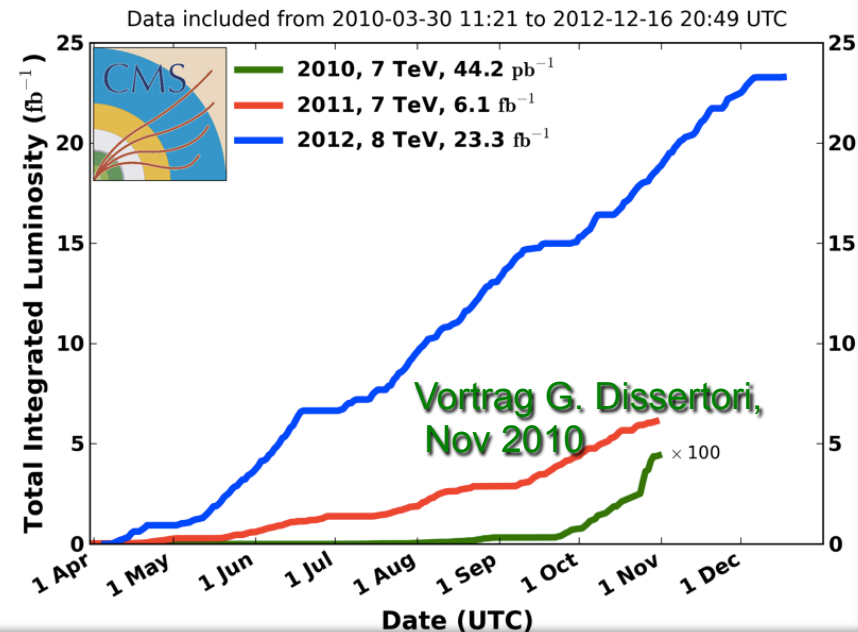
Dezember 2011 (run @ 7 TeV:  $\sim 5 \text{ fb}^{-1}$ )

ATLAS und CMS sehen "Hinweise" im 120 - 130 GeV Massenbereich

2012 run @ 8 TeV:  
 Ende Juni  $\sim 5 \text{ fb}^{-1}$   
 Dezember  $\sim 25 \text{ fb}^{-1}$

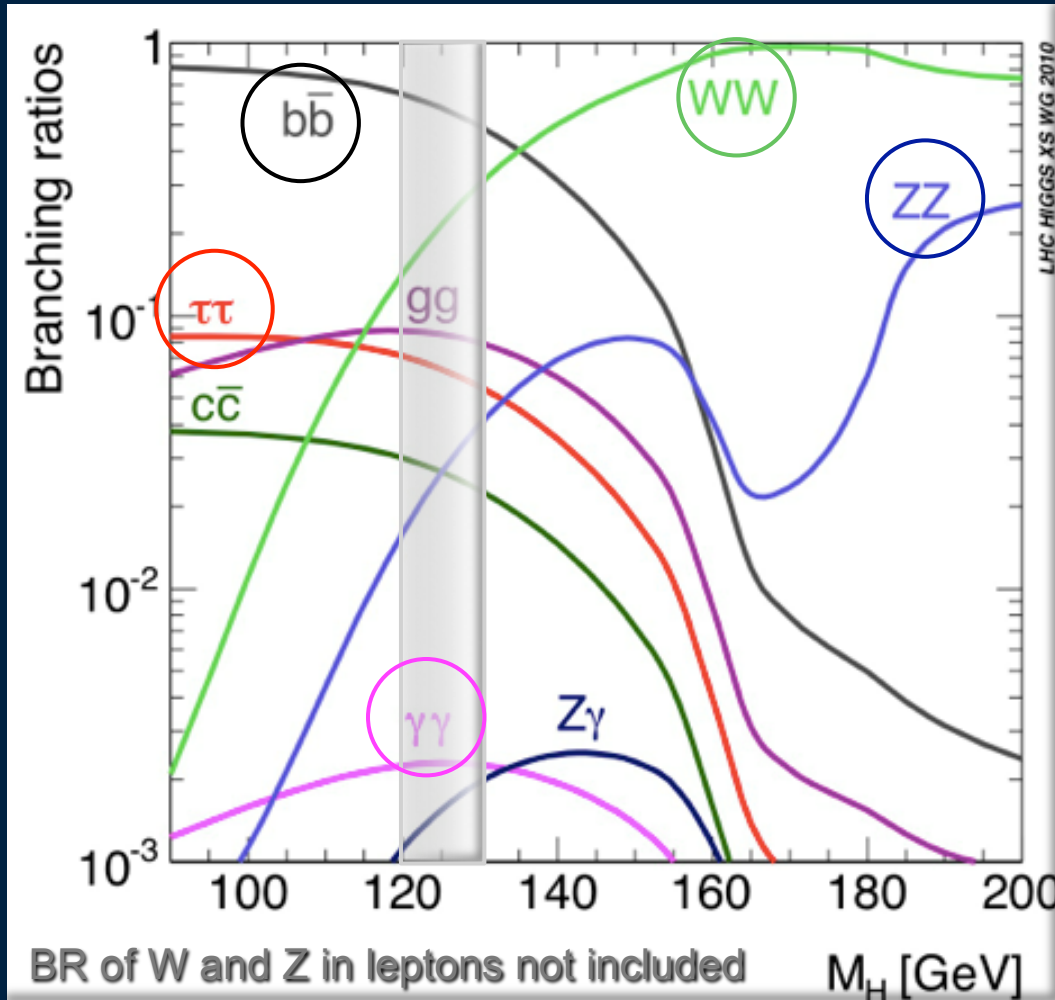


CMS Integrated Luminosity, pp





# “Offener” Massenbereich nach den 2011 Daten

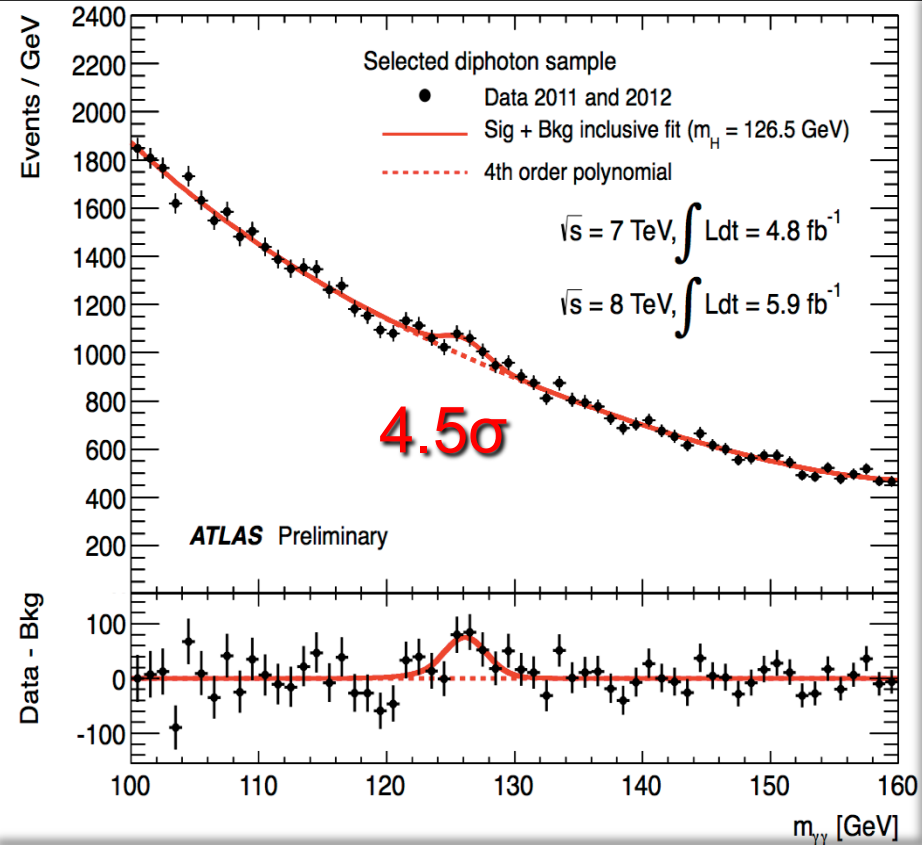
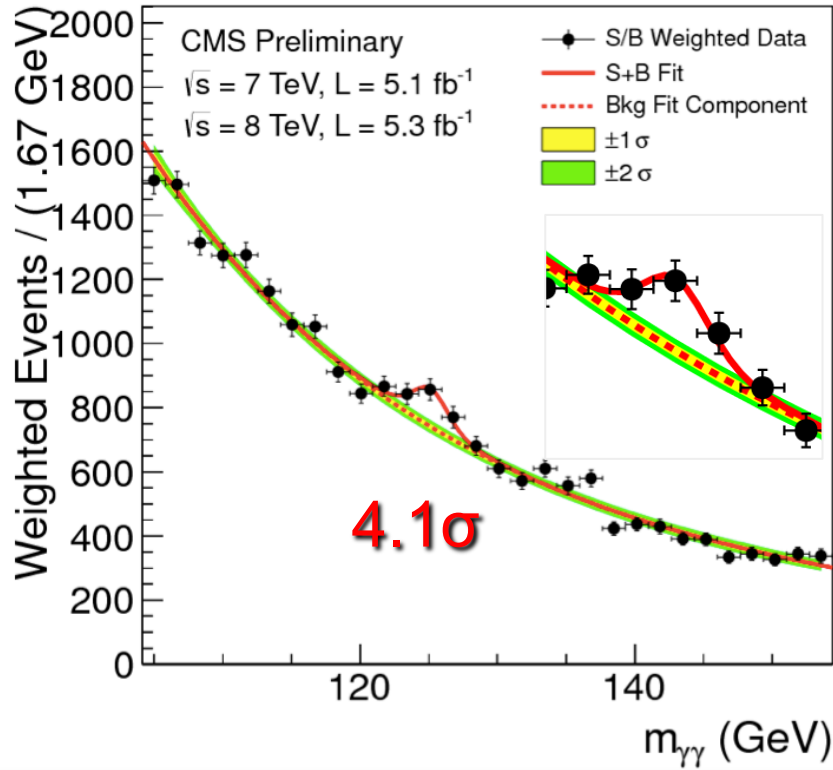
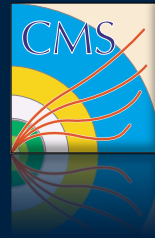


Analysierte Zerfalls- Kanäle  
für 2012 Daten  
bis zum Seminar am  
4. Juli 2012

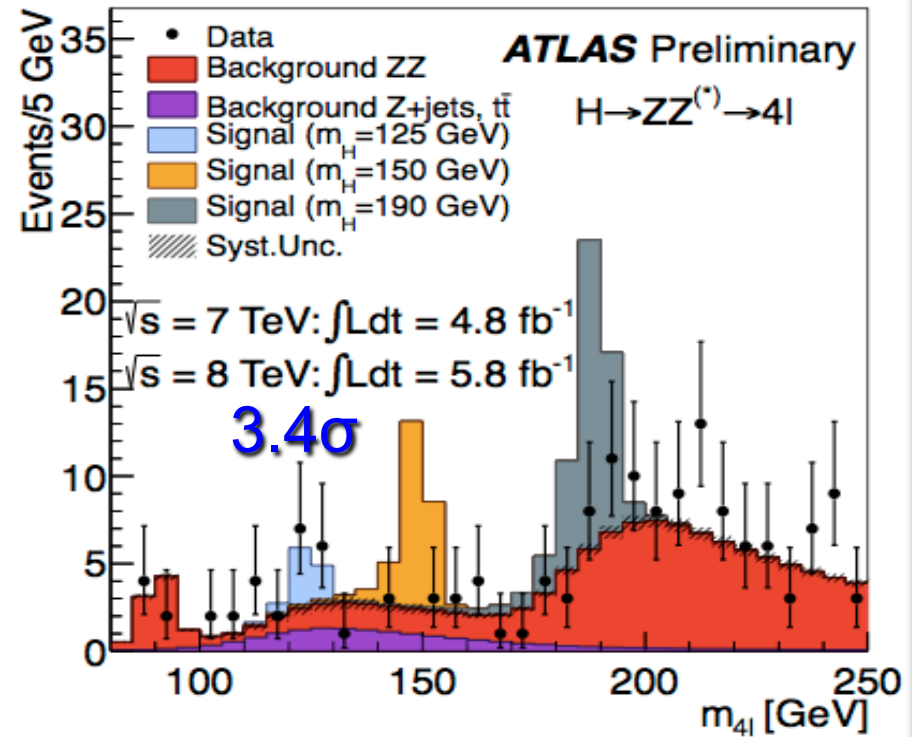
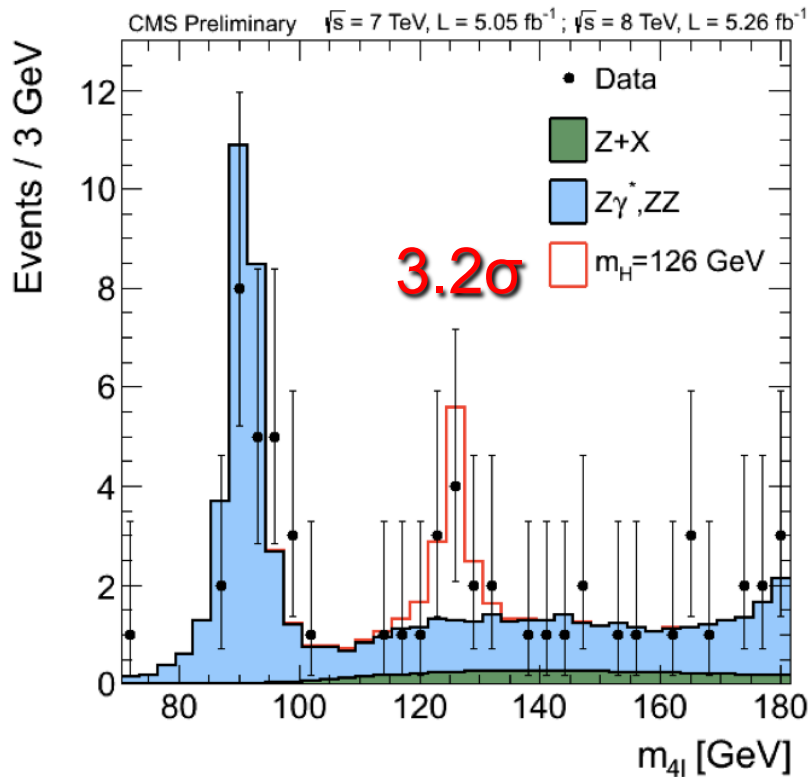
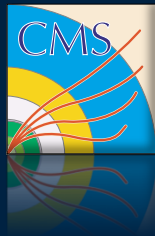
	ATLAS	CMS
$H \rightarrow \gamma\gamma$	✓	✓
$H \rightarrow ZZ \rightarrow 4l$	✓	✓
$H \rightarrow WW \rightarrow l\nu l\nu$	nur	✓
$H \rightarrow \tau\tau$	2011	✓
$H \rightarrow b\bar{b}$	Daten	✓



# “Higgs-Massenverteilungen”: 4. Juli

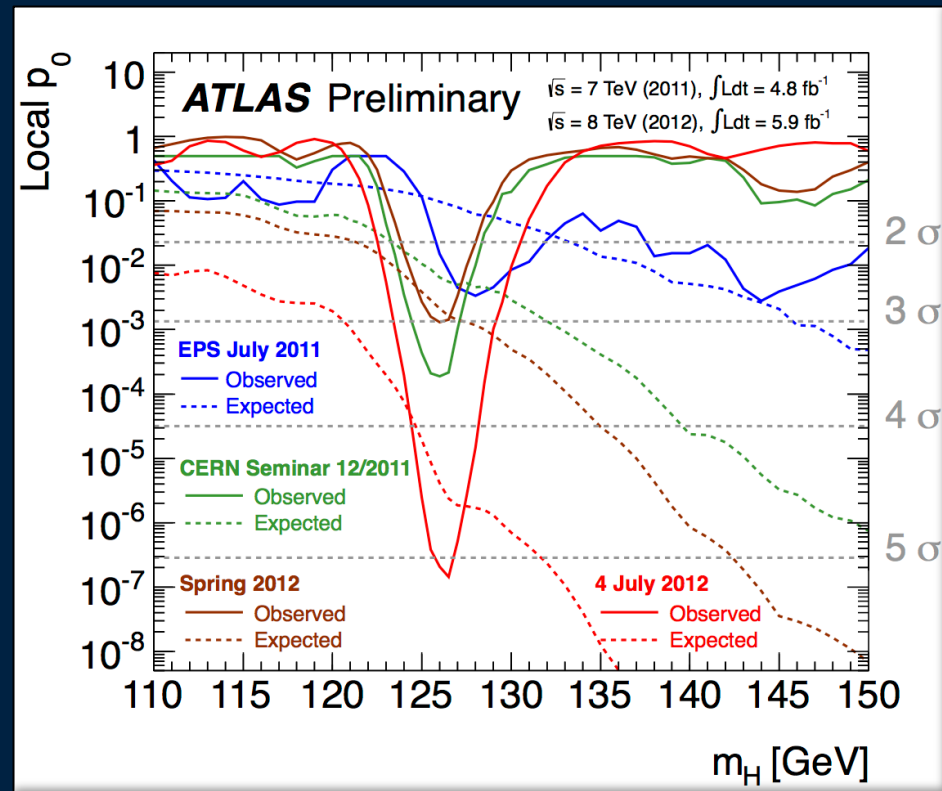
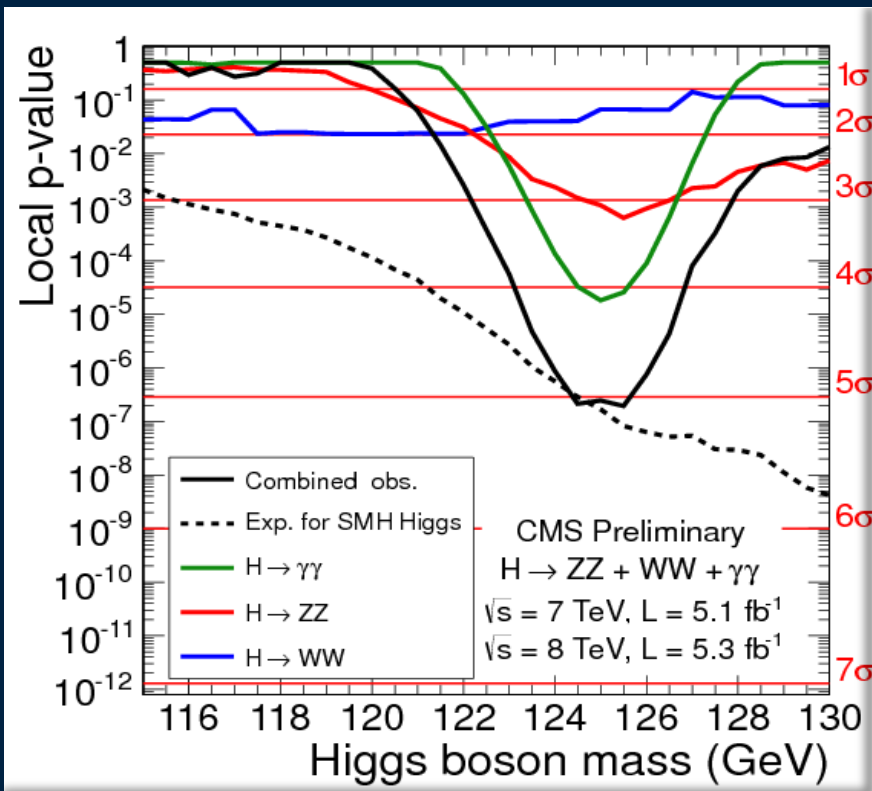
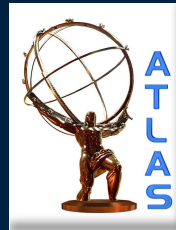


# “Higgs-Massenverteilungen”: 4. Juli



ATLAS, CMS: Kombinierte Signifikanz: 5.0  $\sigma$

# “Higgs-Statistik”: 4. Juli 2012



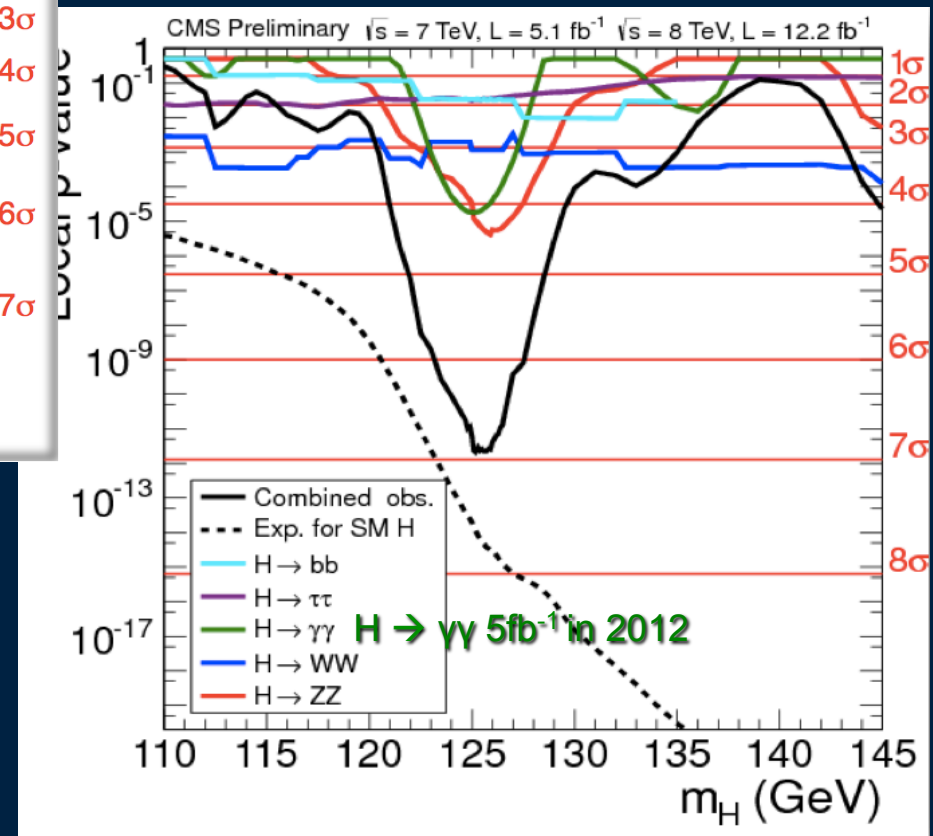
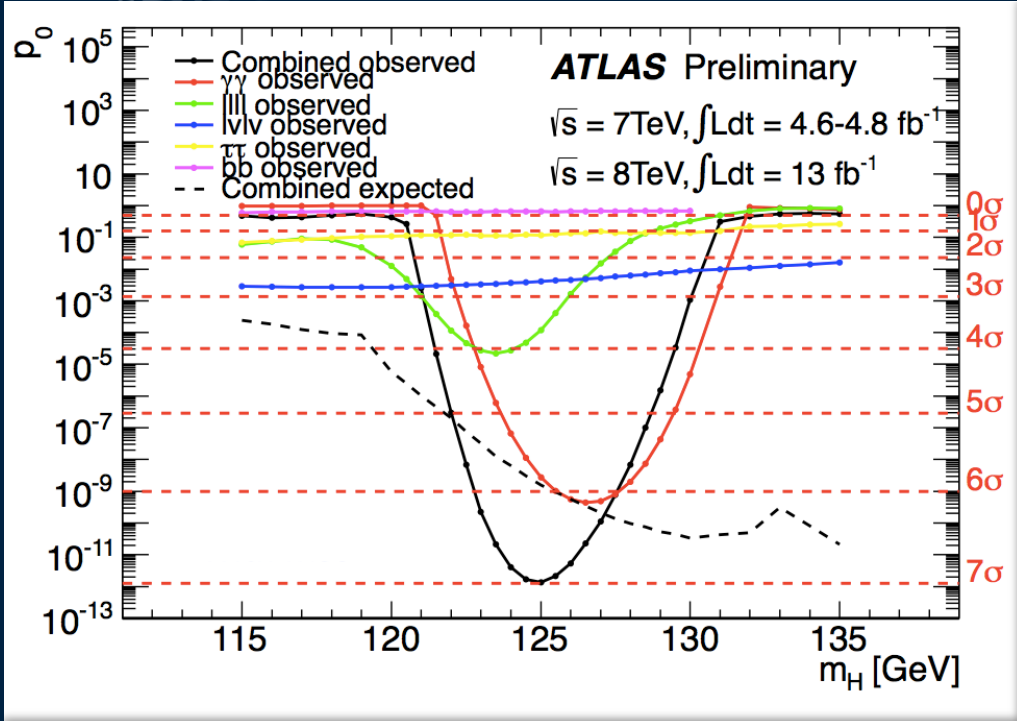
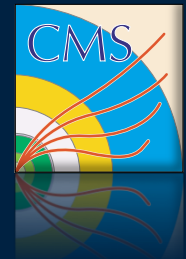
**$3\sigma$ : 0.15 %  $\rightarrow$  „Hinweis“**

**$5\sigma$ : 0.00003 %  $\rightarrow$  „Entdeckung“**

5 sigma heisst nicht, dass mit 99.99997% Wahrscheinlichkeit ein neues – oder gar bestimmtes – Teilchen vorliegt. Die Standardabweichung sagt nur etwas über statistische Fluktuationen der Messung aus, nicht über den gesuchten Effekt selbst!

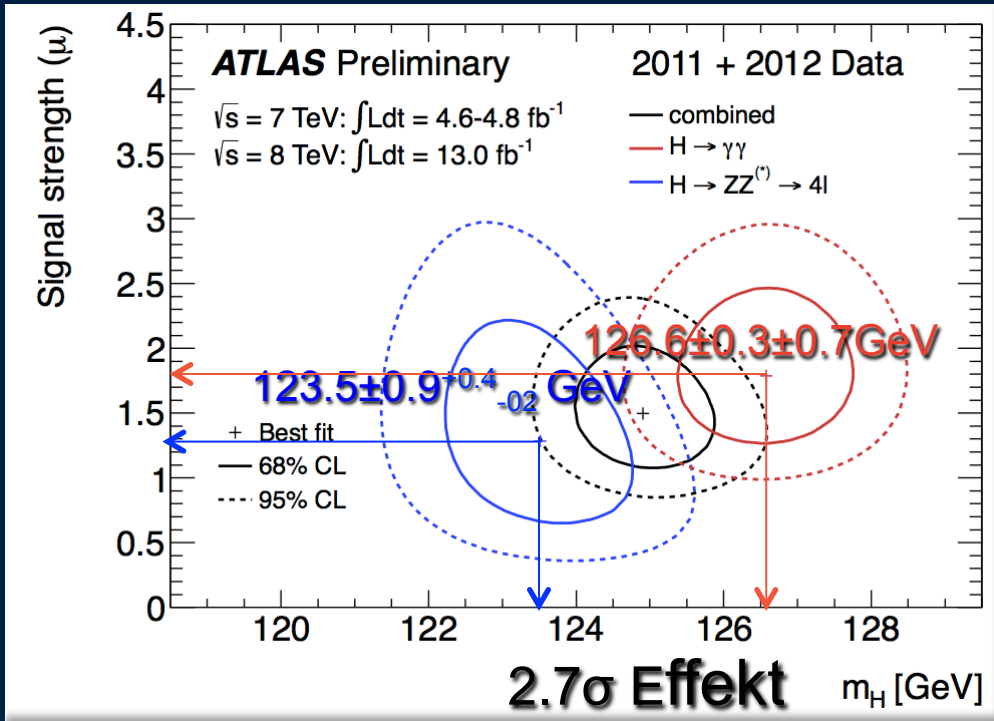
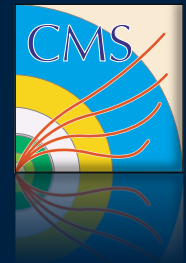
# „DAS“ Higgs- Boson?

Dezember 2012



# „DAS“ Higgs- Boson?

Dezember 2012  
offene Fragen



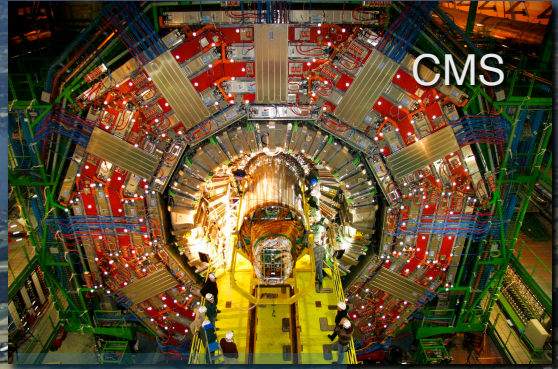
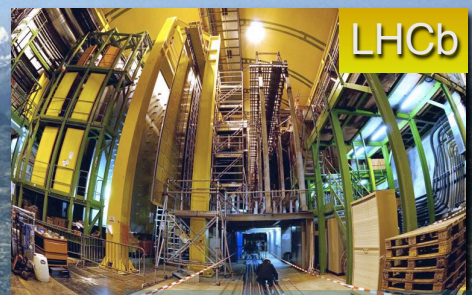
Offene Fragen:

- ❖ Higgs Masse ?
- ❖ Signal Stärke ?
- ❖ Spin ?

CMS:  $m_H = 125.8 \pm 0.4 \pm 0.4 \text{ GeV}$

→ Neue Ergebnisse auf den Winterkonferenzen

# Der LHC und die LHC-Experimente sind Meisterwerke der Technologie!



ETH Zurich  
PSI  
Universität Zürich

Innovative Technologien entwickelt  
Die Schweizer Industrie hat eine wichtige Rolle gespielt



EPFL  
Universität Zürich

ATLAS  
CERN Meyrin  
Universität Bern  
Universität Genf

CERN Préessin

SPS 7 km

ALICE





Superconducting Coil

4 Tesla  
ETHZ

Crystal Calorimeter

76000 scintillating  
PbWO<sub>4</sub> crystals  
ETHZ, PSI

Pixels

Silicon Microstrips  
210 m<sup>2</sup> of silicon sensors  
PSI, ETHZ, UNZ

**CMS Detector**

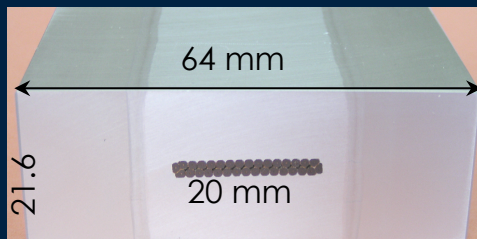
Weight: 12'500 t  
Diameter: 15 m  
Length: 21.6 m  
Magnetic field: 4 T

~ 100M individual  
detecting elements



# CMS SC Magnet

Die Herausforderung:  
Entwicklung eines zuverlässigen Supraleiters, der ein 4 T Feld in einem Volumen von 360 m<sup>3</sup> erzeugen kann



Strom: 19'140 A  
Gespeicherte Energie: 2.5 GJ



Ende Produktion:  
Frühling 2003

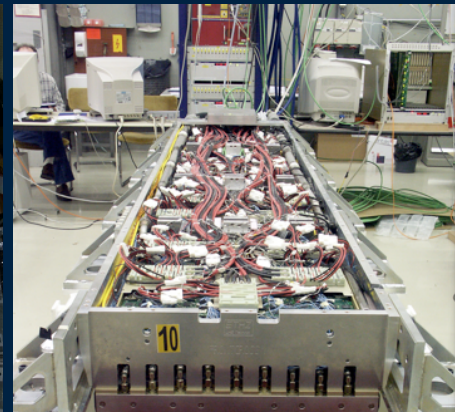
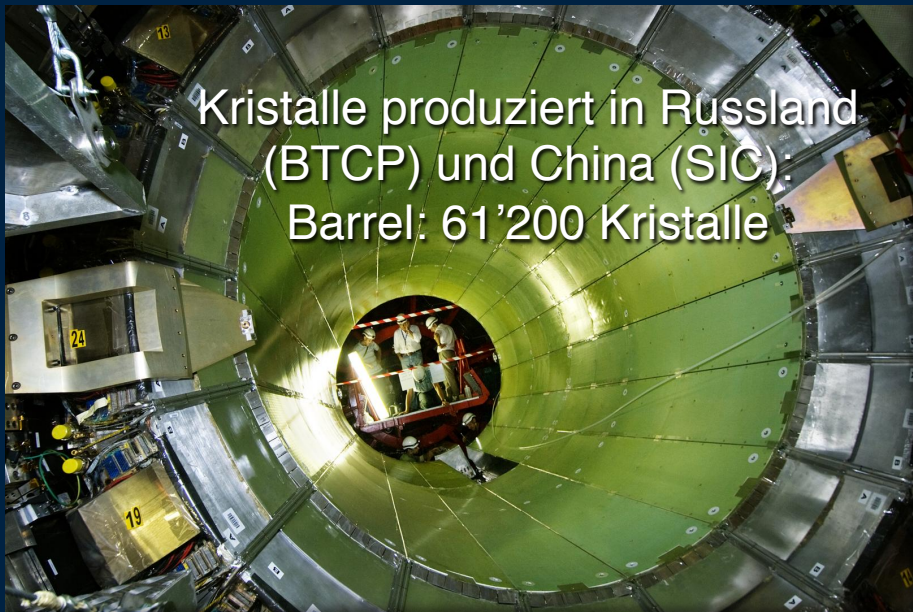


Eine 2600 m lange Leitereinheit:  
Non-Stopp-Produktion von 32 Stunden  
Insgesamt 21 Leitereinheiten (1 Prototyp)

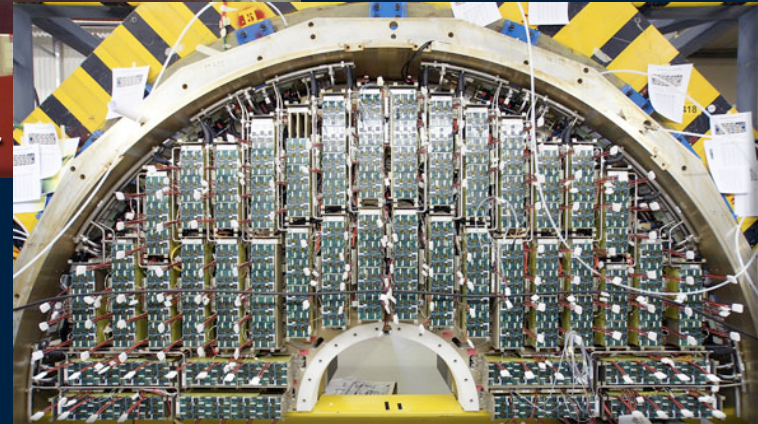
# CMS Kristallkalorimeter

## Die Herausforderung:

Bau eines elm. Kalorimeters mit ausgezeichneter Performance ( $\sim 76'000$  PbWO<sub>4</sub> Kristalle mit gleichen physikalischen Eigenschaften) und komplexe Auslese-Elektronik, welches den hohen Anforderungen am LHC Rechnung trägt



Unter



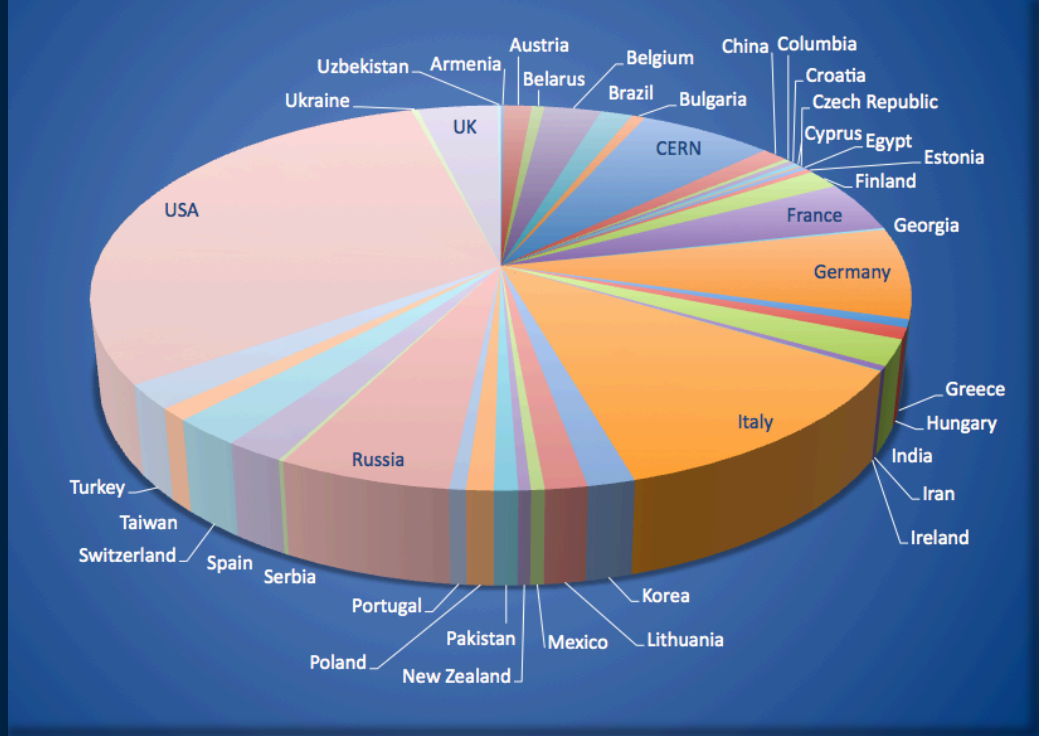
Erstes Supermodule (1700 Kristalle) im Sept 2004 fertiggestellt; im Juli 2007 Barrel Installation abgeschlossen (36 SM);  
Endcap Konstruktion begann in 2007; im August 2008 Installation abgeschlossen



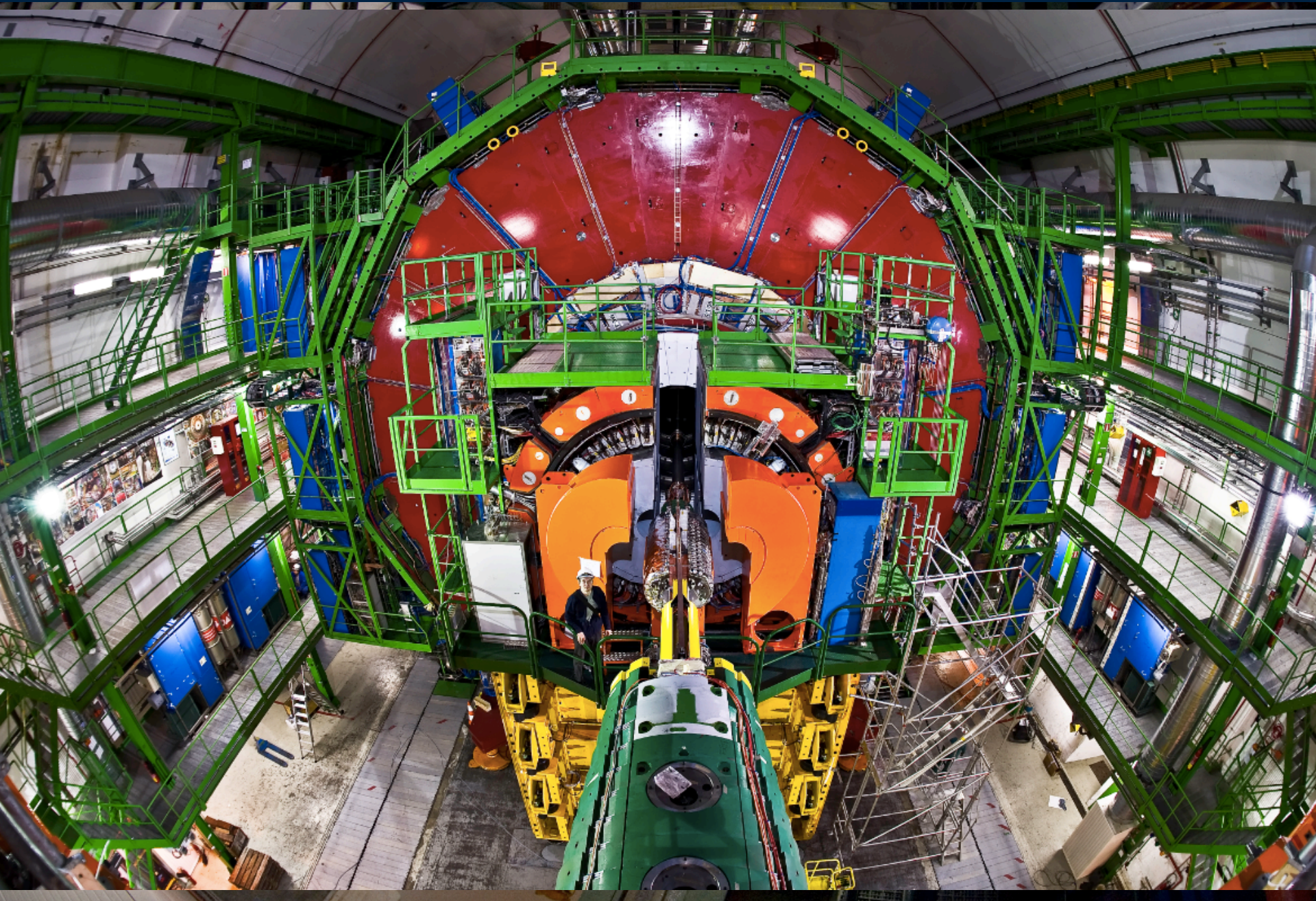
# Grosse Internationale Kollaboration



**CMS Kollaboration**  
 ~4000 Mitglieder  
 ~40 Länder  
 ~180 Institute



1998      1999      2000      2001      2002      2003      2004      2005      2006      2007      2008



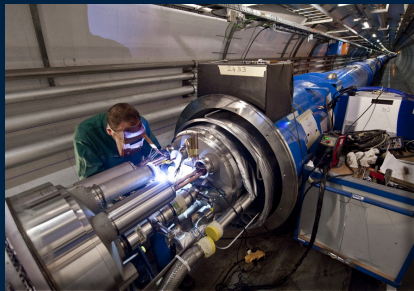
# LHC – Next Steps: 2013 – 2021

..... as of today .....

Now:  $25\text{fb}^{-1}$  /experiment

$200\text{fb}^{-1}$

$500\text{fb}^{-1}$

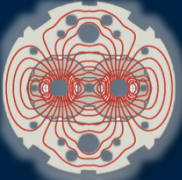


Start in 2015 with an essentially new machine!  
Start with  $\sim 13\text{ TeV} \rightarrow 14\text{ TeV}$

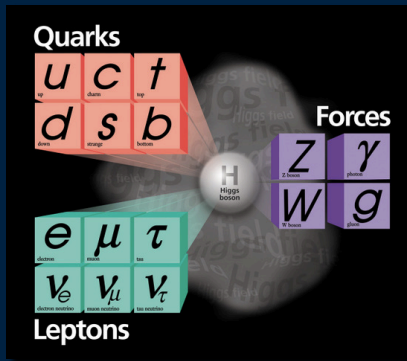
Heavy ion run at end of each year

Consolidation for LHC operation at  $E_{\text{cm}} \sim 14\text{ TeV}$   
Upgrades/consolidation of LHC experiments  
LS1: 13.2.2013 – Dec 2014

HI-LHC?  
HE-LHC?

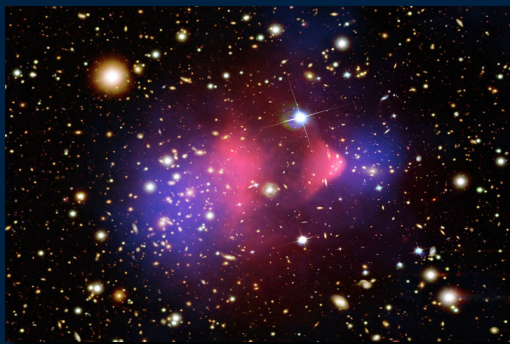
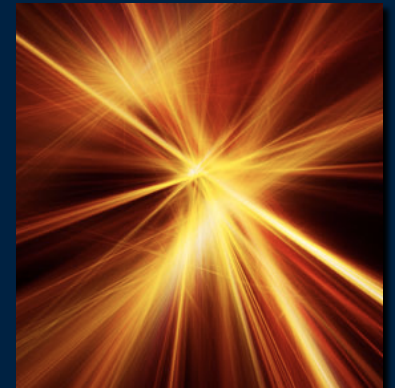


Das Studium der LHC-Daten wird es uns ermöglichen, einige der „grossen Fragen“ Physik zu beantworten ...



Haben wir „DAS“ **Higgs-Teilchen** entdeckt, welches für die Masse aller Teilchen verantwortlich ist?

Werden wir den Grund finden, warum **Antimaterie und Materie** sich nicht gegenseitig völlig zerstört hat?



Finden wir die Teilchen, aus denen die geheimnisvolle **"dunkle Materie"** in unserem Universum besteht?



**Vielen Dank für Ihre  
Aufmerksamkeit!**

SUISSE  
FRANCE

CMS

LHCb

CERN Prévessin

ATLAS

CERN Meyrin

SPS 7 km

ALICE

LHC 27 km