

Die Forschung am LHC und das CMS Experiment



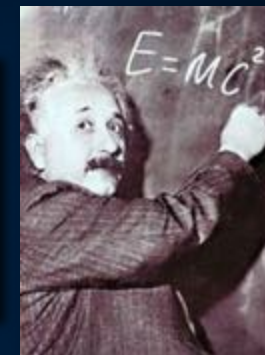
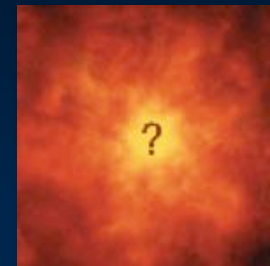
accelerating science and innovation



Die Mission des CERN

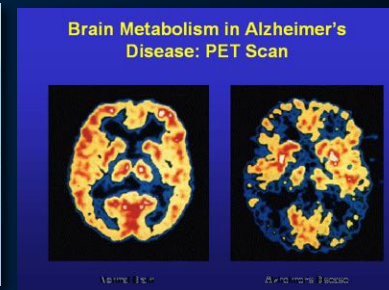
□ **Verschiebung** der Grenzen unseres Wissens

z.B welche Teilchen und Kräfte gab es in den ersten Augenblicken unseres Universums?



□ **Entwicklung** neuer Technologien für Detektoren und Beschleuniger

Informationstechnologie – Web und GRID
Medizin - Diagnose und Therapie



□ **Ausbildung** der Wissenschaftler und Ingenieure von morgen



□ **Völkerverständigung**: Zusammenbringen von Menschen aus verschiedenen Ländern und Kulturen



CERN gegründet in 1954 (12 Europäische Staaten)



Louis De Broglie:

*“A laboratory where it would be possible to carry out **scientific work** above and beyond the framework of the various nations taking part*

*.....
an engine for peaceful collaboration across borders”*

Heute:

21 (20 Europäische) Mitgliedsstaaten

Einige Assoziierte Mitgliedsstaaten

→ Grösstes Teilchenphysiklabor in der Welt

~ 2300 Mitglieder (Staff)

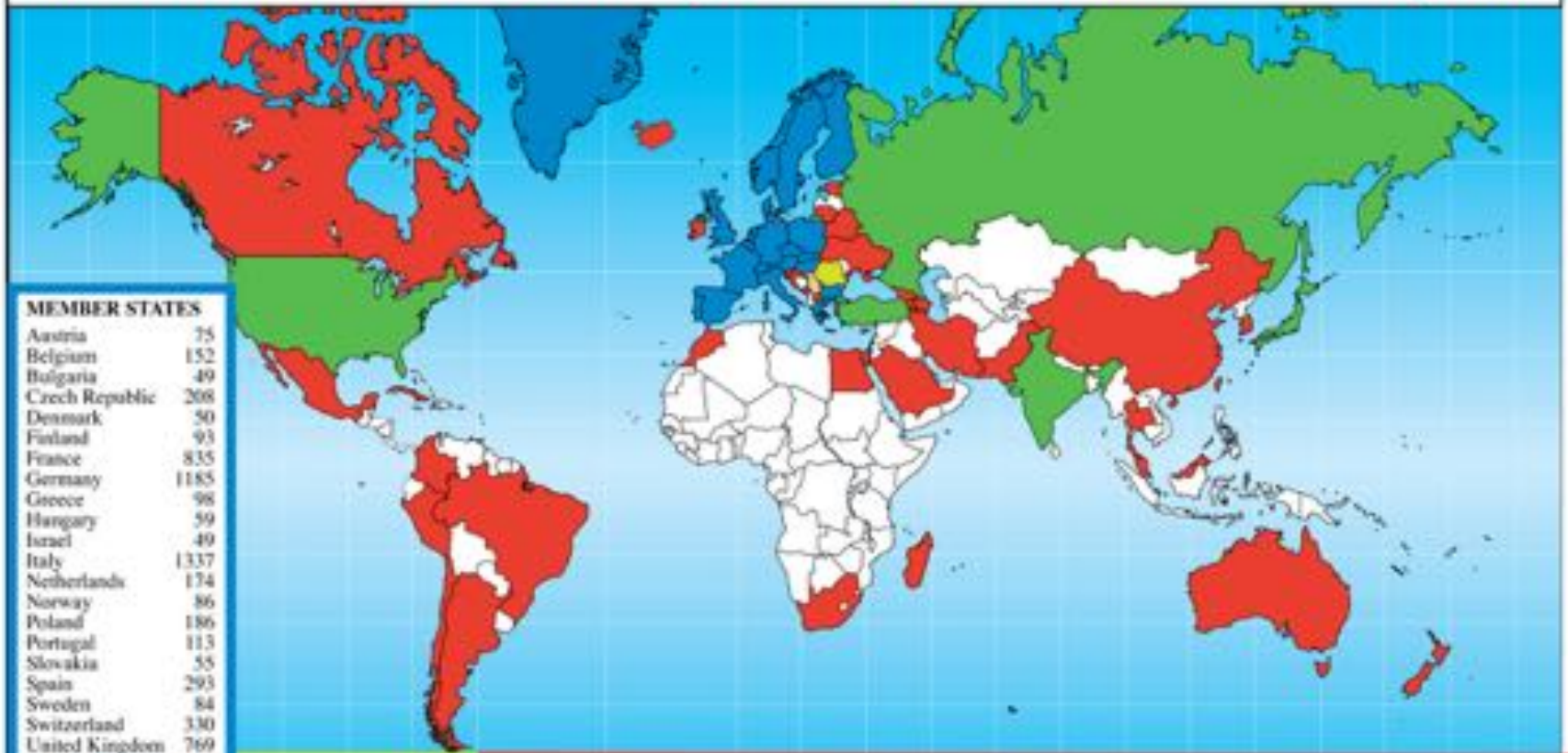
~ 1000 Fellows, etc

~ 11000 Benützer

Budget (2014) ~1000 MCHF

Eine globale wissenschaftliche Gemeinschaft

Distribution of All CERN Users by Location of Institute on 14 January 2014



MEMBER STATES

Austria	75
Belgium	152
Bulgaria	49
Czech Republic	208
Denmark	50
Finland	93
France	835
Germany	1185
Greece	98
Hungary	59
Israel	49
Italy	1337
Netherlands	174
Norway	86
Poland	186
Portugal	113
Slovakia	55
Spain	293
Sweden	84
Switzerland	330
United Kingdom	769

6280

OBSERVERS

India	153
Japan	217
Russia	890
Turkey	110
USA	1724

3094

CANDIDATE FOR ACCESSION

Romania	86
---------	----

ASSOCIATE MEMBER IN THE PRE-STAGE TO MEMBERSHIP

Serbia	30
--------	----

OTHERS

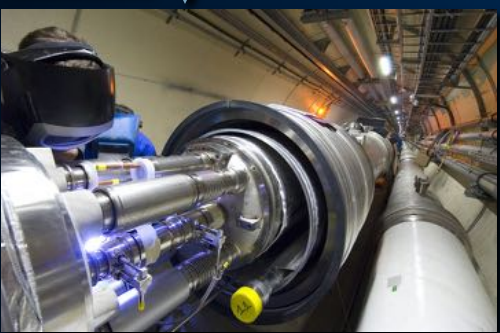
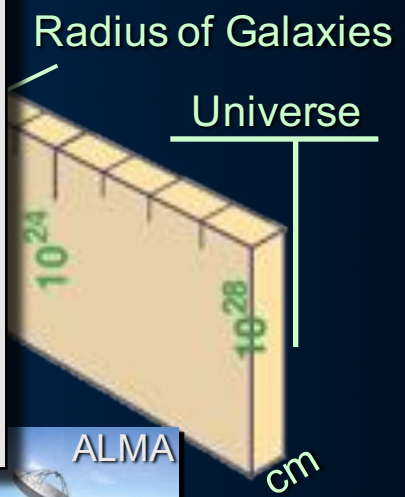
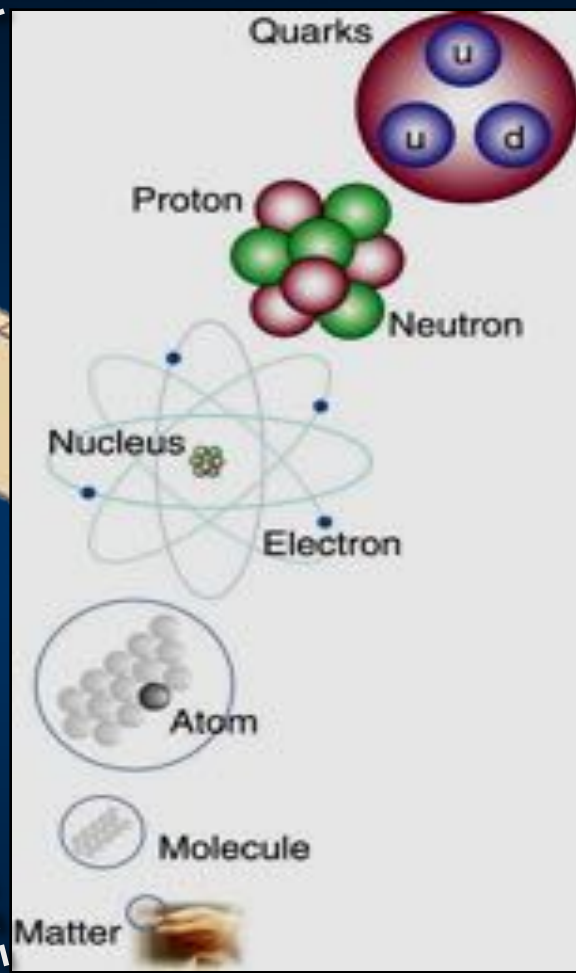
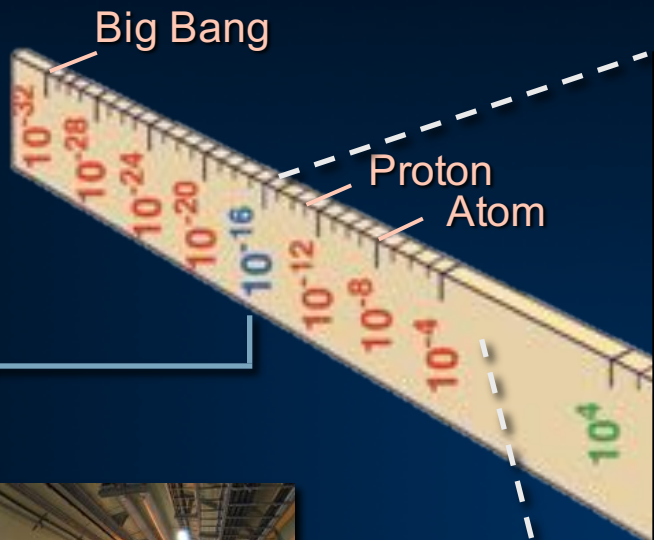
Argentina	13
Armenia	16
Australia	39
Azerbaijan	2
Belarus	24
Brazil	116
Canada	147
Chile	8

China	122
China (Taipei)	71
Colombia	10
Croatia	23
Cuba	3
Cyprus	13
Egypt	18
Estonia	17
Georgia	11
Iceland	4

Iran	20
Ireland	5
Korea	105
Lithuania	13
Madagascar	3
Malaysia	8
Mexico	46
Montenegro	1
Morocco	6
New Zealand	5

Pakistan	18
Peru	2
Saudi Arabia	3
Slovenia	25
South Africa	32
Thailand	8
T.F.Y.R.O.M.	1
Ukraine	24

982



LHC

Super-Mikroskop

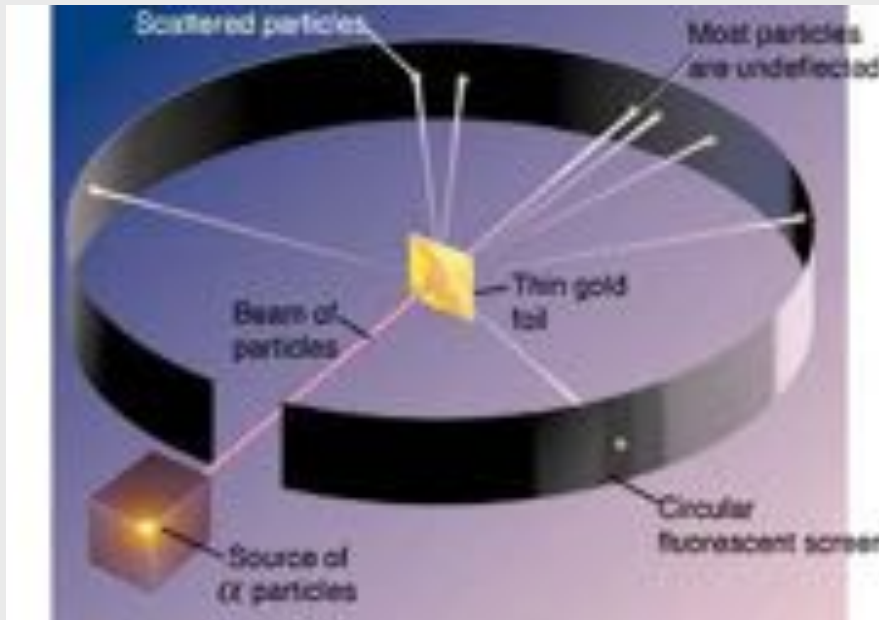


Studium der Physik Gesetze der ersten Augenblicke nach dem Big Bang
 → zunehmende Symbiose zwischen Teilchenphysik, Astrophysik und Kosmologie

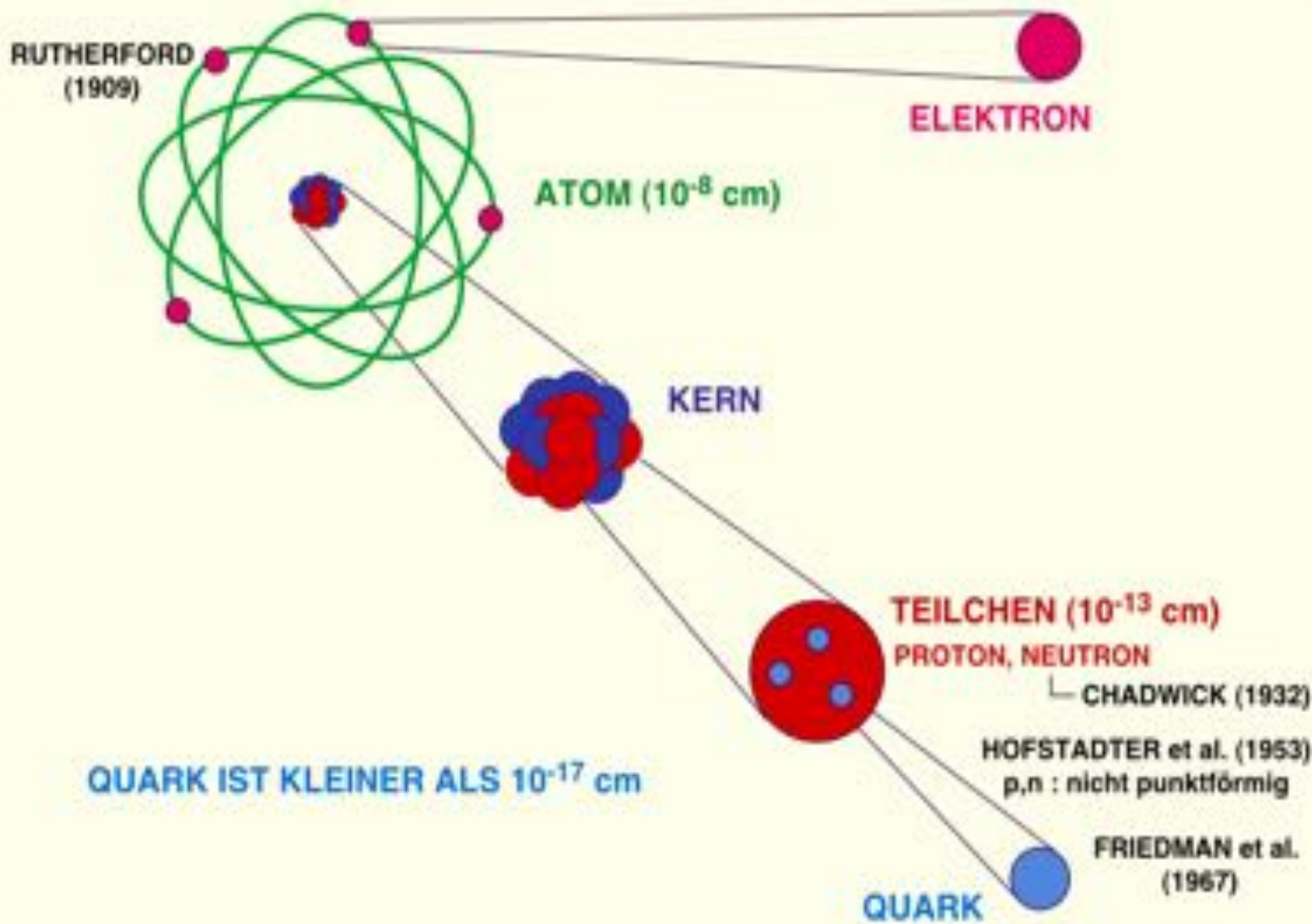


Die Anfänge

- Entdeckung des Atomkerns durch Rutherford:
 - 100 Jahre später machen wir eigentlich immer noch genau dasselbe ... mit “Strahlen”, die 1 Million mal energetischer sind



“It was the most incredible event that ever happened in my life. It was almost as incredible as if you fired a 15-inch shell at a piece of tissue paper and it came back and hit you”



Der Higgs Mechanismus

ohne Higgs Feld



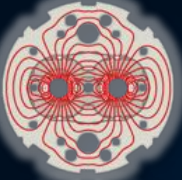
kleine Masse

mit Higgs Feld

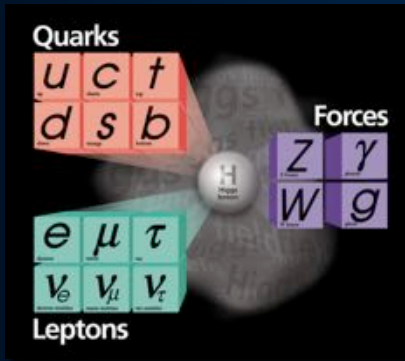


grosse Masse



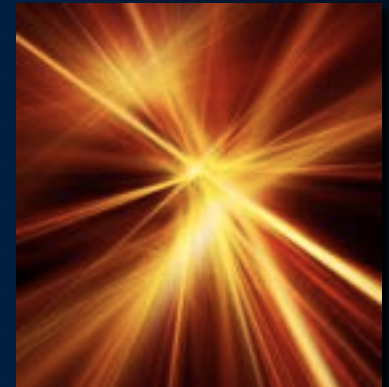


Das Studium der LHC-Daten wird es uns ermöglichen, einige der „grossen Fragen“ Physik zu beantworten



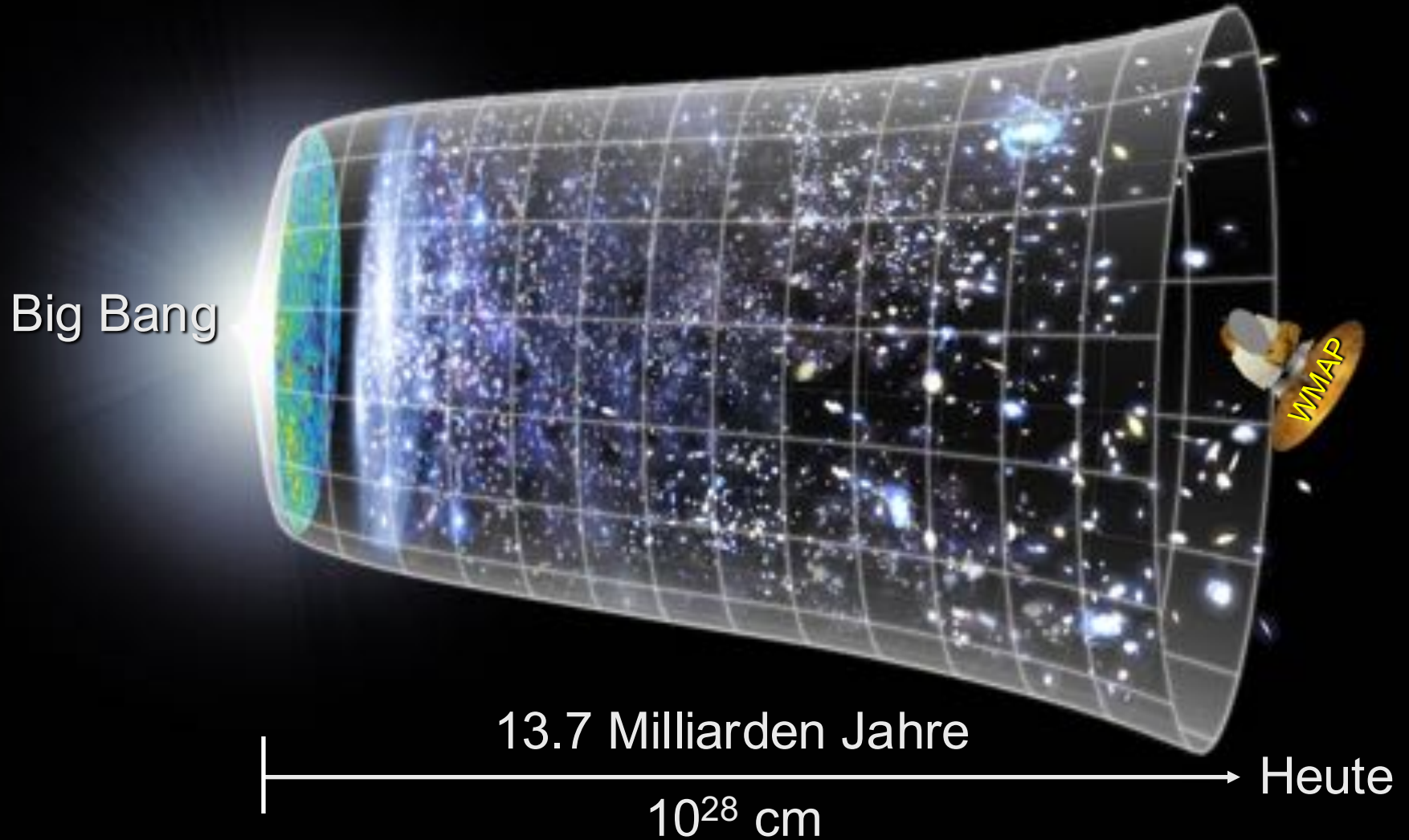
Haben wir **DAS Higgs-Teilchen** entdeckt, welches für die Masse der Teilchen verantwortlich ist?

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

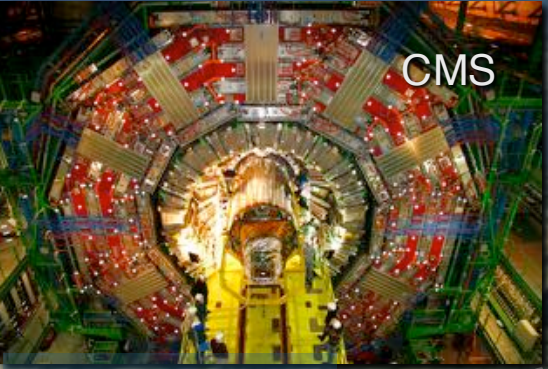


Finden wir die Teilchen, aus denen die geheimnisvolle **"dunkle Materie"** in unserem Universum besteht?

Die nächste wissenschaftliche Herausforderung:
die ersten Augenblicke unseres Universums nach dem Urknall zu verstehen



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



CMS

ETH Zurich
PSI
Universität Zürich



LHCb

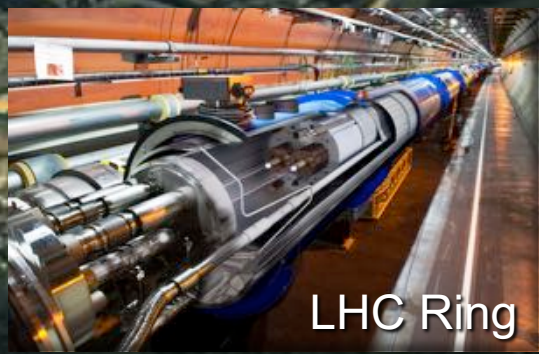
EPFL
Universität Zürich



ATLAS

Universität Bern
Universität Genf

Innovative Technologien entwickelt
Die Schweizer Industrie hat eine wichtige Rolle gespielt



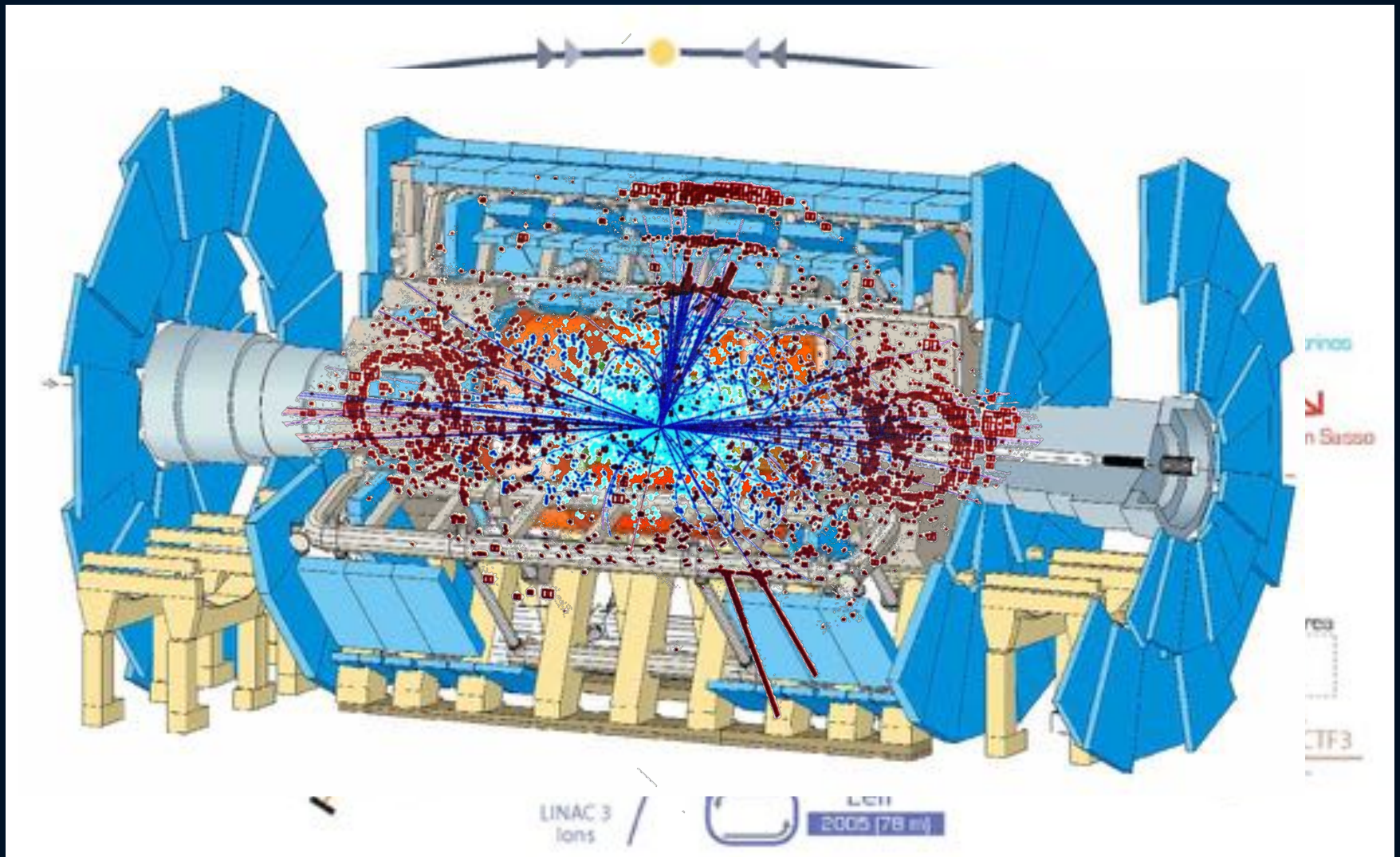
LHC Ring



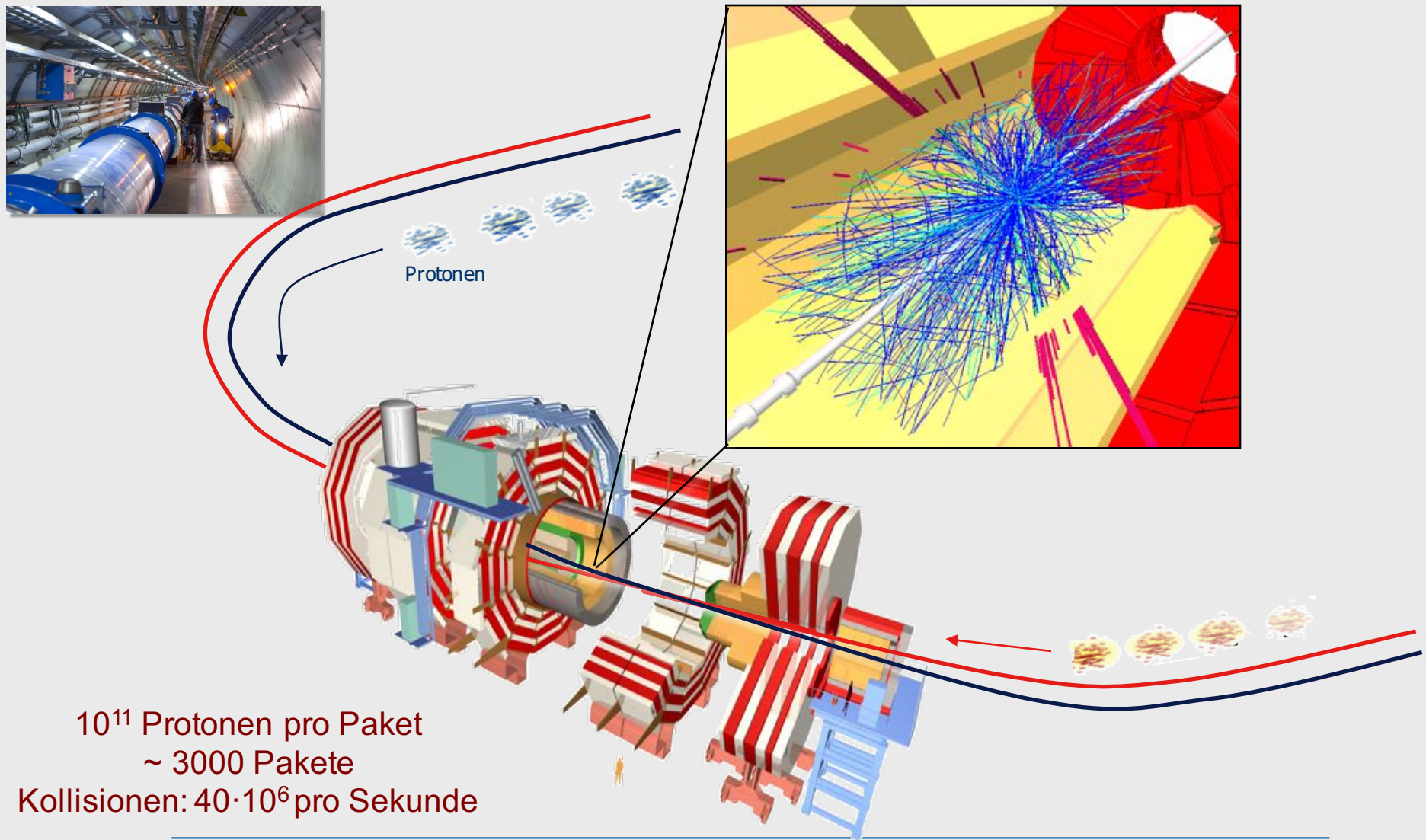
ALICE



Die Kette der Teilchenbeschleuniger am CERN



Kollisionen im LHC

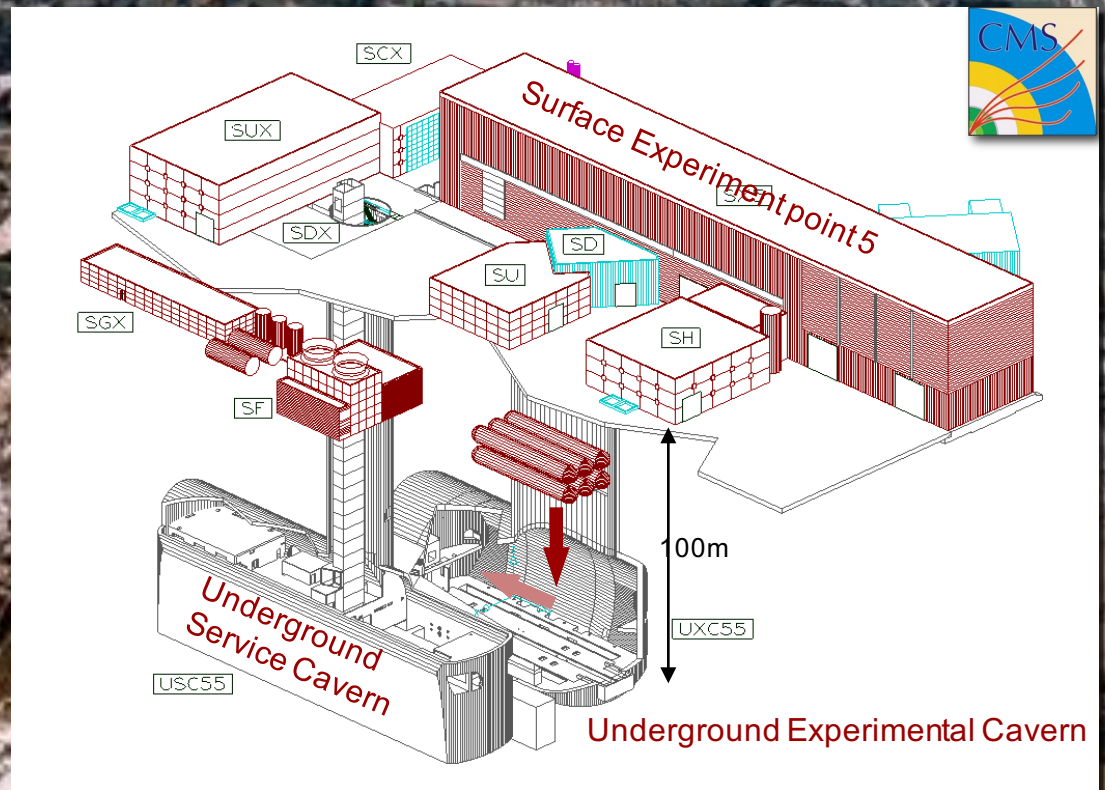
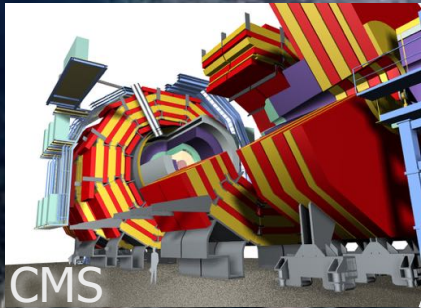


10^{11} Protonen pro Paket

~ 3000 Pakete

Kollisionen: $40 \cdot 10^6$ pro Sekunde

Konstruktion von CMS am Punkt 5 des LHC



Konstruktion am Punkt 5
begann Ende 1999

Installation, 100m unterirdisch

Start : Nov 2006



Schwerstes Element:
(~ 2000 t): 28. Feb. 2007



.... Gewicht von ca. 5 Jumbo Jets ,
oder 3.5 Airbus380....



Superconducting Coil

4 Tesla
ETHZ

Crystal Calorimeter

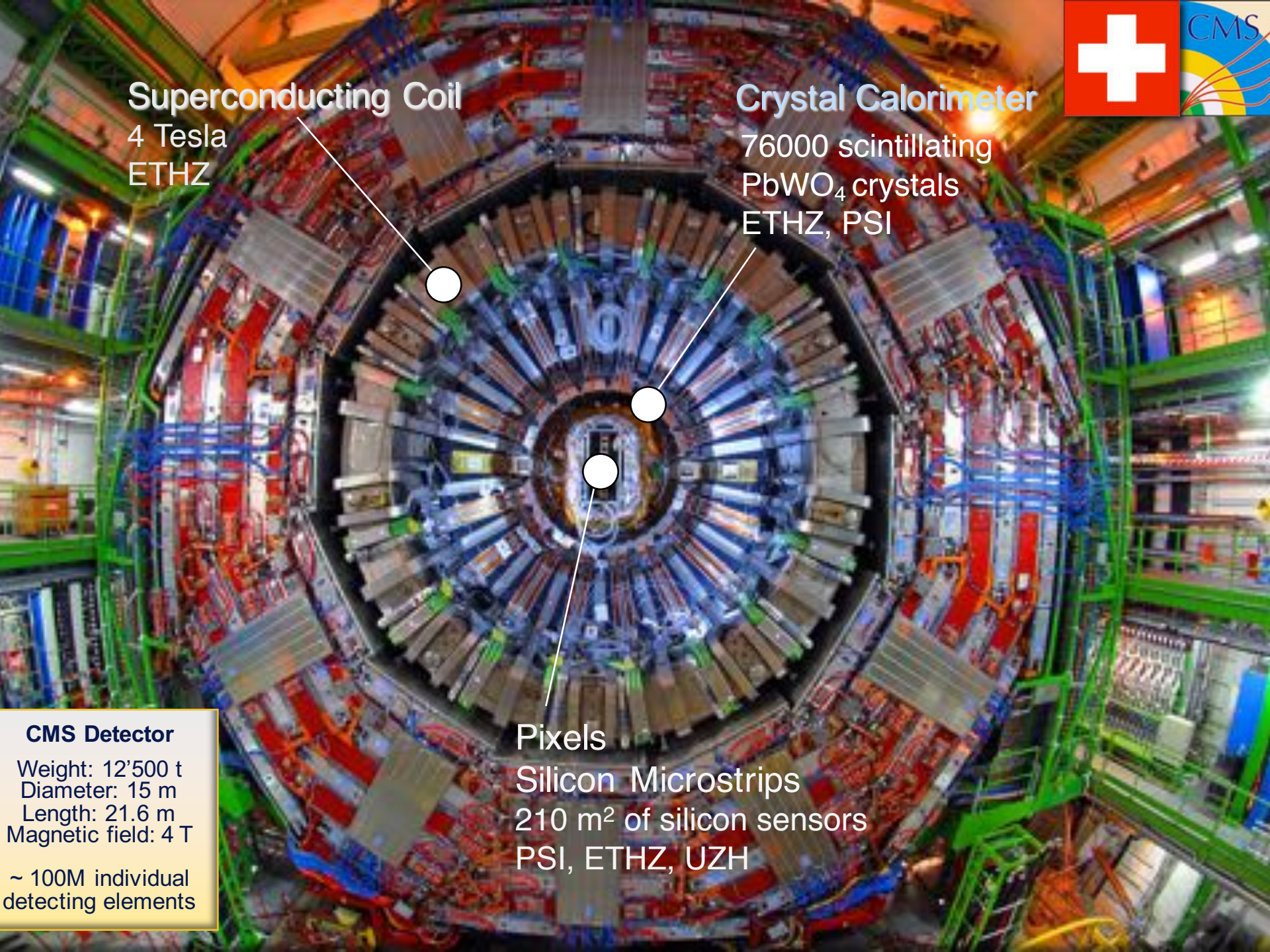
76000 scintillating
PbWO₄ crystals
ETHZ, PSI

Pixels

Silicon Microstrips
210 m² of silicon sensors
PSI, ETHZ, UZH

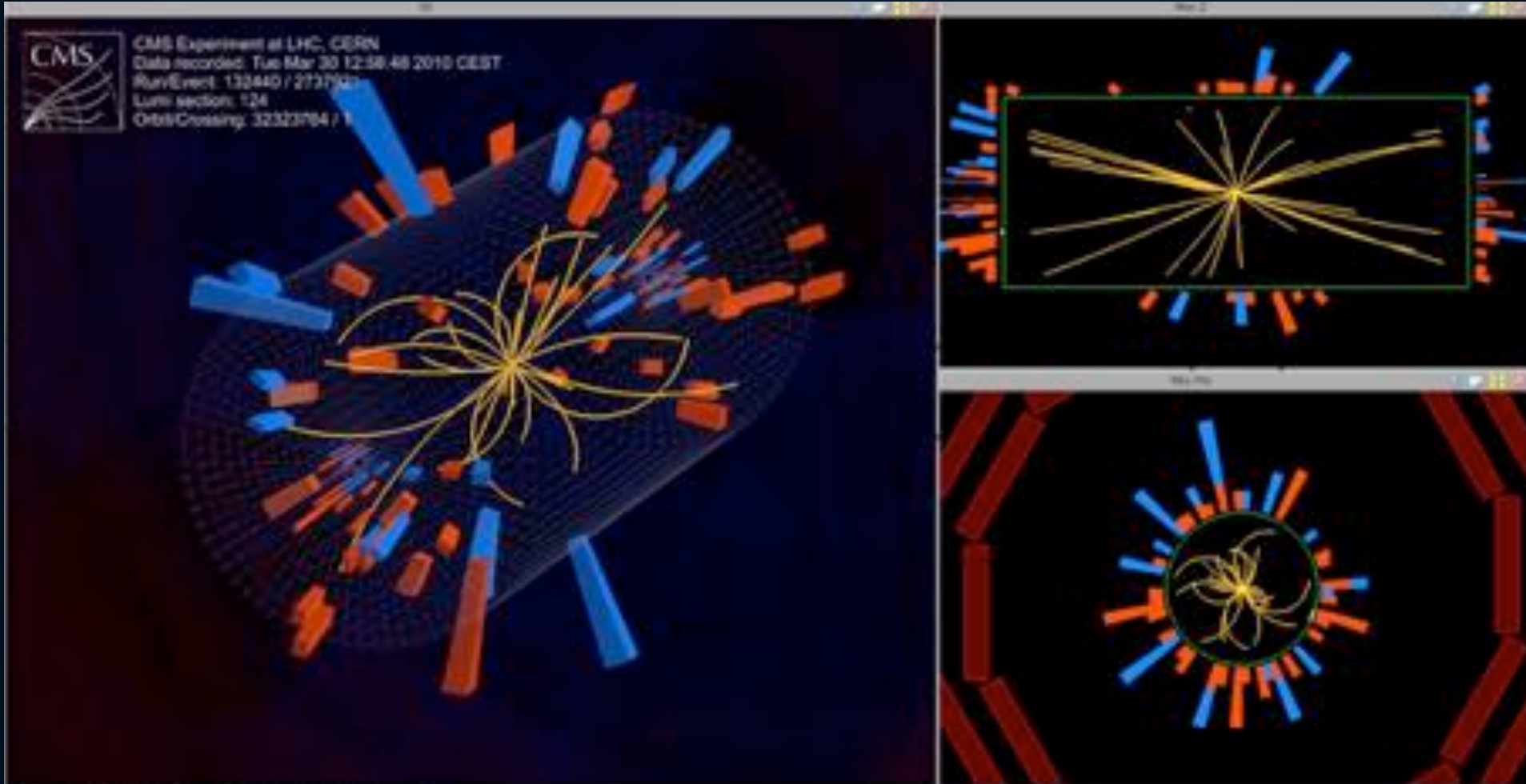
CMS Detector

Weight: 12'500 t
Diameter: 15 m
Length: 21.6 m
Magnetic field: 4 T
~ 100M individual
detecting elements





Teilchen - Kollisionen



Riesige Datenmengen



~ 100 Millionen Auslesekanäle

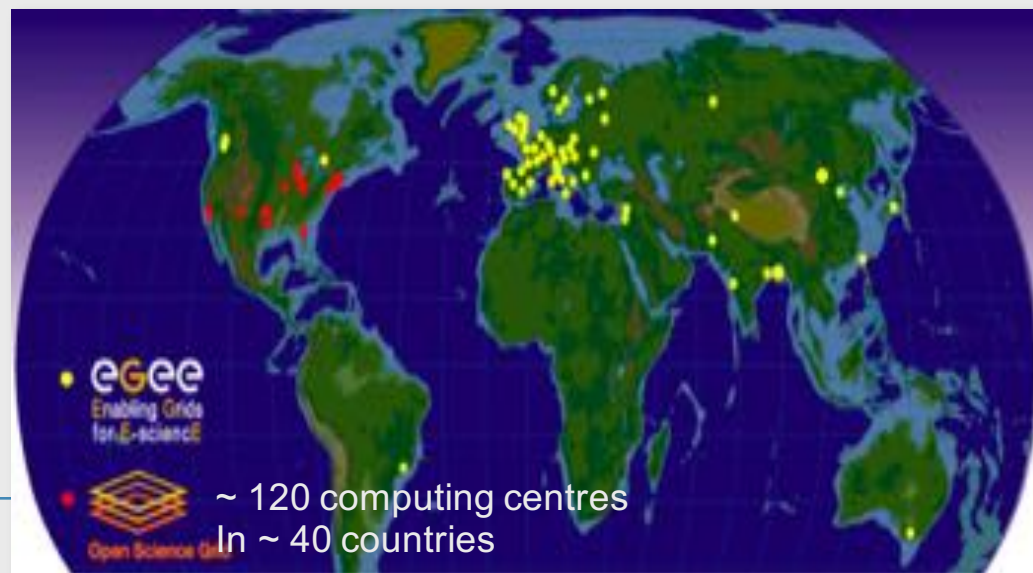
Ein “digitales Foto” alle 25 Nanosekunden,
d.h. 40 Millionen Fotos pro Sekunde !

Alle Experimente zusammen: ~3 Gb/sec



GRID-Computing !
Weltweite Kollaboration

Daten-Volumen pro Jahr: **22 Petabytes**

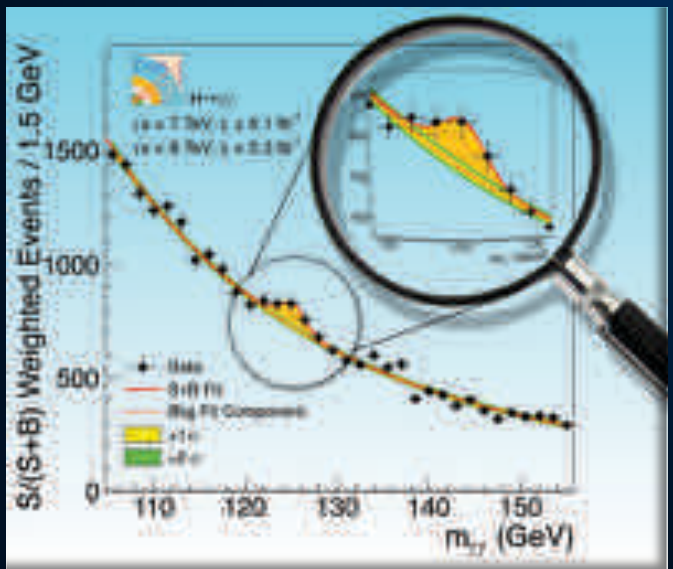
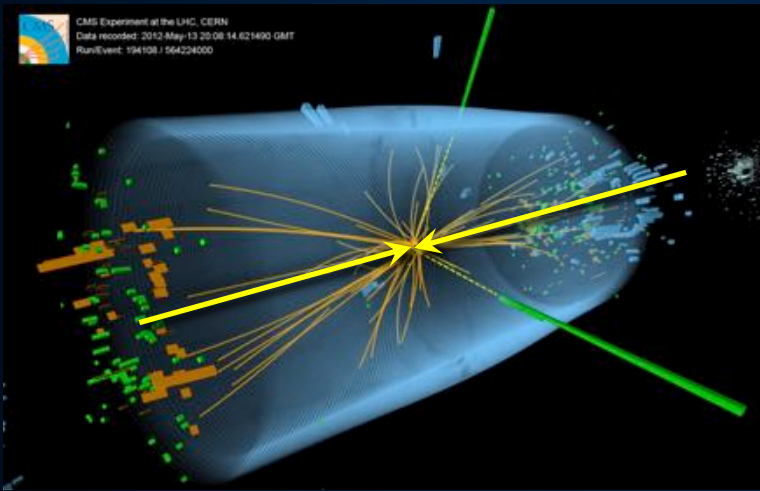




4. Juli 2012: CERN Experimente weisen ein Teilchen nach - im Einklang mit dem lange gesuchten Higgs-Boson ”



~ 4 Milliarden Ereignisse aufgezeichnet (keiner Bruchteil aller pp Kollisionen);
 → erwarte ~ 200 Higgs Ereignisse (im Massenbereich des erwarteten Signals, Ende 2011)



“The highlight of a remarkable year 2012”

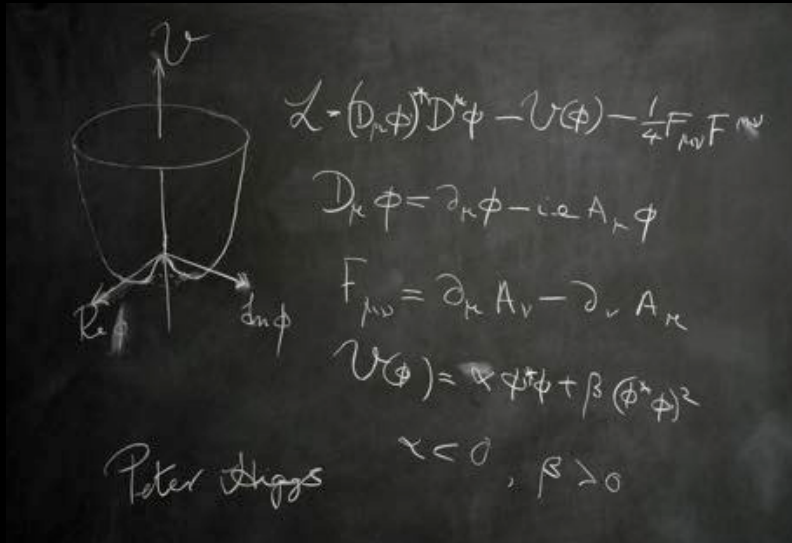


... ein historischer Meilenstein - aber es ist erst der Anfang.....

Der Nobel Preis in Physik 2013



François Englert & Peter Higgs



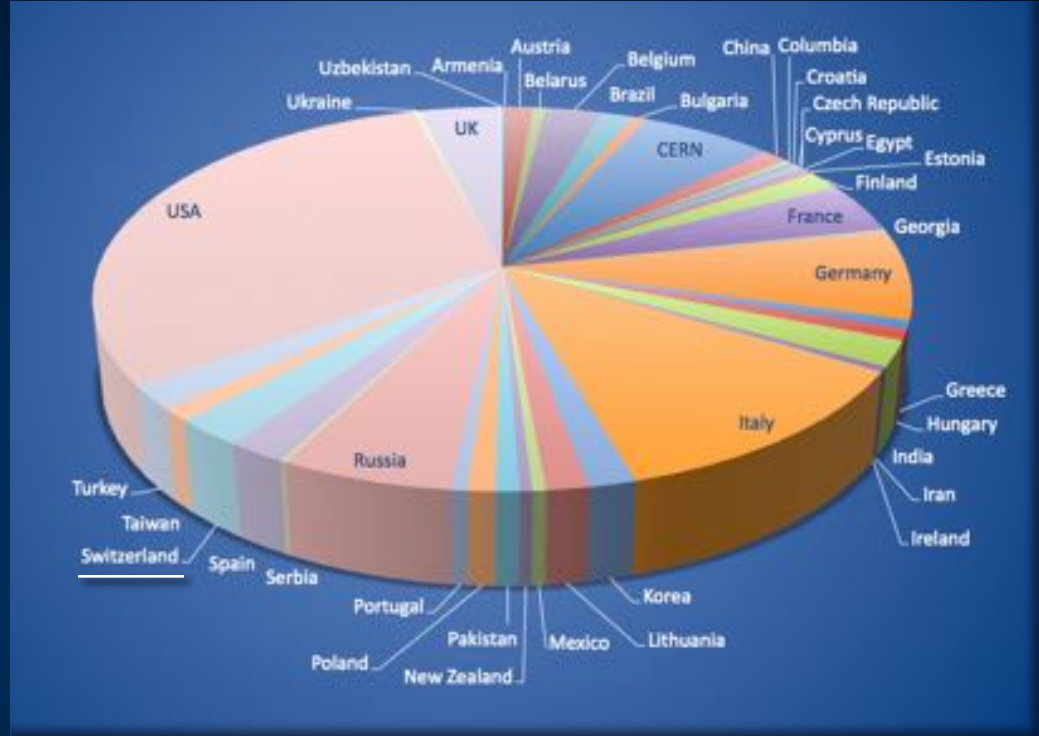
„Für die theoretische Entdeckung eines Mechanismus, der zu unserem Verständnis des Ursprungs der Masse subatomaren Teilchen beiträgt, und der kürzlich durch die Entdeckung des vorhergesagten Elementarteilchens durch die ATLAS und CMS Experimente am Large Hadron Collider des CERN bestätigt wurde“



Globales Wissenschaftliches Projekt



CMS Kollaboration
 ~4000 Mitglieder
 ~40 Länder
 ~180 Institute



1998 1999 2000 2001 2002 2003 2004 2005 2006 2007 2008

LHC – nächsten Schritte: 2013 – 2021

..... Gegenwärtiger Zeitplan.....



Starten Sie im Jahr 2015 mit einer im wesentlichen neuen Maschine!

Datennahme bis Q2 2018
Start mit ~ 13 TeV → 14 TeV

Nach 2024:
HI-LHC?
HE-LHC?
100TeV?

Konsolidierung für LHC-Betrieb bei $E_{cm} \sim 14$ TeV
Upgrades / Konsolidierung der LHC-Experimente
LS1: 13.2.2013 – Q2 2015

Was bringt uns das?

Beispiel World Wide Web



interesting, but vague...

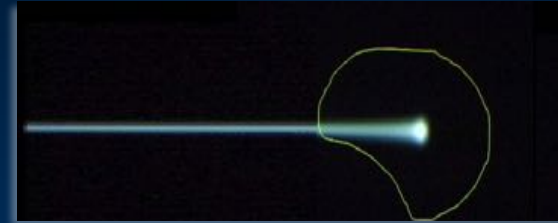
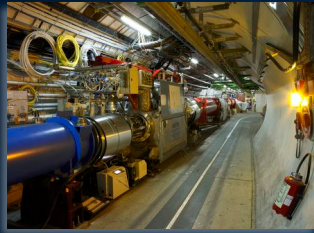


www.cern.ch

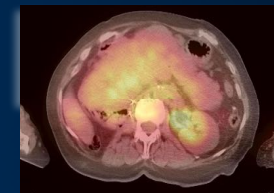
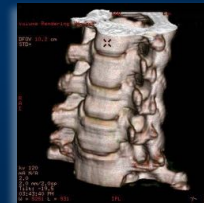
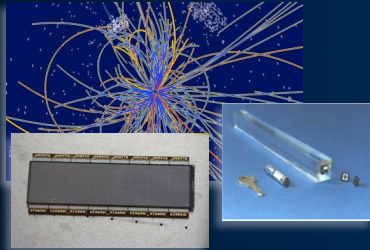
vor ca. 20 Jahren entwickelt :
undenkbar, dass dies die moderne Informationsgesellschaft
revolutionieren würde...

Medizinische Anwendungen

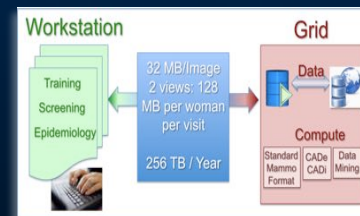
Teilchenstrahlen für Tumorbekämpfung



Teilchen-Detektor Technologien für die medizinische Bildgebung



Grid Technologie für medizinische Datenverwaltung und Analyse



An aerial photograph of the CERN facility in Switzerland, showing the LHC and various detectors. A large yellow oval highlights the LHC tunnel. Labels include 'LHCb', 'ATLAS', 'CERN', 'ALICE', 'CMS', 'LHC 27 km', 'SUISSE', and 'FRANCE'.

**Vielen Dank für die
Aufmerksamkeit!**