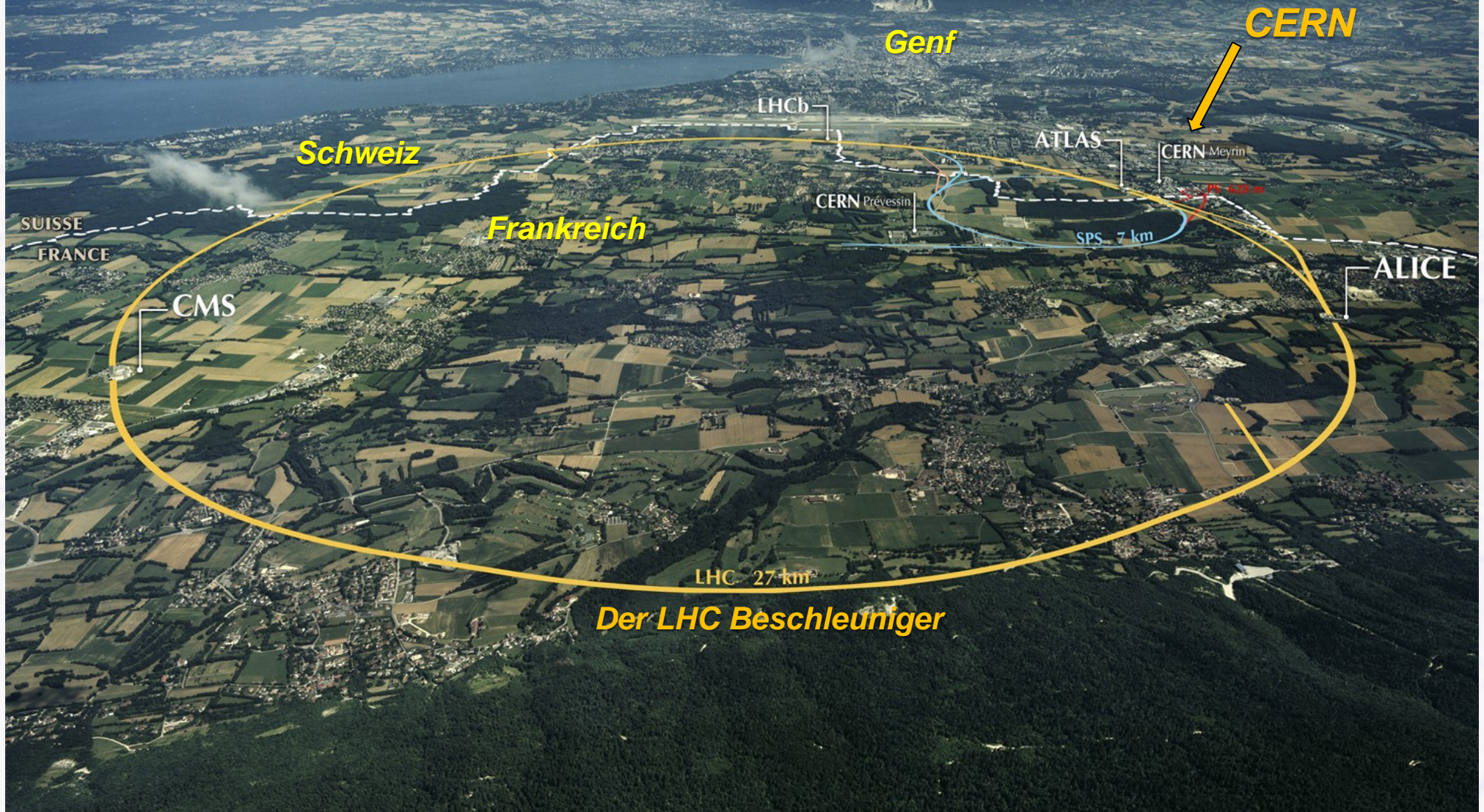


# CERN

**Das europäische Forschungszentrum für Teilchenphysik**  
(Conseil Européen pour la Recherche Nucléaire)



# CERN wurde 1954 gegründet: 12 europäische Länder “Wissenschaft für den Frieden”

Heute: 21 Mitgliedsländer (zuletzt: Israel, 6. Jan 2014)

~ 2500 Angestellte

~ 1000 weiteres Personal

> 11000 “Benutzer”

Budget (2013) ~1100 MSFr

**Mitgliedsländer:** Österreich, Belgien, Bulgarien, Tschechische Republik, Dänemark, Finnland, Frankreich, Deutschland, Griechenland, Ungarn, Israel, Italien, Niederlande, Norwegen, Polen, Portugal, Slowakei, Spanien, Schweden, Schweiz und Großbritannien

**Beitrittskandidaten:** Rumänien

**Assoziierte Mitglieder in der Vorstufe zur Mitgliedschaft:** Serbien

**Staaten mit der Absicht auf (assoziierte) Mitgliedschaft:**

Brasilien, Zypern (vorbehaltlich Ratifizierung), Pakistan, Rußland, Slovenien, Türkei, Ukraine (vorbehaltlich Ratifizierung)

**Beobachter:** Indien, Japan, Rußland, Türkei, Vereinigte Staaten von Amerika; Europäische Kommission und UNESCO

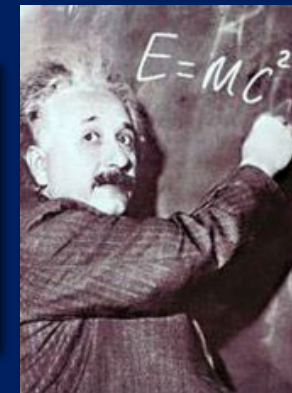




# Die Aufgaben von CERN

## □ **Vorantreiben** der Grenzen des Wissens

den Urknall erforschen ...wie und was war die Materie in den ersten Momenten nach dem Urknall?



## □ **Entwicklung** neuer Techniken für Beschleuniger und Detektoren

Informationstechnologie - das Web

Medizin - Diagnose und Therapie



## Research

## □ **Ausbildung** von Wissenschaftlern und Ingenieuren von morgen



## □ **Zusammenführen** von Menschen aus verschiedenen Ländern und Kulturen



# Geschichte des Universums

## Der Urknall (Big Bang) war der Anfang von Raum und Zeit

→ Teilchenphysik bei hohen Energien (durch Beschleuniger) kann den Zustand des Universums nur **10<sup>-12</sup> s nach dem Urknall erforschen**

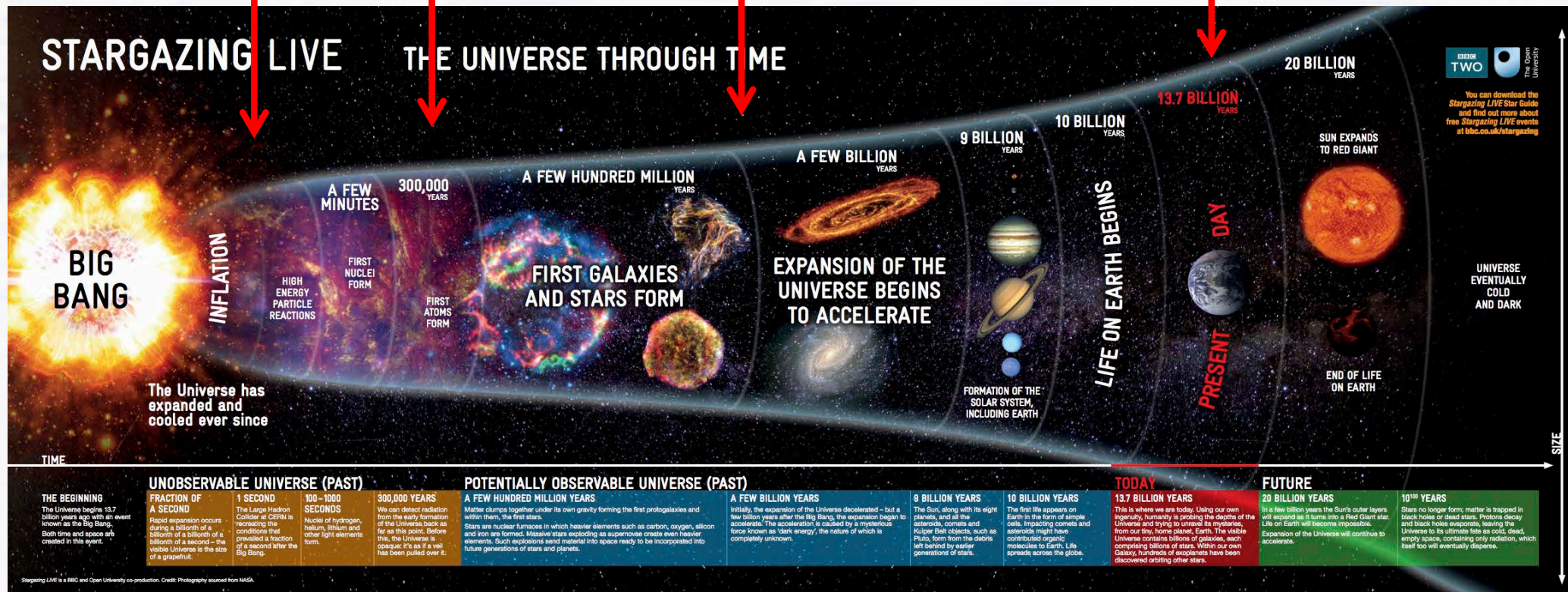
Die Energie in den Teilchenkollisionen ist die gleiche wie im frühen Universum

**LHC**

Satelliten

Teleskope

heute (13.7 x 10<sup>9</sup> Jahre nach dem Urknall)



# CERN's wissenschaftliche Aufgaben

- **Grundlagenforschung** mit Elementarteilchen bei höchsten Energien (Hochenergiephysik)
  - Bau und Betrieb des weltweit grössten Teilchenbeschleunigers **LHC (Large Hadron Collider)** seit 2009
  - 27km Tunnel, **4 (riesige) Teilchendetektoren** in unterirdischen Kavernen
  - **Wissenschaftliche Ziele**
    - Suche nach dem **Higgs Teilchen (GEFUNDEN!)** + präzise Vermessung der Eigenschaften
    - Suche nach **neuen Teilchen** (z.B. dunkle Materie Teilchen)
- **Weitere Forschungsgebiete (Auswahl):**
  - **Antimaterie** (5 Experimente am Antiprotonen “Entschleuniger” AD)
    - Unterschiede zu Materie, Spektroskopie, Anziehung im Schwerfeld
  - **Neutrinooszillationen** (Neutrinostrahl nach Italien, **OPERA + ICARUS**)
    - Umwandlung von Muon-Neutrinos in Tau-Neutrinos
  - **Proton-Struktur (COMPASS Experiment)**

# Wissenschaftliche Vielfalt am CERN

## ● ISOLDE Radioaktive Ionenstrahlen

- Grundlagenforschung an radioaktiven Isotopen
- neu: MEDICIS (radioaktive Isotope für die Medizinforschung)

## ● nTOF (neutron Time-of-Flight Facility)

- nukleare Astrophysik + Kernphysik, Dosimetrie + Strahlungsschäden

## ● CLOUD Experiment

- Einfluß von kosmischer Strahlung auf die Wolkenbildung



## ● AMS (Alpha Magnetic Spectrometer)

- Suche nach Antimaterie in kosmischer Strahlung
- Auf der International Space Station mit vorletztem Space Shuttle Flug STS-134 im Mai 2011
- AMS Kontrollzentrum am CERN



# Aufbau der Materie

## ● Heutiges Wissen: Materie hat eine hierarchische Struktur

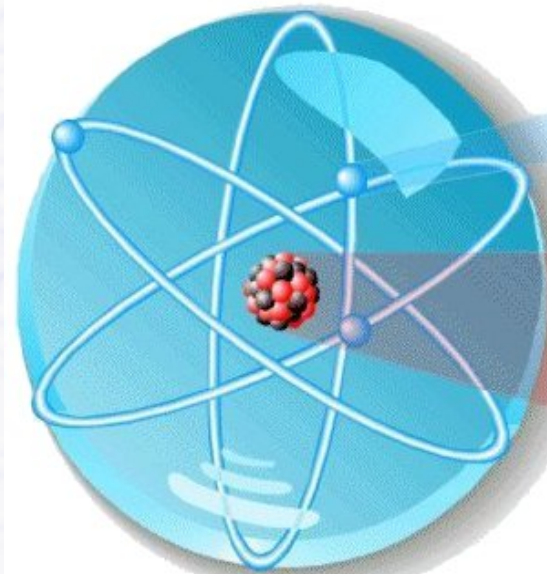
→ nur **Elektronen** und **Quarks** sind elementar (“punktförmig“)

### Atom:

Philosophisch: Demokrit, 4. Jh. vor Christus  
Theoretisch/Experimentell: Einstein/Perrin,  
Erklärung/Messung der Brown'sche Bewegung, 1905

### Elektron:

J.J. Thomson, Kathodenstrahlen, 1897



atom  $\sim 10^{-8}$  cm



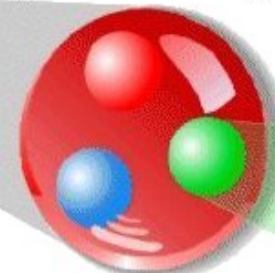
electron  
 $< 10^{-16}$  cm



nucleus  
 $\sim 10^{-12}$  cm

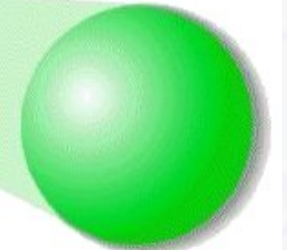
proton  
(neutron)

Proton: Rutherford, 1919  
Neutron: Chadwick, 1932



$\sim 10^{-13}$  cm

quark  
 $< 10^{-16}$  cm



### Atomkern:

Rutherford, Streuung von  
 $\alpha$ -Teilchen (Heliumkernen)  
an Goldatomen, 1910

### Quark-Modell:

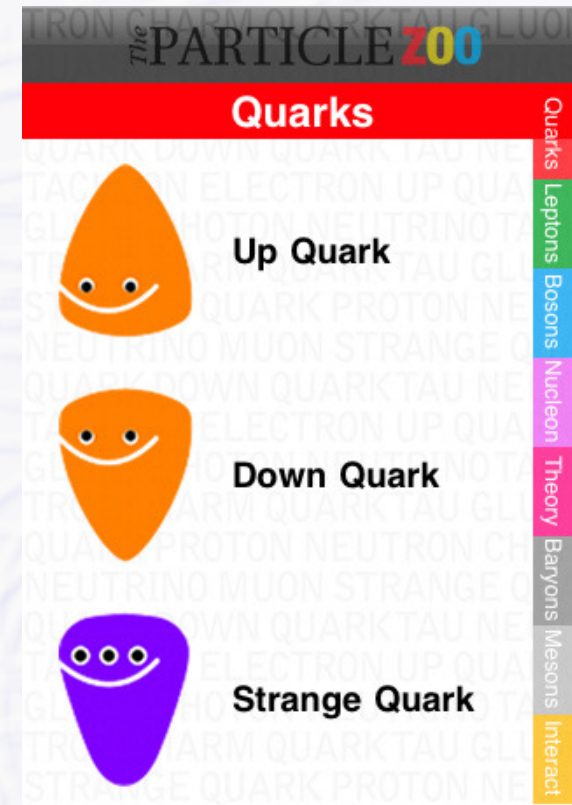
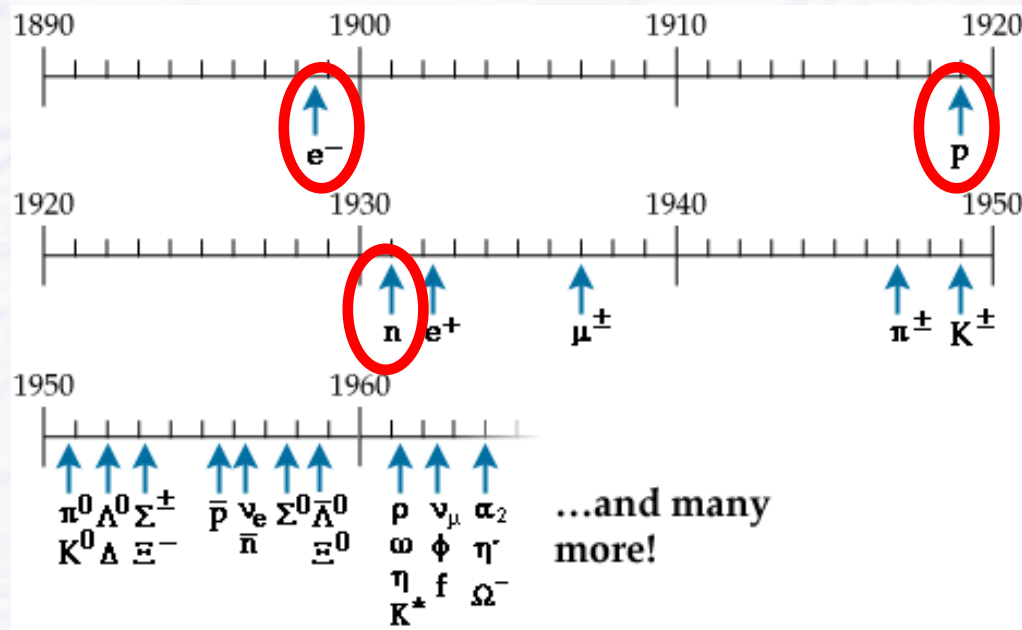
Gell-Mann, Zweig, 1964

# Teilchenphysik in den 1950...60ern

## Viele neue Teilchen wurden entdeckt ("Teilchenzoo")

→ möglich gemacht durch immer stärkere Beschleuniger

→ 1959: CERN Proton Synchrotron (noch heute in Betrieb)



## Fundamentale Fragen

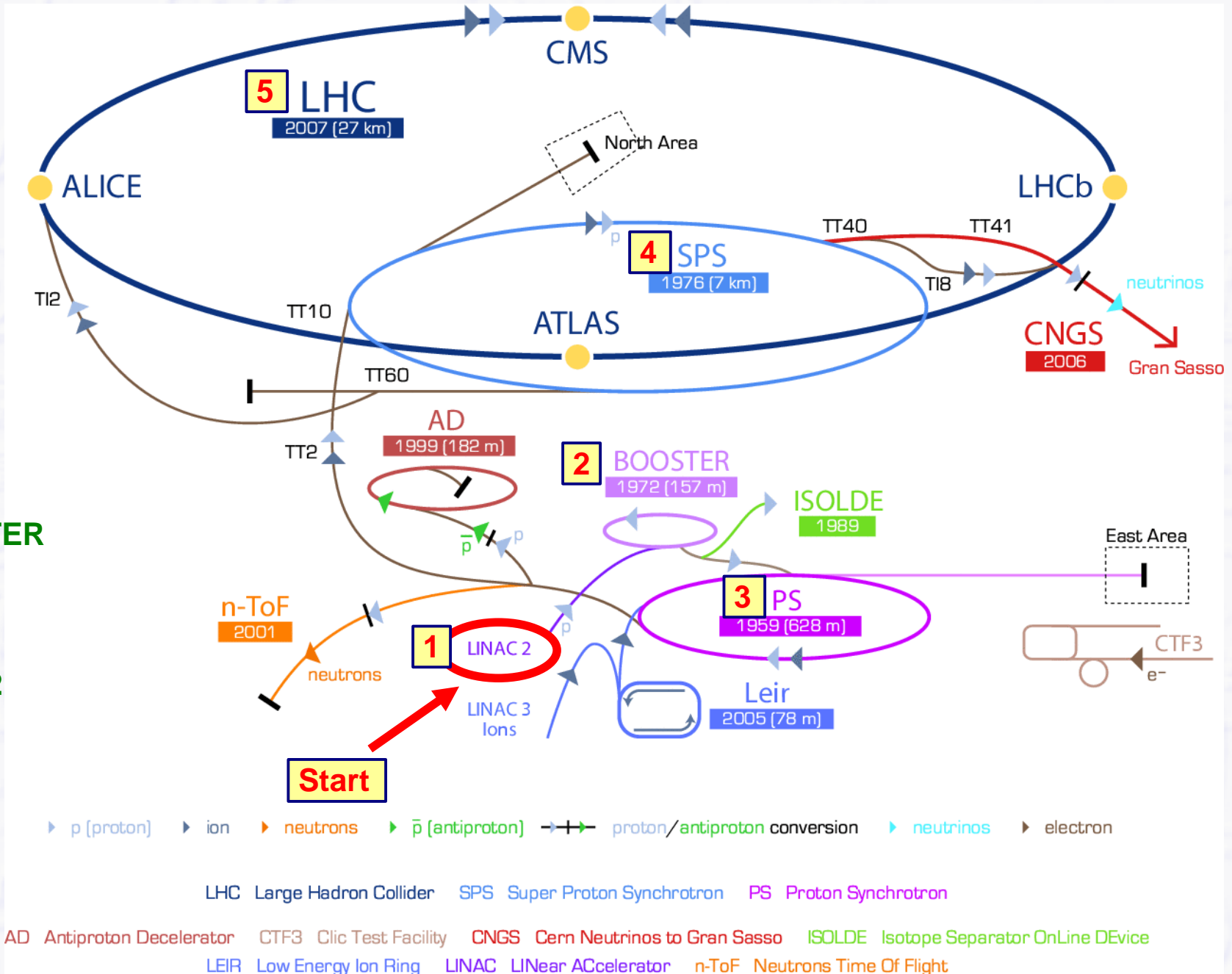
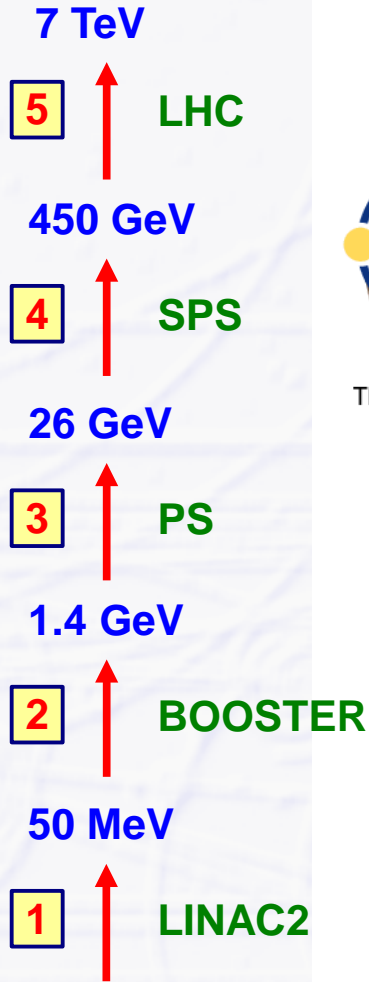
→ Was sind grundlegenden Bausteine der Materie? → Quarktheorie (1964)

→ Welche Kräfte wirken zwischen den Materieteilchen? → Standardmodell

→ Wie erhalten Teilchen ihre (verschiedene) Masse? → Higgs (1964/2012)



# CERN Beschleuniger Komplex



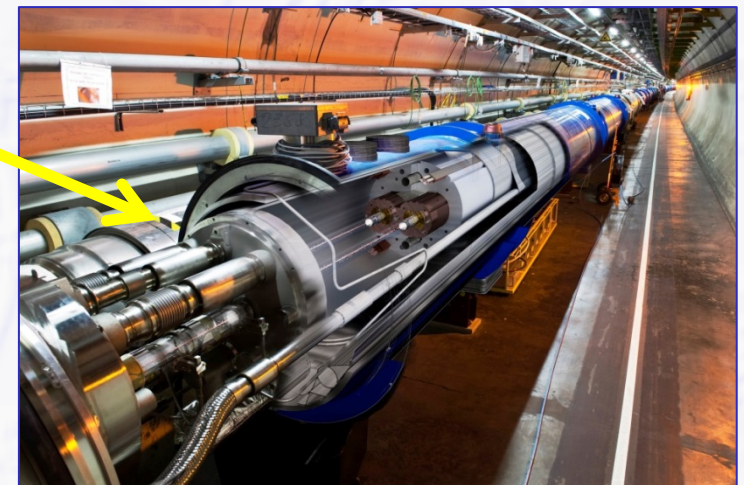
# LHC Tunnel

- Umfang: 27 km
- Durchmesser: 3.8 m

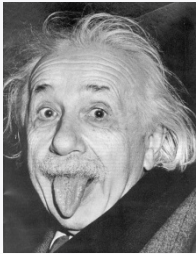


- Umfangreiche Spitzentechnologien

- Supraleitung
- Magnete
- Vakuum
- Hochfrequenz
- Strahlkontrolle
- Sicherheit



# Methoden der Teilchenphysik

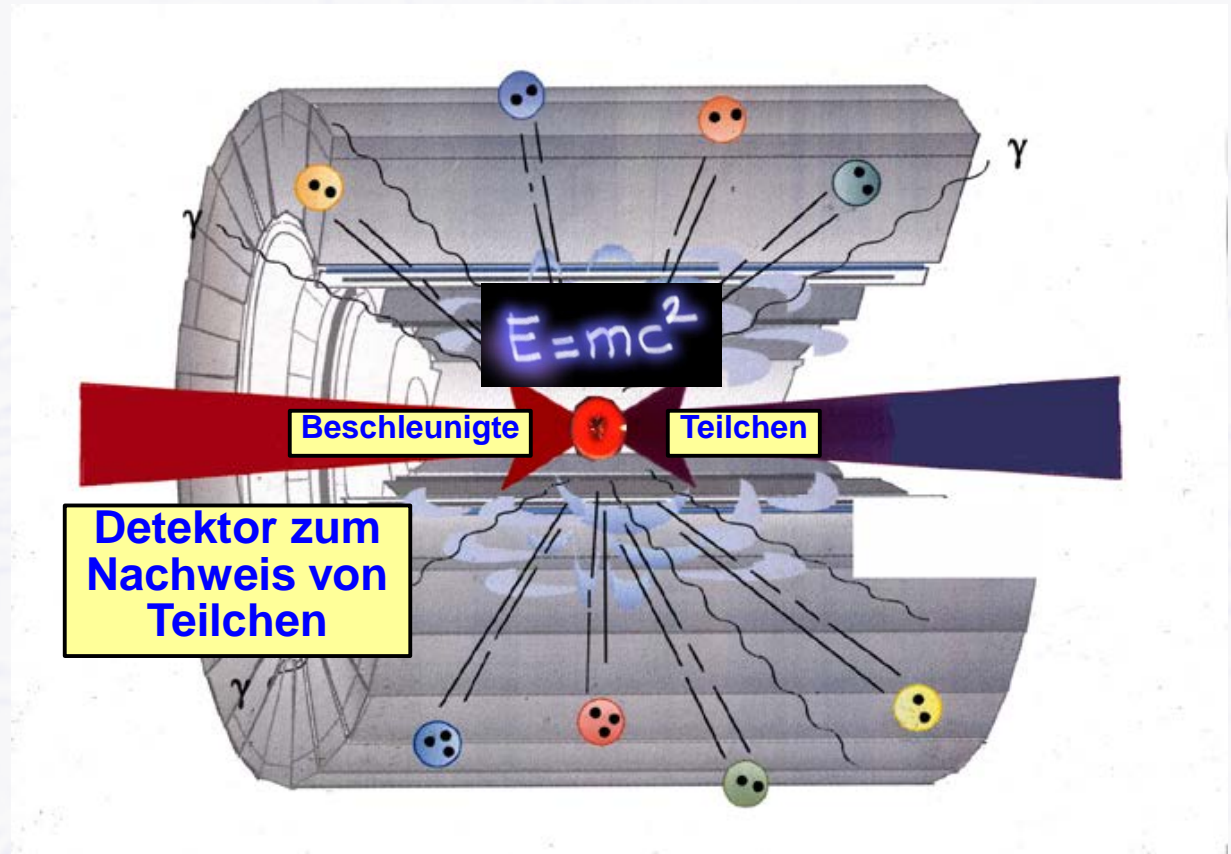


**Einstein  
(1905):**

**Materie ist  
konzentrierte Energie!**

**Materie lässt sich in  
Energie umwandeln  
und umgekehrt!**

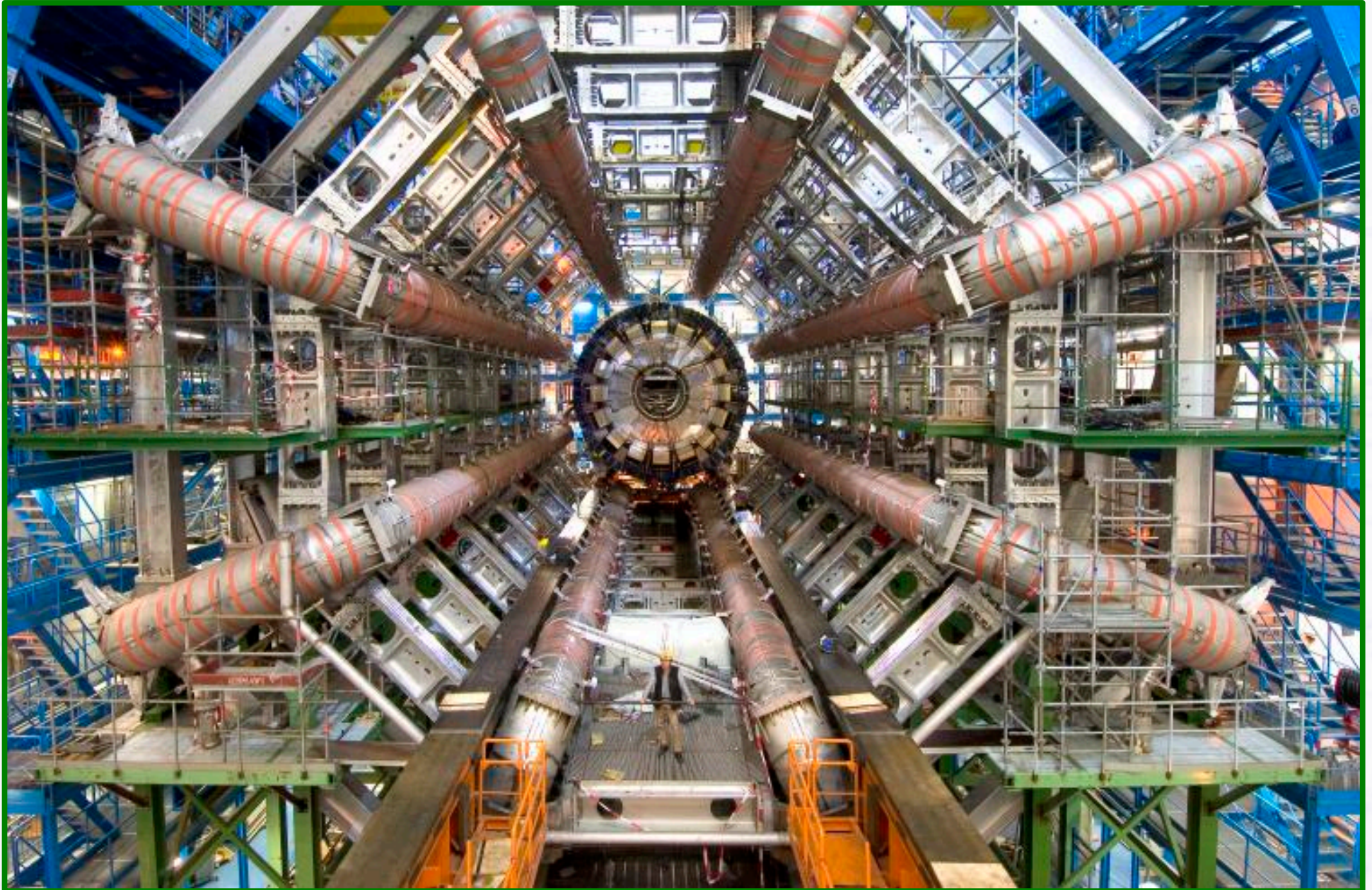
$$E = m c^2$$



● Dies nutzen wir bei einem Teilchenbeschleuniger

- Protonen werden beschleunigt ⇒ **Energie**
- **Umwandlung der Energie** bei der Kollision in **Materie**
- **Neue Teilchen entstehen** (neue Materie) und müssen **vermessen** werden

# ***ATLAS Barrel Toroid fertiggestellt*** (Nov 2005)



# Detektortechnologie und Kunst

Bühnenbild der Oper "Les Troyens" in Valencia, Oktober 2009



# CERN: "Where the Web was born..."

Die Idee von Tim Berners-Lee  
(März 1989):

Kommentar des Chefs:  
"Vague but exciting..."



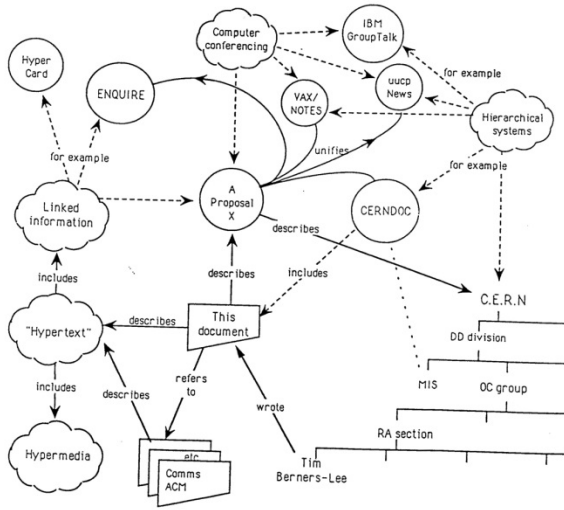
CERN DD/OC  
Information Management: A Proposal  
Tim Berners-Lee, CERN/DD  
March 1989

## Information Management: A Proposal

Abstract

This proposal concerns the management of general information about accelerators and experiments at CERN. It discusses the problems of loss of information about complex evolving systems and derives a solution based on a distributed hypertext system.

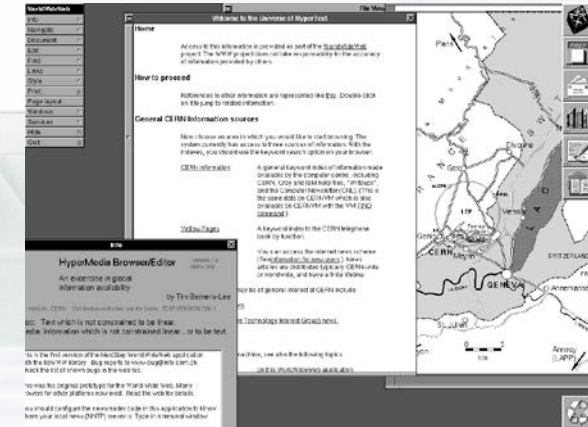
Keywords: Hypertext, Computer conferencing, Document retrieval, Information management, Project control



Der erste Web Server: ein NEXT computer  
(Januar 1990)



Screenshot

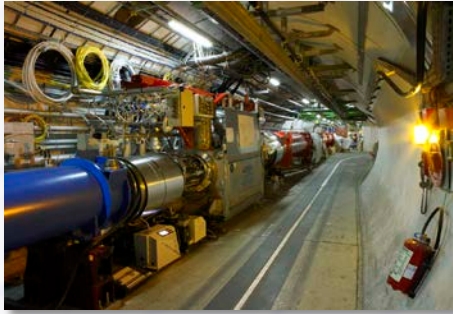


2 Jahre später im Büro  
(Februar 1991)

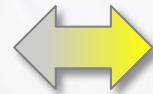


20. Jahrestag  
(März 2009)

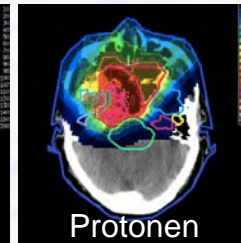
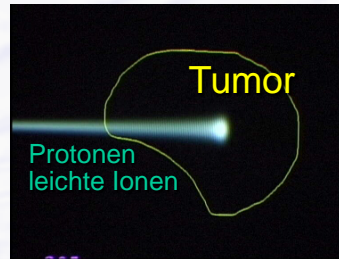
# “Spin-offs” der Teilchenphysik: medizinische Anwendungen



**Beschleunigte Teilchenstrahlen**  
~30'000 Beschleuniger weltweit  
davon ~17'000 für medizinische Zwecke



## Hadronentherapie



Europa und Japan  
sind führend in  
Ionenstrahltherapie

>70'000 Patienten weltweit behandelt (30 Anlagen)  
davon >21'000 Patienten in Europa (9 Anlagen)

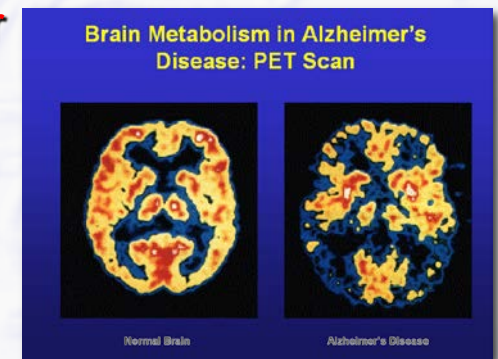
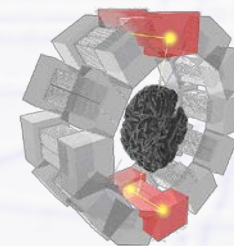


Nachweis von  
Teilchen



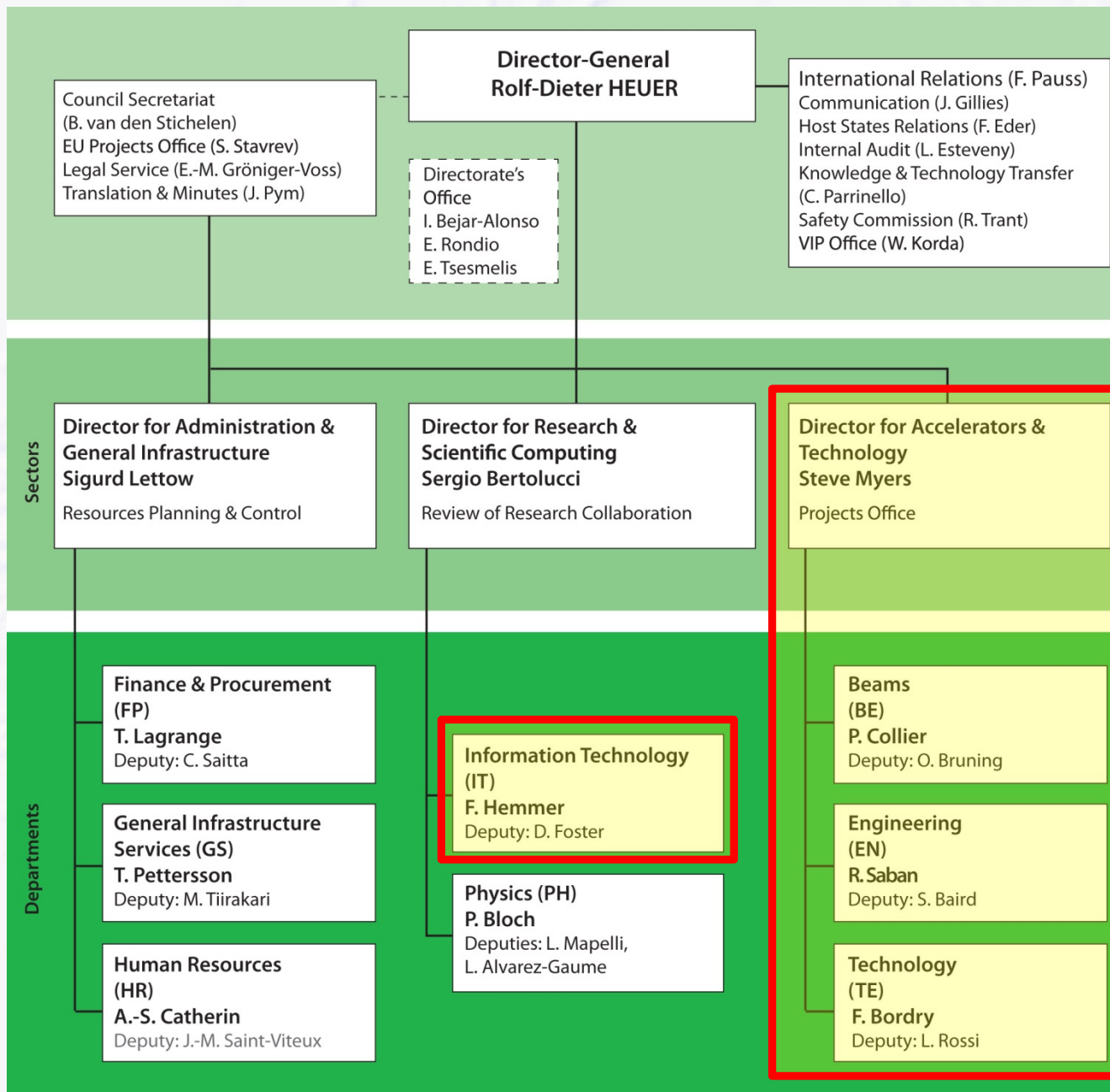
## Bildgebung PET Scanner

Klinischer Test in  
Portugal eines neuen  
Brustdarstellungs-  
Systems (ClearPEM)



PET = Positron Electron Tomography  
(Positronen = Antimaterie)

# Organisationstruktur des CERN



- **Hauptanteil der CERN Angestellten: Ingenieure und Techniker**

→ nur 13% Physiker

- **CERN ist beides: Technologielabor + wissenschaftliches Zentrum**

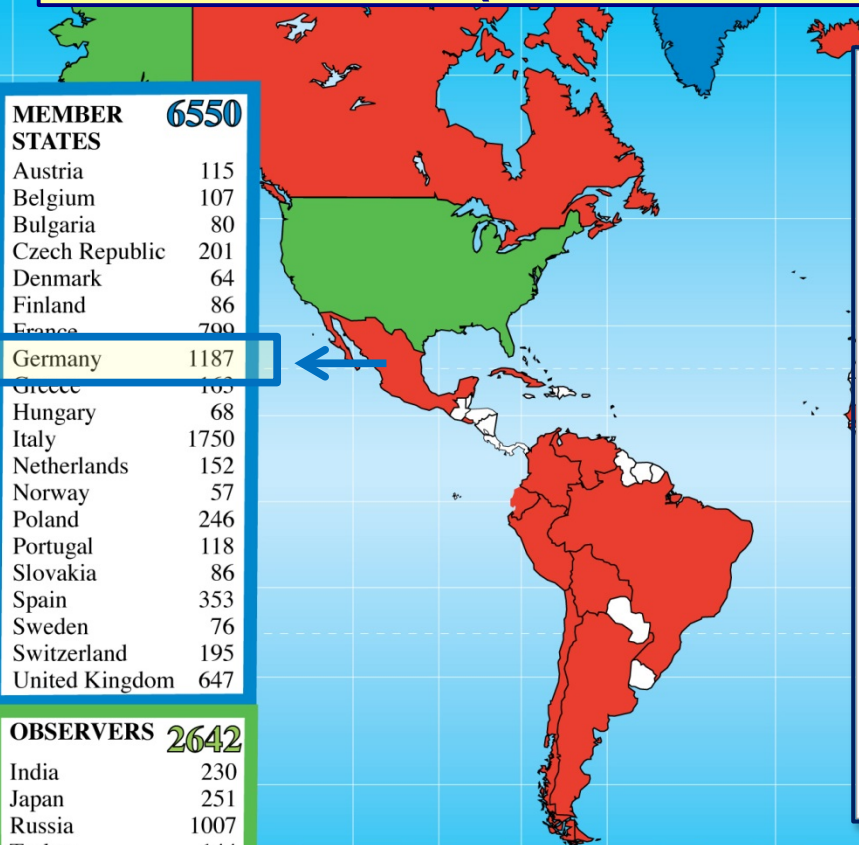
→ **CERN Angestellte: Technologie** (hauptsächlich)

→ **CERN "Benutzer" aus Universitäten und anderen Forschungszentren: Wissenschaft** (hauptsächlich)



# Distribution of All CERN Users by Nationality on 2 September 2013

~11'000 CERN "Benutzer" (Gastwissenschaftler) aus Instituten in 62 Ländern (~11.3% aus Deutschland) und mit 100 Nationalitäten



## MEMBER STATES 6550

Austria	115
Belgium	107
Bulgaria	80
Czech Republic	201
Denmark	64
Finland	86
France	700
Germany	1187
Greece	105
Hungary	68
Italy	1750
Netherlands	152
Norway	57
Poland	246
Portugal	118
Slovakia	86
Spain	353
Sweden	76
Switzerland	195
United Kingdom	647

## OBSERVERS 2642

India	230
Japan	251
Russia	1007
Turkey	144
USA	1010

## CANDIDATE FOR ACCESSION 117

Romania	117
---------	-----

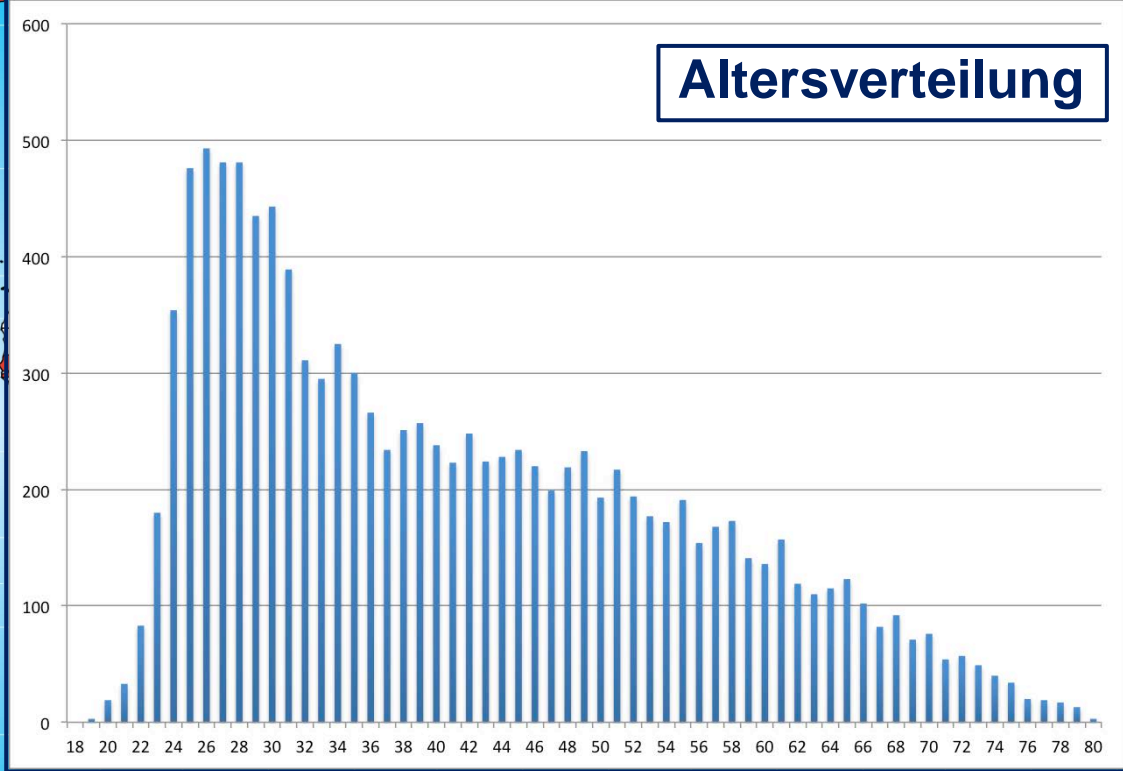
## ASSOCIATE MEMBERS IN THE PRE-STAGE TO MEMBERSHIP 41

Israel	56
Serbia	41

## OTHERS

Afghanistan	1	Bolivia	2	Cuba	7	Iran	31	Madagascar	1	Philippines	1	Tunisia	6
Albania	1	Bosnia & Herzegovina	2	Cyprus	14	Ireland	22	Malaysia	8	Saudi Arabia	3	Ukraine	58
Algeria	9	Brazil	101	Ecuador	3	Jordan	2	Malta	1	Senegal	1	Uzbekistan	2
Argentina	15	Cameroon	1	Egypt	18	Kazakhstan	1	Mexico	61	Singapore	2	Venezuela	10
Armenia	24	Canada	135	El Salvador	1	Korea, D.P.R.	1	Montenegro	3	Sint Maarten	2	Viet Nam	10
Australia	27	Cape Verde	1	Estonia	16	Korea Rep.	122	Morocco	15	Slovenia	28	Zambia	1
Azerbaijan	8	Chile	9	Georgia	34	Kuwait	1	Nepal	5	South Africa	14	Zimbabwe	2
Bangladesh	5	China	286	Gibraltar	1	Latvia	1	New Zealand	8	Sri Lanka	6		
Belarus	44	China (Taipei)	51	Hong Kong	1	Lebanon	11	Pakistan	42	Syria	2		
Benin	1	Colombia	30	Iceland	4	Lithuania	22	Palestine (O.T.)	4	Thailand	12		
		Croatia	35	Indonesia	1	Luxembourg	4	Peru	8	T.F.Y.R.O.M.	1		

1423



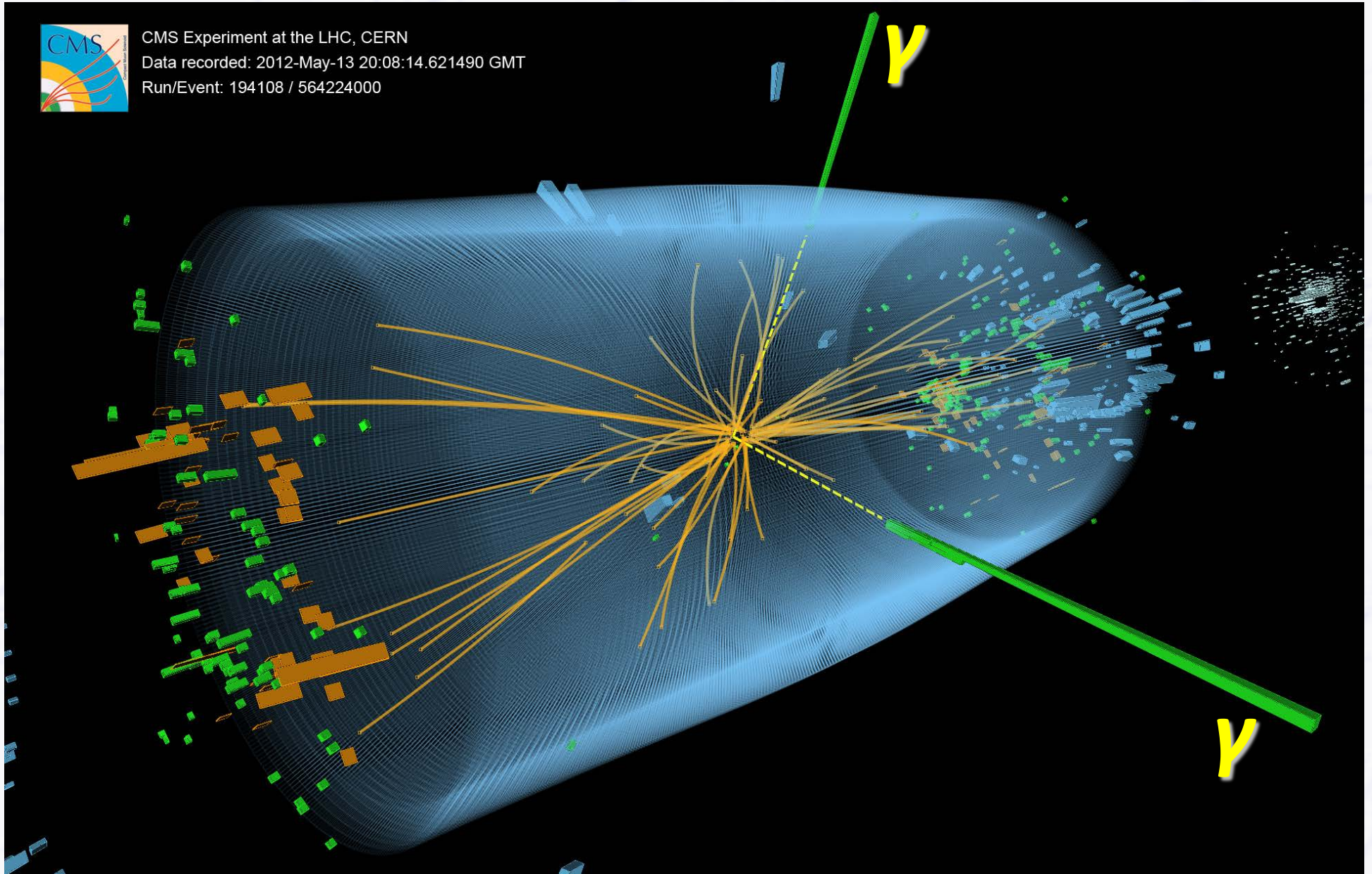
# Higgs-Teilchen Entdeckung 4. Juli 2012



# Higgs Zerfall $H \rightarrow \gamma\gamma$



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



# Nobelpreis für Englert und Higgs 2013

“...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.**”

