

CERN

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



CERN
Hauptgelände

Genf

Schweiz

Frankreich

SUISSE
FRANCE

CMS

LHCb

ATLAS

CERN Meyrin

SPS 7 km

ALICE

Eine Einführung

LHC 27 km

Der LHC Beschleuniger



Das CERN Gelände

● 2 grosse Standorte

→ Meyrin (Schweiz, mit Erweiterung nach Frankreich Ende 1960er Jahre)

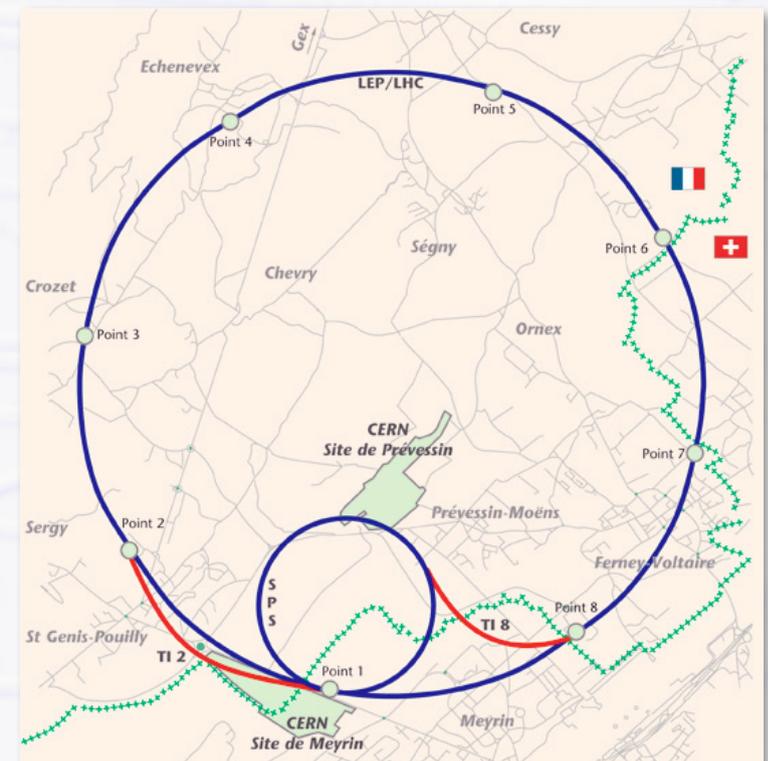
→ Preveessin (Frankreich, seit 1970er Jahre, zunächst eigenständig)

● 8 kleinere Standorte entlang des LHC Tunnels (in CH, F)

→ + weitere Standorte (Zugang für Beschleunigeranlagen + Experimente)



CERN-Einführung – Karrierechancen am CERN



13-Jul-2016, Michael Hauschild - CERN, Seite 2

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

Heute: 21 Mitgliedsländer (zuletzt: Israel, 6. Jan 2014)
5 assoziierte Mitgliedsländer oder Beitrittskandidaten (zuletzt: Zypern, 1. April 2016)

~ 2500 Angestellte
~ 1000 weiteres Personal
> 12300 “Benutzer” (Gastwissenschaftler)
Budget (2016): 1127.1 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 (Beitritt voraussichtlich September 2016)

Assoziierte Mitglieder in der Vorstufe zur Mitgliedschaft: Serbien, Zypern

Assoziierte Mitglieder: Pakistan, Türkei

Staaten mit der Absicht auf (assoziierte) Mitgliedschaft: Brasilien, Indien, Irland, Kroatien, Litauen, Rußland, Slovenien, Ukraine

Beobachter: Indien, Japan, Rußland, Vereinigte Staaten von Amerika; Europäische Kommission, Joint Institute for Nuclear Research und UNESCO



Distribution of All CERN Users by Nationality on 12 January 2016

~12'300 CERN "Benutzer" (Gastwissenschaftler) aus Instituten in 73 Ländern (~10.7% aus Deutschland) und mit >100 Nationalitäten

MEMBER STATES

7319

Austria	106
Belgium	125
Bulgaria	88
Czech Republic	217
Denmark	56
Finland	102
France	858
Germany	1267
Greece	216
Hungary	79
Israel	63
Italy	1974
Netherlands	164
Norway	63
Poland	302
Portugal	113
Slovakia	111
Spain	399
Sweden	90
Switzerland	220
United Kingdom	706

ASSOCIATE MEMBERS

Pakistan	58	224
Turkey	166	

OBSERVERS

2775

India	284
Japan	316
Russia	1071
USA	1104

STATES IN ACCESSION TO MEMBERSHIP

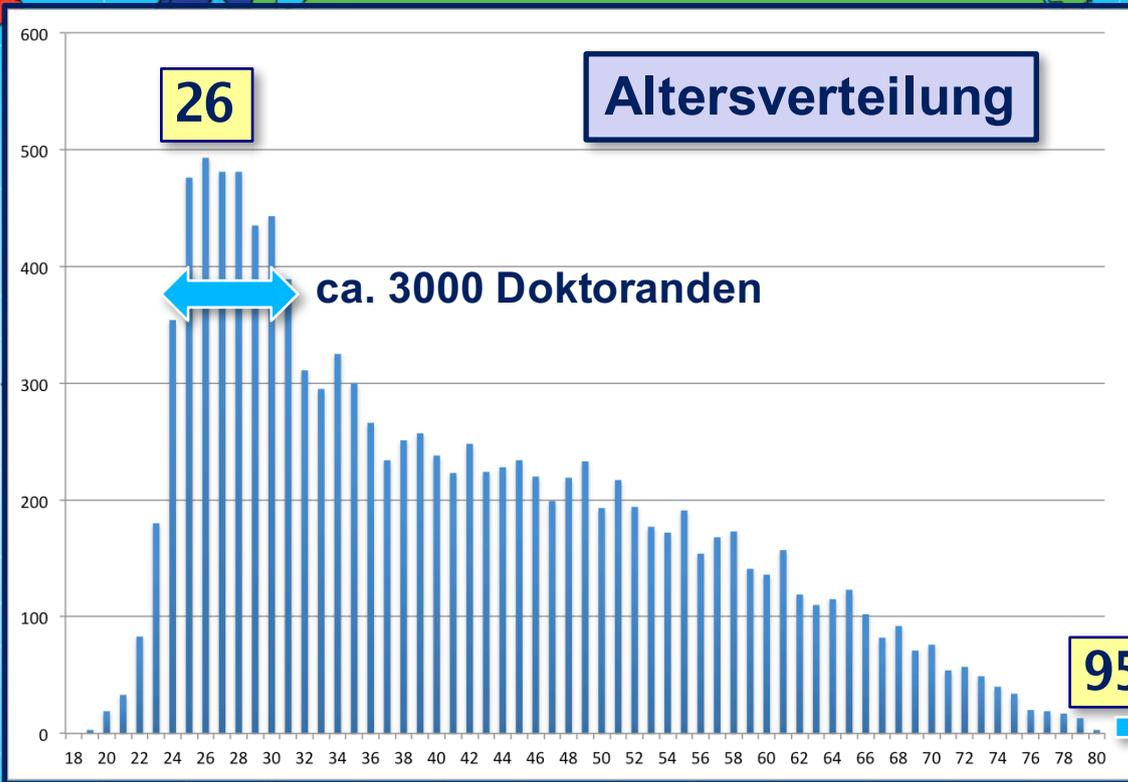
195

Cyprus	19
Romania	131
Serbia	45

OTHERS

Bosnia & Herzegovina	1	Ecuador	4	Kazakhstan	1	Malta	5	Qatar	1	Thailand	20
Brazil	135	Egypt	24	Kenya	2	Mauritius	1	San Marino	1	T.F.Y.R.O.M.	2
Albania	4	El Salvador	1	Korea, D.P.R.	4	Mexico	84	Saudi Arabia	1	Tunisia	3
Algeria	8	Canada	154	Korea Rep.	151	Montenegro	2	Senegal	1	Ukraine	88
Argentina	24	Central African Rep.	1	Georgia	44	Morocco	13	Singapore	3	Uzbekistan	5
Armenia	27	Chile	20	Iceland	4	Lebanon	12	Nepal	7	Sint Maarten	1
Australia	31	China	421	Indonesia	10	Libya	1	New Zealand	6	Slovenia	27
Azerbaijan	11	Colombia	38	Iran	54	Lithuania	30	Oman	1	South Africa	31
Bangladesh	7	Costa Rica	1	Iraq	1	Luxembourg	2	Palestine (O.T.)	7	Sri Lanka	3
Belarus	50	Croatia	38	Ireland	20	Madagascar	4	Peru	6	Syria	1
Bolivia	2	Cuba	13	Jordan	8	Malaysia	18	Philippines	4	Taiwan	56

1803



Altersverteilung

26

ca. 3000 Doktoranden

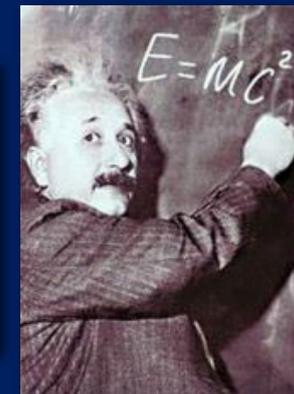
95



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?



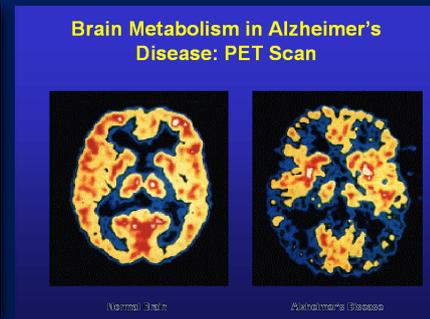
□ **Entwicklung** neuer Techniken für Beschleuniger und Detektoren

Informationstechnologie - das Web

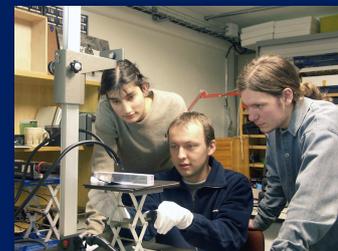
Medizin - Diagnose und Therapie



Research



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



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



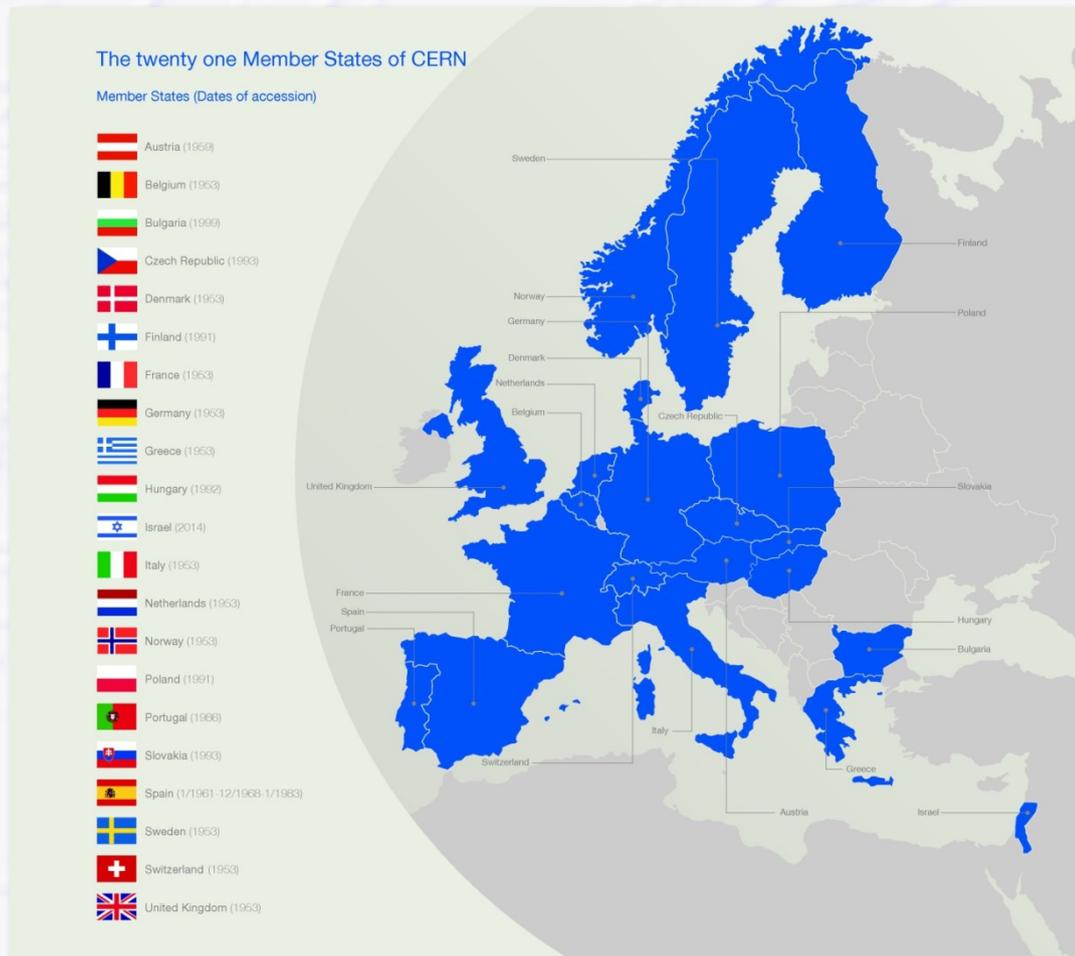
Aufgabenteilung im CERN

- Hauptanteil der CERN Angestellten: **Ingenieure und Techniker**
 - **nur 13%(!) Physiker**
- CERN ist beides:
Technologielabor + wissenschaftliches Zentrum
 - CERN Angestellte: **Technologie** (hauptsächlich)
 - Design, Bau und Betrieb grosser Beschleunigeranlagen (Infrastruktur “provider”)
 - CERN “Benutzer” aus Universitäten und anderen Forschungszentren:
Wissenschaft (hauptsächlich)
 - Design, Bau, Betrieb der Teilchendetektoren und Physikdatenanalyse
- **Teilchenkollisionspunkt ist Schnittstelle zwischen CERN Angestellten und Gastwissenschaftlern**
 - Erzeugung der Kollisionen: **CERN Angestellte**
 - Analyse der Kollisionsprodukte: **Gastwissenschaftler**

CERN Budget 2016: 1127.1 MSFr

- ➔ umgerechnet ~1035 M€
 - entspricht ~2x TU Dresden (510 M€)
- ➔ anteilig nach Bruttonationalprodukt der Mitgliedsländer

Country	Contribution [%]
Austria	2.20
Belgium	2.74
Bulgaria	0.29
Czech Republic	0.98
Denmark	1.75
Finland	1.36
France	14.61
Germany	20.52
Greece	1.32
Hungary	0.61
Israel	1.42
Italy	11.04
Netherlands	4.74
Norway	2.90
Poland	2.81
Portugal	1.14
Slovak Republic	0.49
Spain	7.61
Sweden	2.78
Switzerland	4.03
United Kingdom	14.65



Deutschland und CERN

- (West-)Deutschland ist einer der ersten 12 CERN Gründerstaaten (1954)

→ Werner Heisenberg (Nobelpreisträger 1932) (unterzeichnete CERN Vertragsurkunde)

- Teilchenphysik hatte immer eine hohe Bedeutung in Deutschland

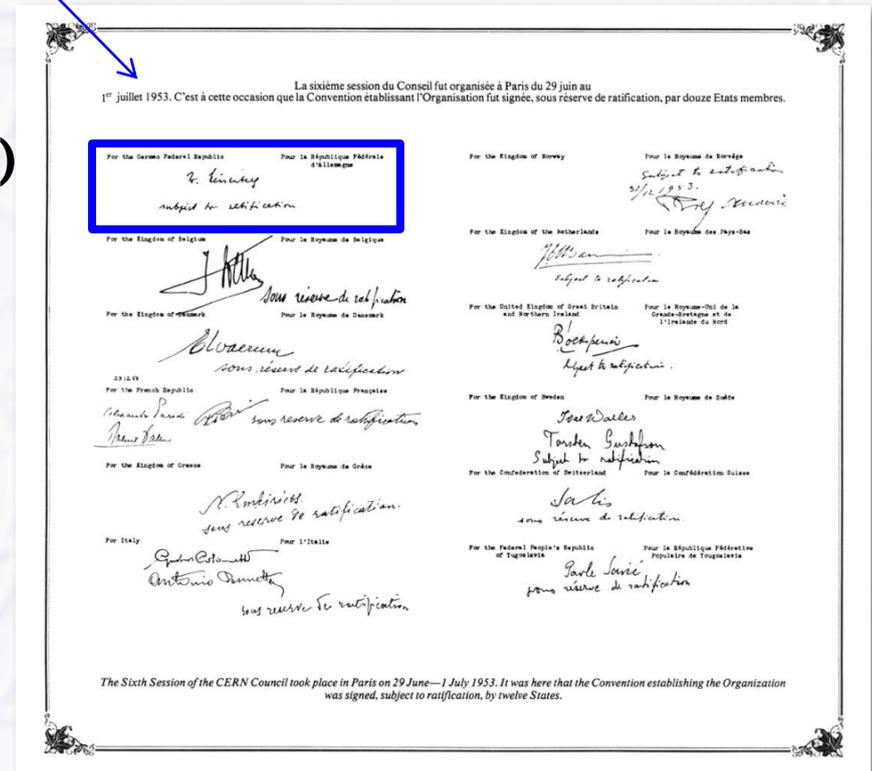
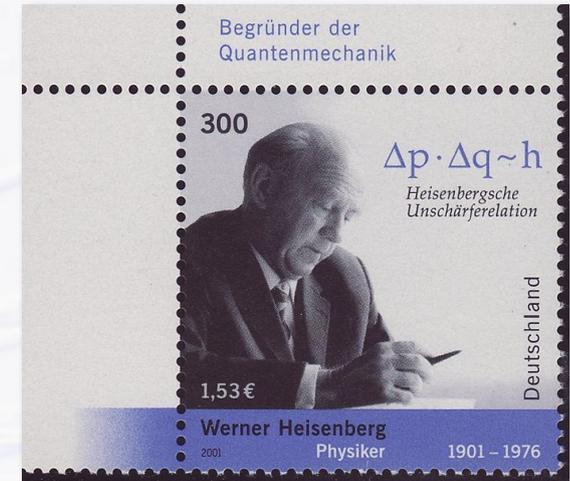
→ Nationales Labor: DESY (HH, Zeuthen)

→ Internationales Labor mit starker deutscher Beteiligung: CERN

- Zwei deutsche CERN General-Direktoren (beide vormals DESY)

→ **Herwig Schopper** (1981 – 1988)

→ **Rolf-Dieter Heuer** (2009 – 2015)



Deutsche Prominenz am CERN



Rektor der TU Dresden Hans Müller-Steinhagen, Februar 2014



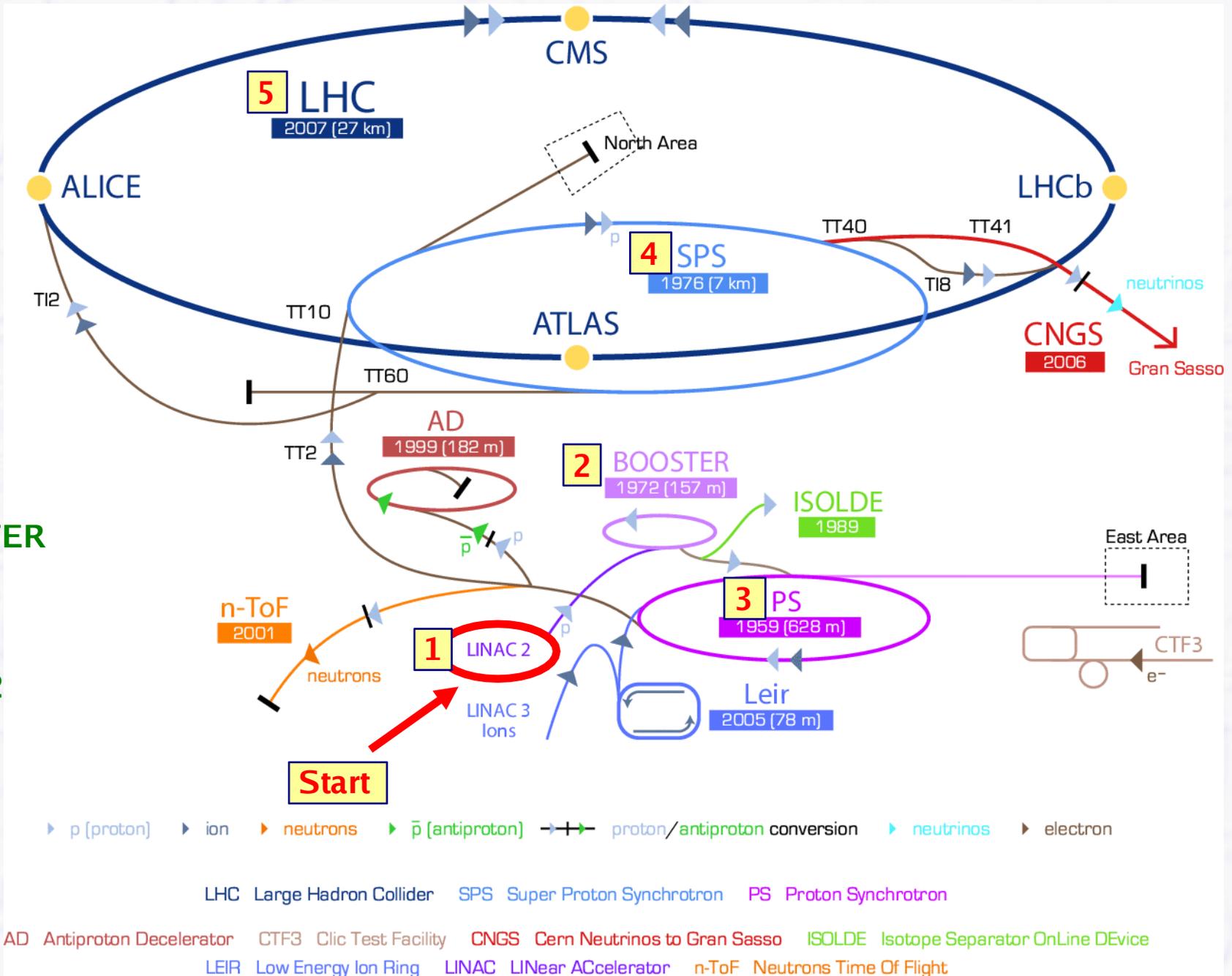
Sächsische Staatsministerin für Kultus Brunhild Kurth, November 2014

- + Ministerinnen für Bildung und Forschung (Johanna Wanka, Annette Schavan, Edelgard Bulmahn), weitere Landesminister, Staatssekretäre, Uni-Rektoren...

CERN's wissenschaftliche Aufgaben

- **Grundlagenforschung** mit Elementarteilchen bei höchsten Energien (Hochenergiephysik)
 - Bau und Betrieb des weltweit grössten Teilchenbeschleunigers **LHC (Large Hadron Collider)** seit 2009 + 4 grosse Experimente/Detektoren
 - **Wissenschaftliche Ziele**
 - Suche nach dem **Higgs Teilchen (GEFUNDEN 2012!)** + präzise Vermessung der Eigenschaften (bis 2035...)
 - Suche nach **neuen Teilchen** (z.B. dunkle Materie Teilchen)
- **Weitere Forschungsgebiete (Auswahl):**
 - **Antimaterie** (5 Experimente am Antiprotonen "Entschleuniger" AD + AMS auf der International Space Station)
 - Unterschiede zu Materie, Spektroskopie, Anziehung im Schwerfeld
 - Antimaterie in kosmischer Strahlung
 - **CLOUD Experiment**
 - Einfluß von kosmischer Strahlung auf die Wolkenbildung
 - **ISOLDE Radioaktive Ionenstrahlen**
 - Grundlagenforschung an radioaktiven Isotopen

CERN Beschleuniger Komplex



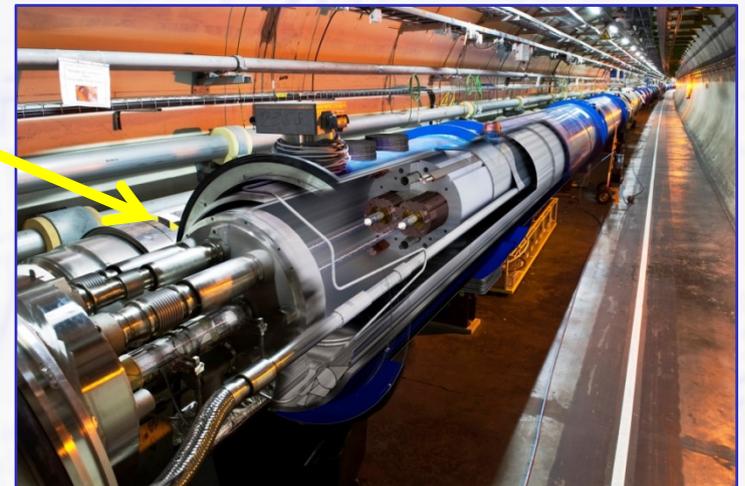
LHC Tunnel

- Umfang: 27 km
- Durchmesser: 3.8 m

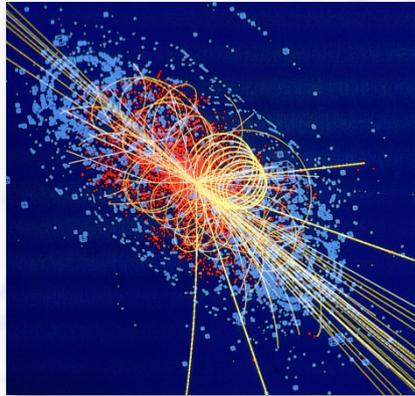


- Umfangreiche Spitzentechnologien

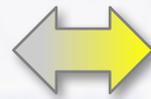
- Supraleitung
- Magnete
- Vakuum
- Hochfrequenz
- Strahlkontrolle
- Sicherheit



“Spin-offs” der Teilchenphysik: medizinische Anwendungen

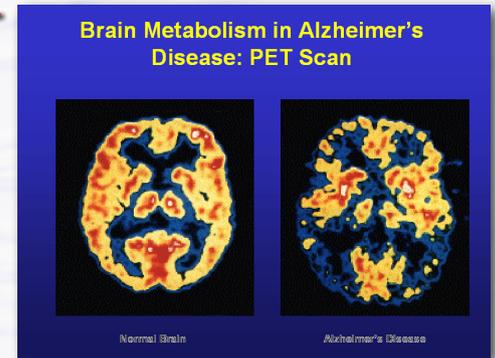
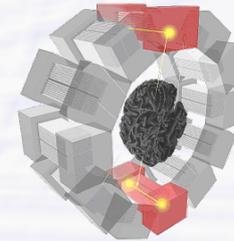


Nachweis von
Teilchen



Bildgebung PET Scanner

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



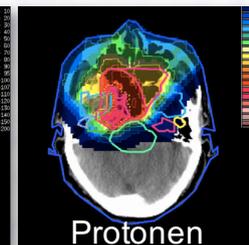
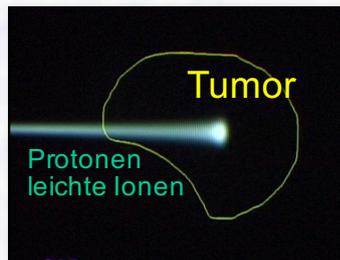
PET = Positron Electron Tomography
(Positronen = Antimaterie)



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



Hadronentherapie



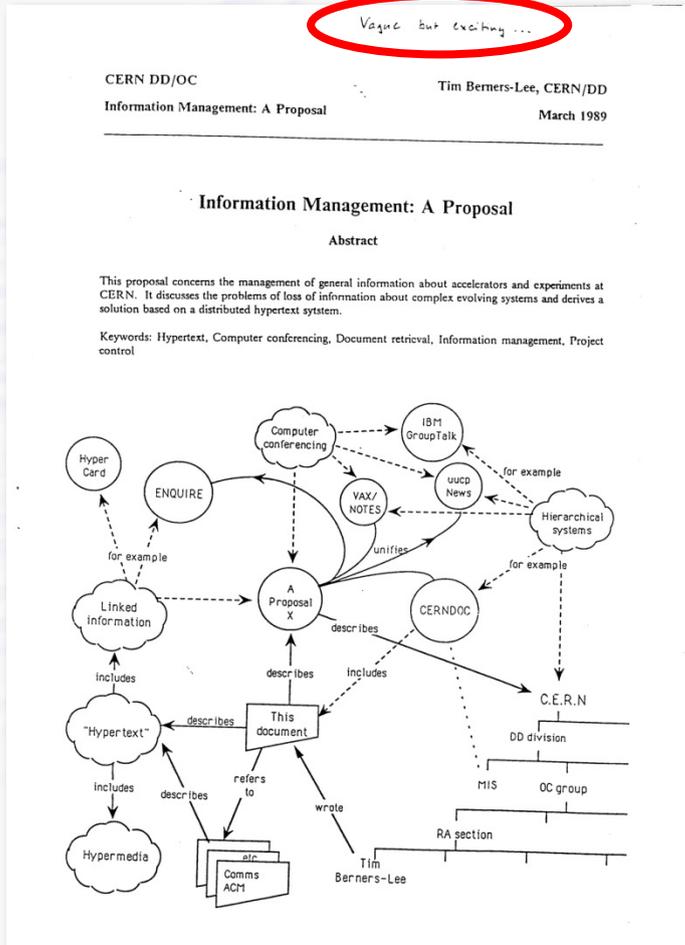
Europa und Japan
sind führend in
Ionenstrahltherapie

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

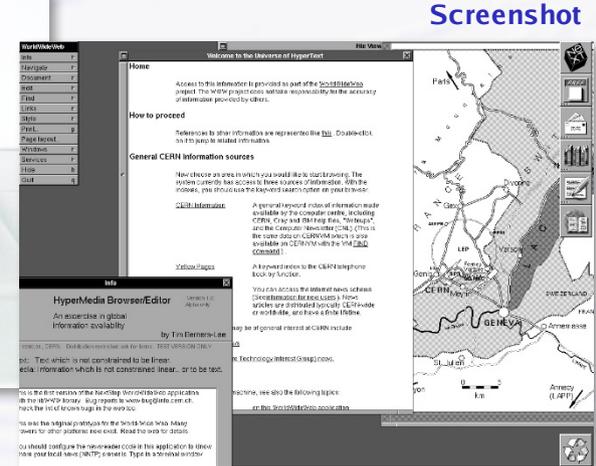
CERN: "Where the Web was born..."

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

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



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

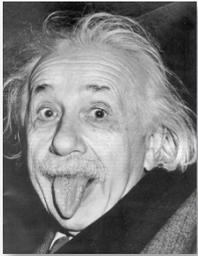


2 Jahre später im Büro
(Februar 1991)



20. Jahrestag
(März 2009)

Methoden der Teilchenphysik

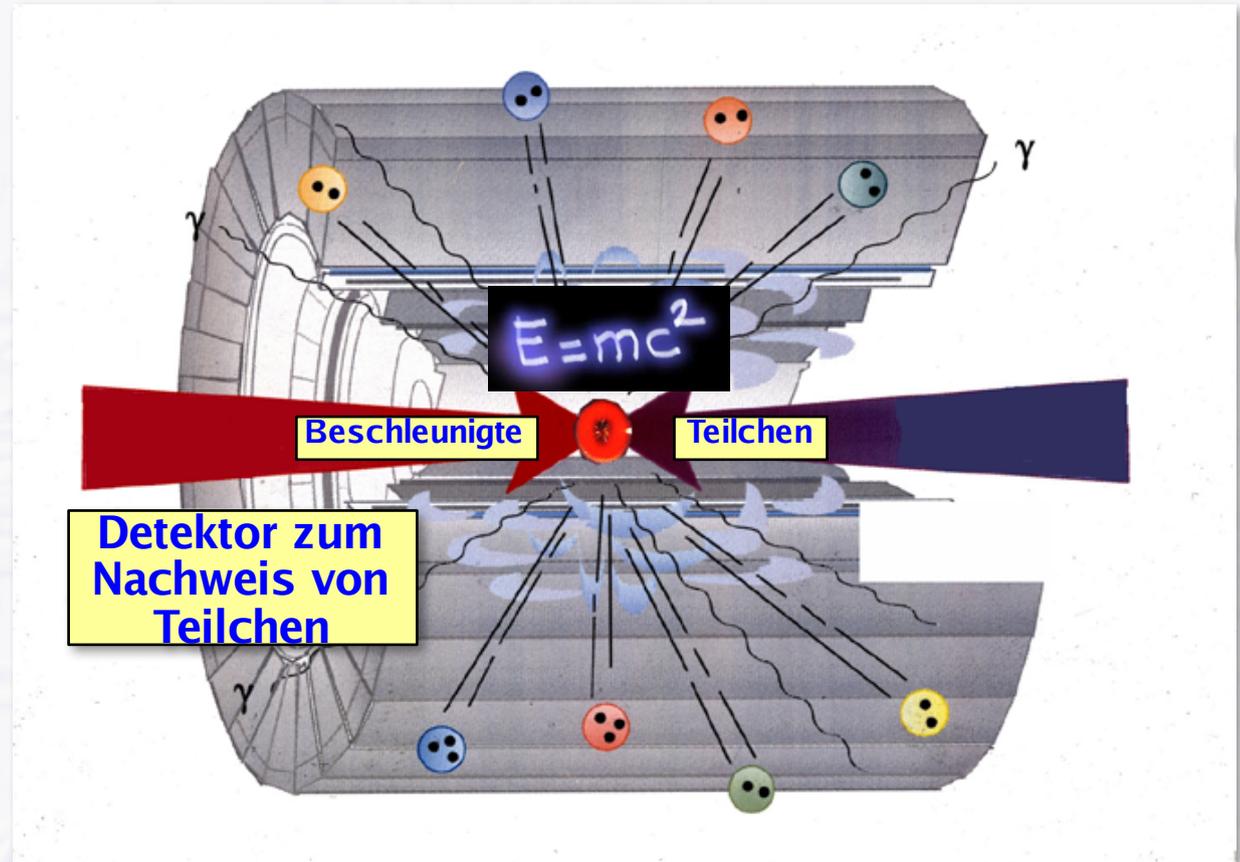


**Einstein
(1905):**

**Materie ist
konzentrierte Energie!**

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

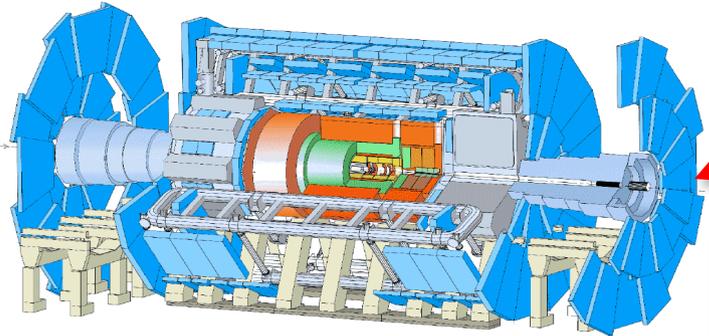
$$E = mc^2$$



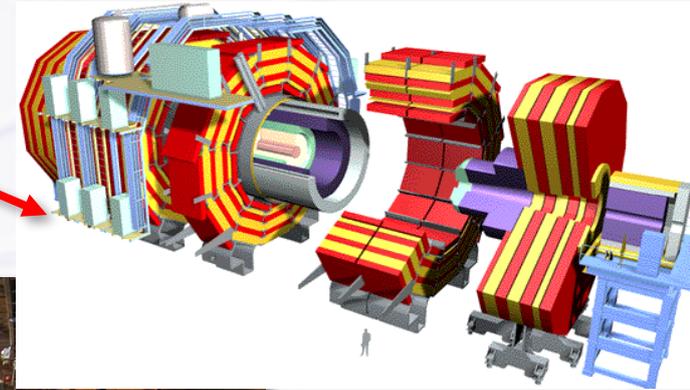
- Dies nutzen wir bei einem Teilchenbeschleuniger
 - Protonen werden beschleunigt ⇒ **kinetische Energie**
 - **Umwandlung der kinetischen Energie** bei der Kollision in **Materie**
 - **Neue Teilchen entstehen** (neue Materie) und müssen **vermessen** werden

LHC Detektoren

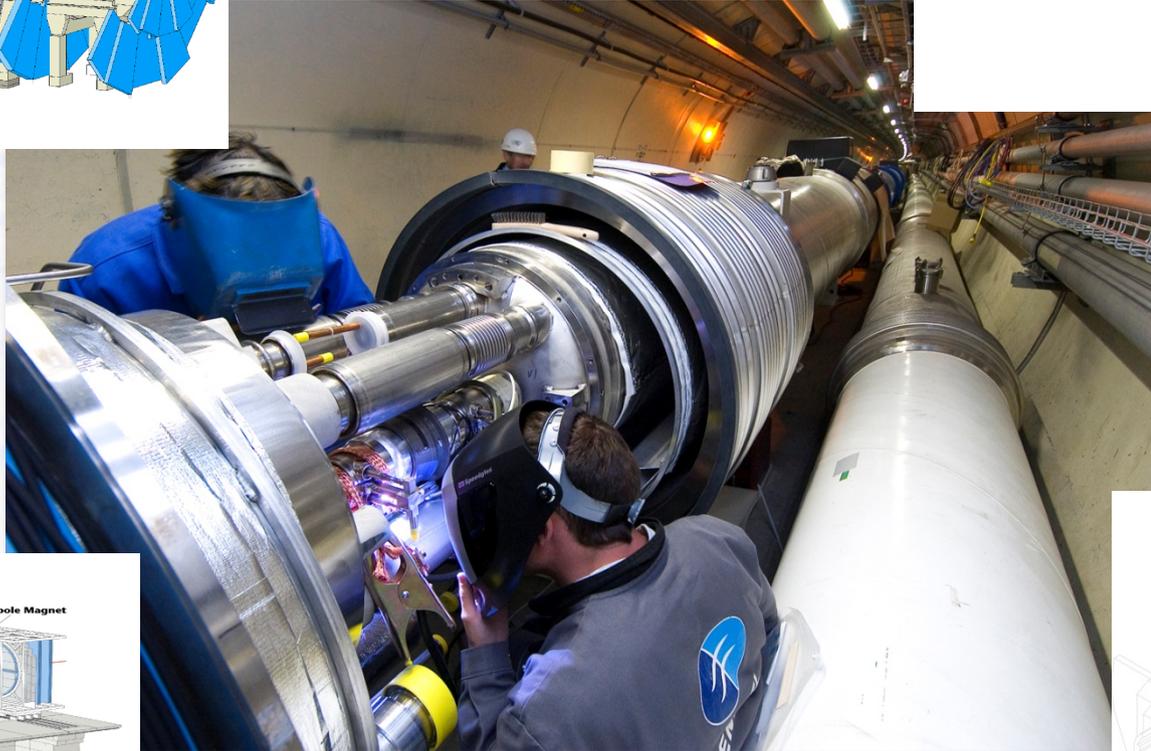
Vielzweckdetektoren
(gut für alles...)



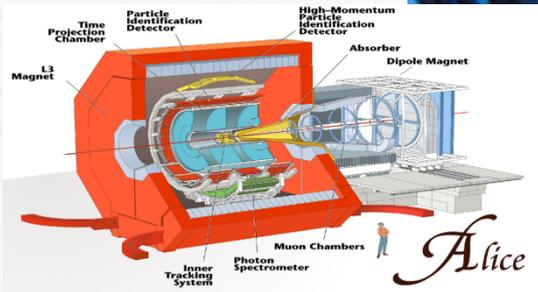
ATLAS



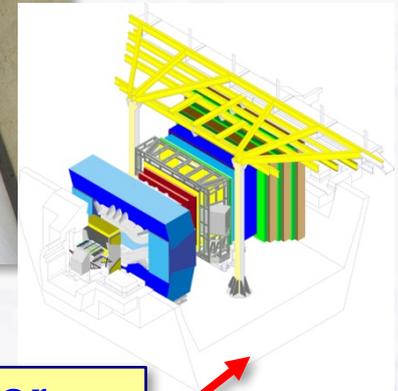
CMS



ALICE



Spezialdetektor für
Schwerionenkollisionen



Spezialdetektor
für Physik mit b-Quarks

LHCb

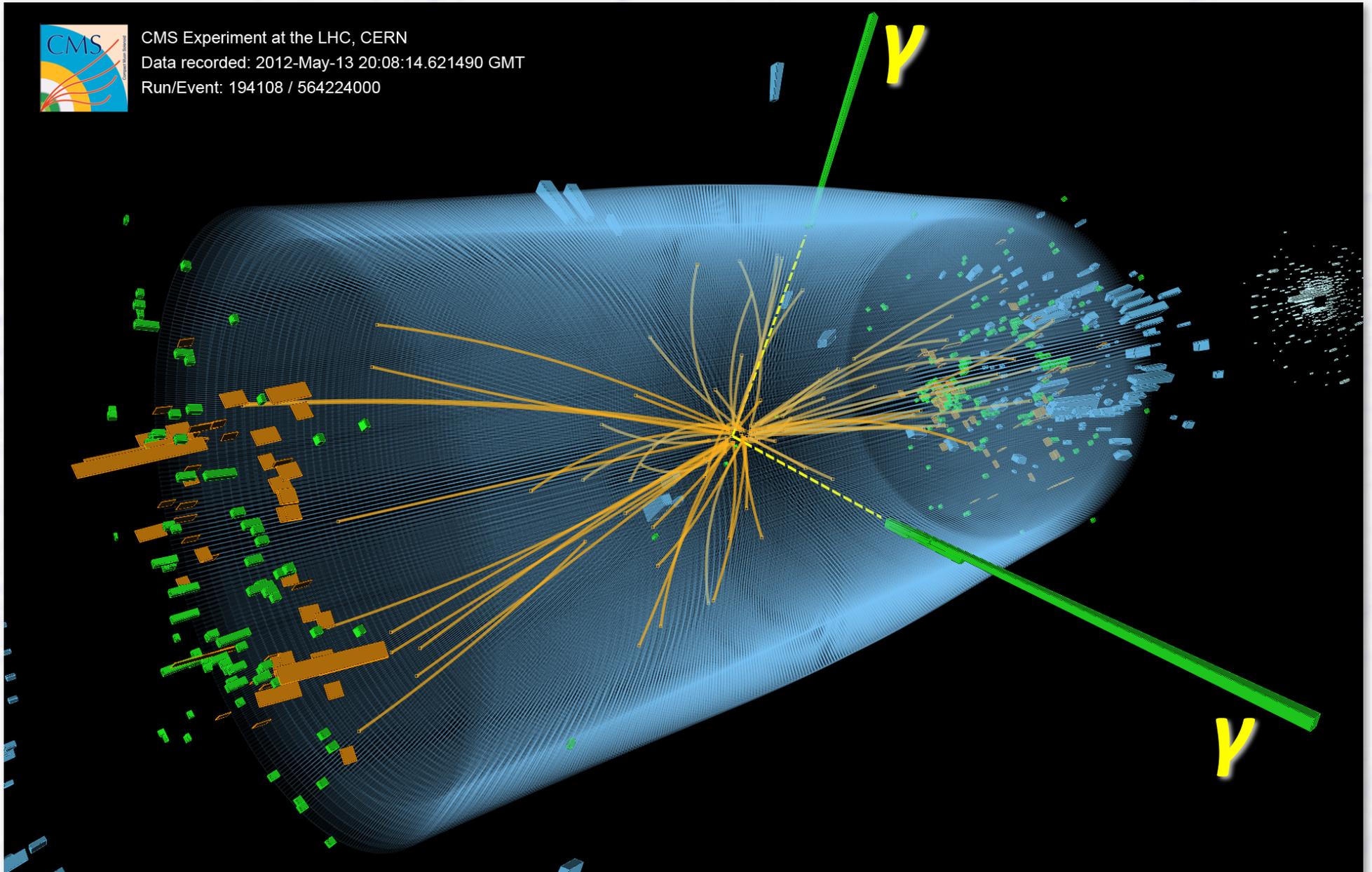
Higgs-Teilchen Entdeckung 4. Juli 2012



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.**”



4 Jahre später... in der CERN Kantine

A tw
into two high



decaying
members
entirely covered



Zusammenfassung

- **CERN** bei Genf ist ein ursprünglich europäisches, jetzt **Weltlabor für Grundlagenforschung** mit Elementarteilchen bei höchsten Energien und verwandten Bereichen
- **(Spitzen-)Technologie** spielt eine herausragende Rolle am CERN
 - Forschung an der Grenze des Wissens erfordert Technologie an der Grenze des Machbaren (und darüber hinaus)
- **Arbeitsteilung** zwischen CERN Angestellten (Schwerpunkt: Technologie) und Gastwissenschaftlern (Schwerpunkt: Wissenschaft)
- **Ausbildung und Zusammenführen von unterschiedlichen Kulturen** ist ein weiterer Schwerpunkt am CERN