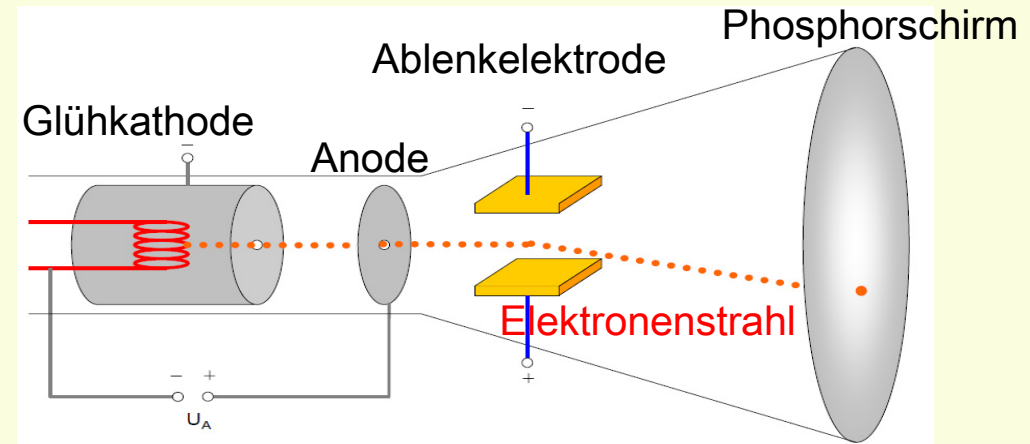


DAS LARGE HADRON COLLIDER PROJEKT: DEM URKNALL AUF DER SPUR



DIE BRAUNSCHE RÖHRE



Beschleunigungsspannung $U = 1\text{Volt}$

\Rightarrow kinetische Energie = 1eV

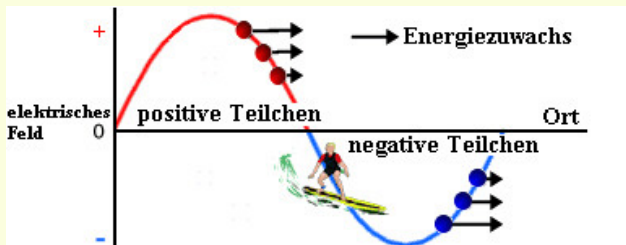
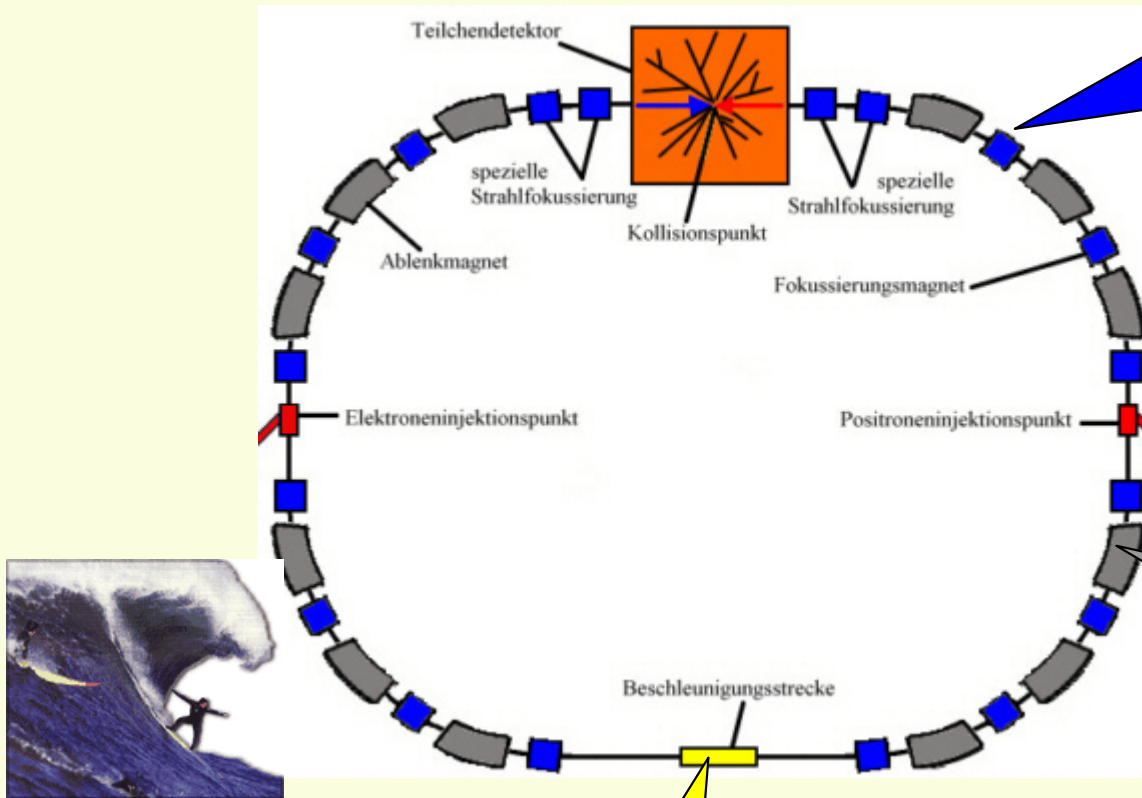
Beschleunigungsspannung $U = 1000\text{Volt}$

\Rightarrow kinetische Energie = 1keV


MODERNE ANFORDERUNGEN:

$10^{12}\text{eV} = 1\text{TeV}$

SCHEMA EINES TEILCHENBESCHLEUNIGERS





 Karlsruher Beteiligung



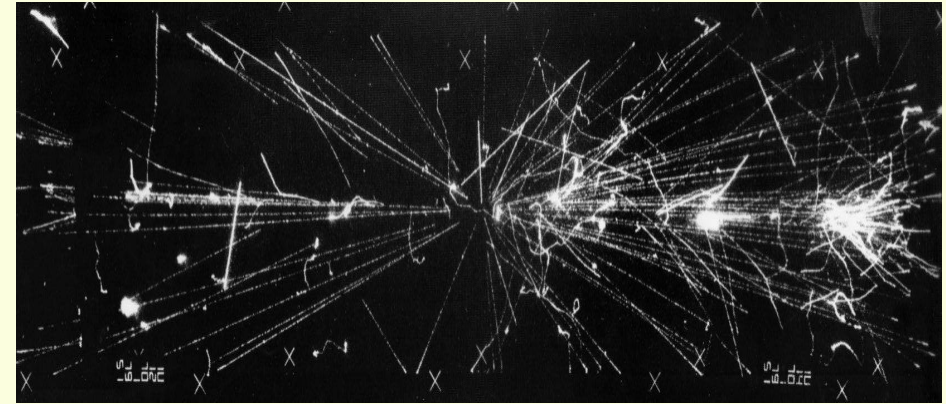
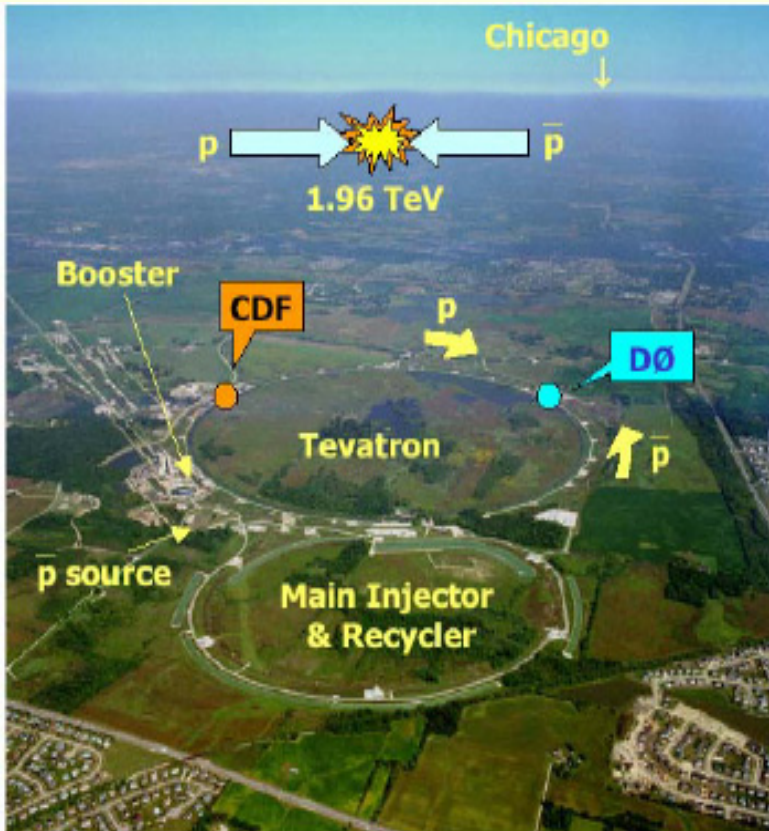
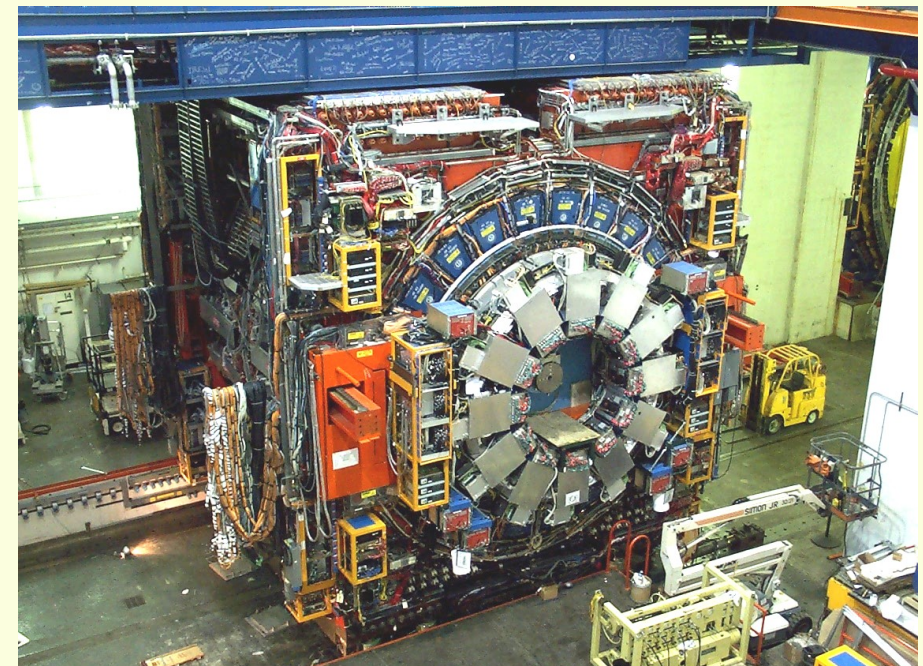


BILD EINES KOLLISIONS-EREIGNISSES

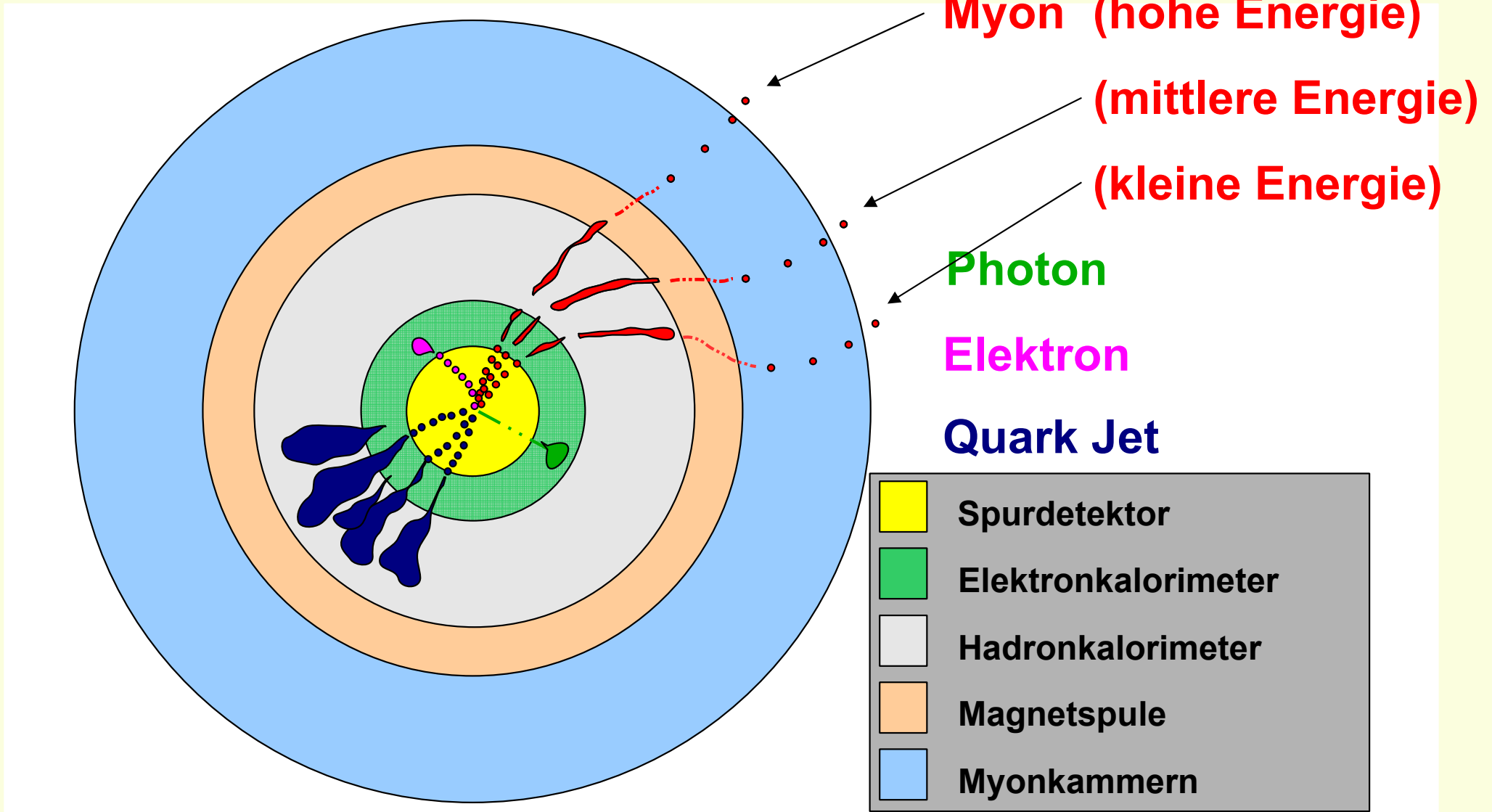
FERMILAB TEVATRON COLLIDER

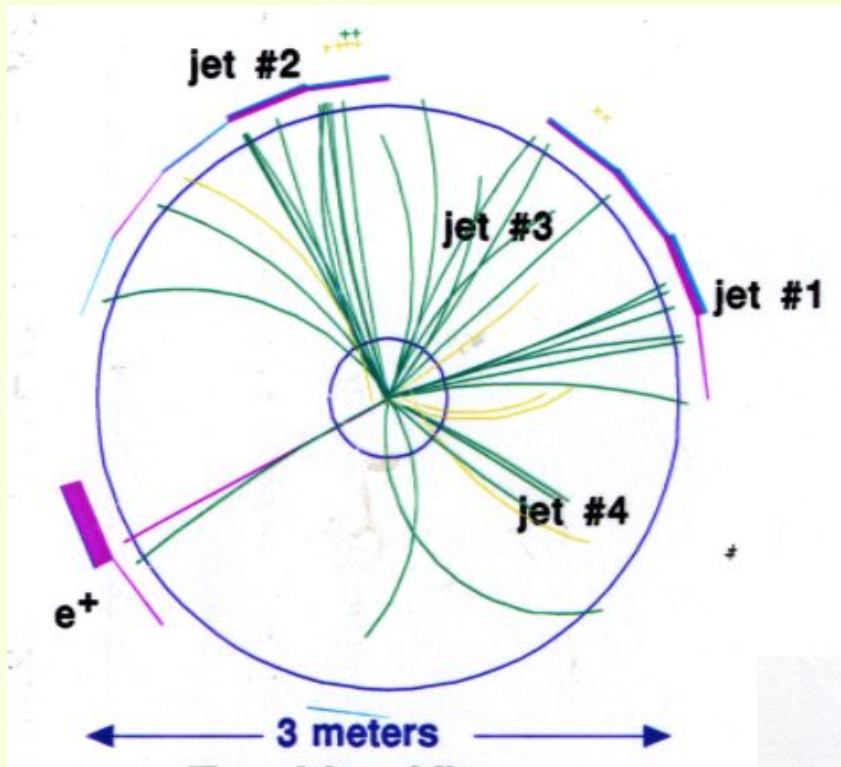
- 1985-2009: höchste Energien der Welt
- Pro Sekunde 10000000 Kollisionen
- 1 Top-Ereignis nur alle 10^{10} Kollisionen !



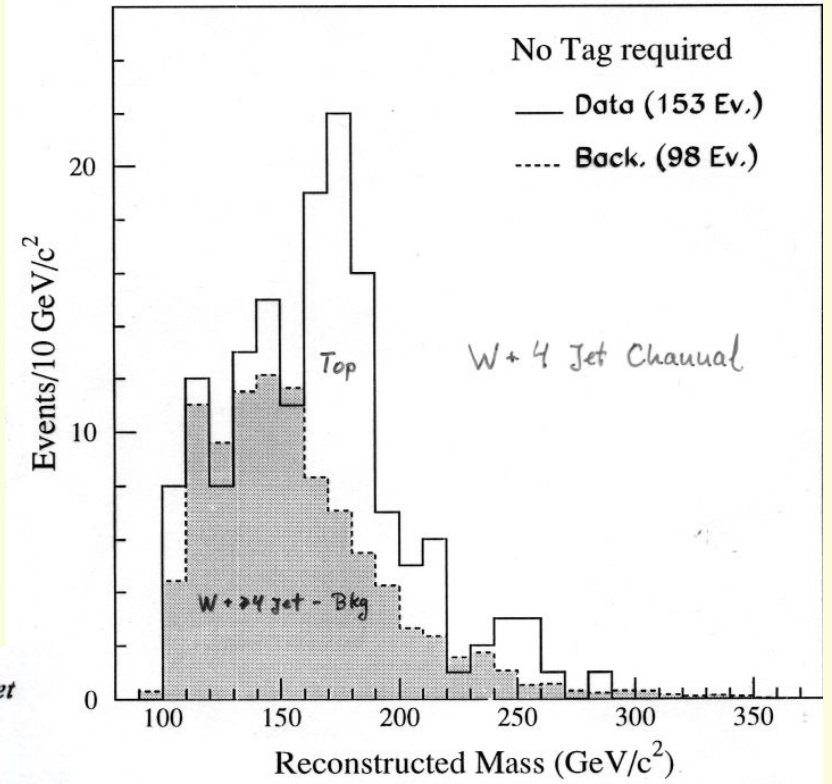
DER CDF-DETEKTOR



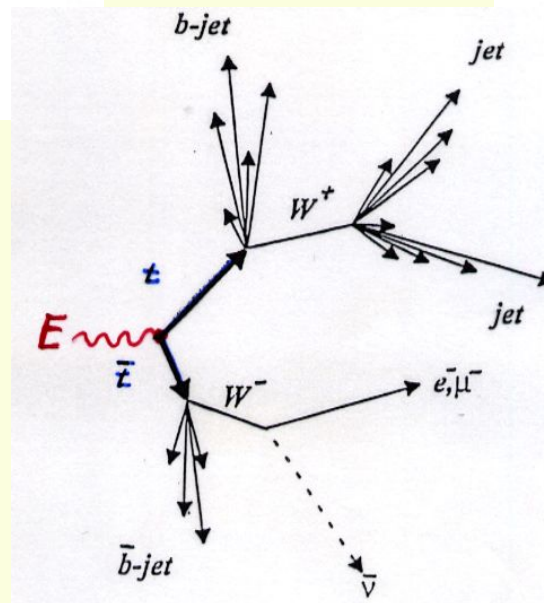




TOP-ANTI-TOP-EREIGNIS



TOP-QUARK-SIGNAL



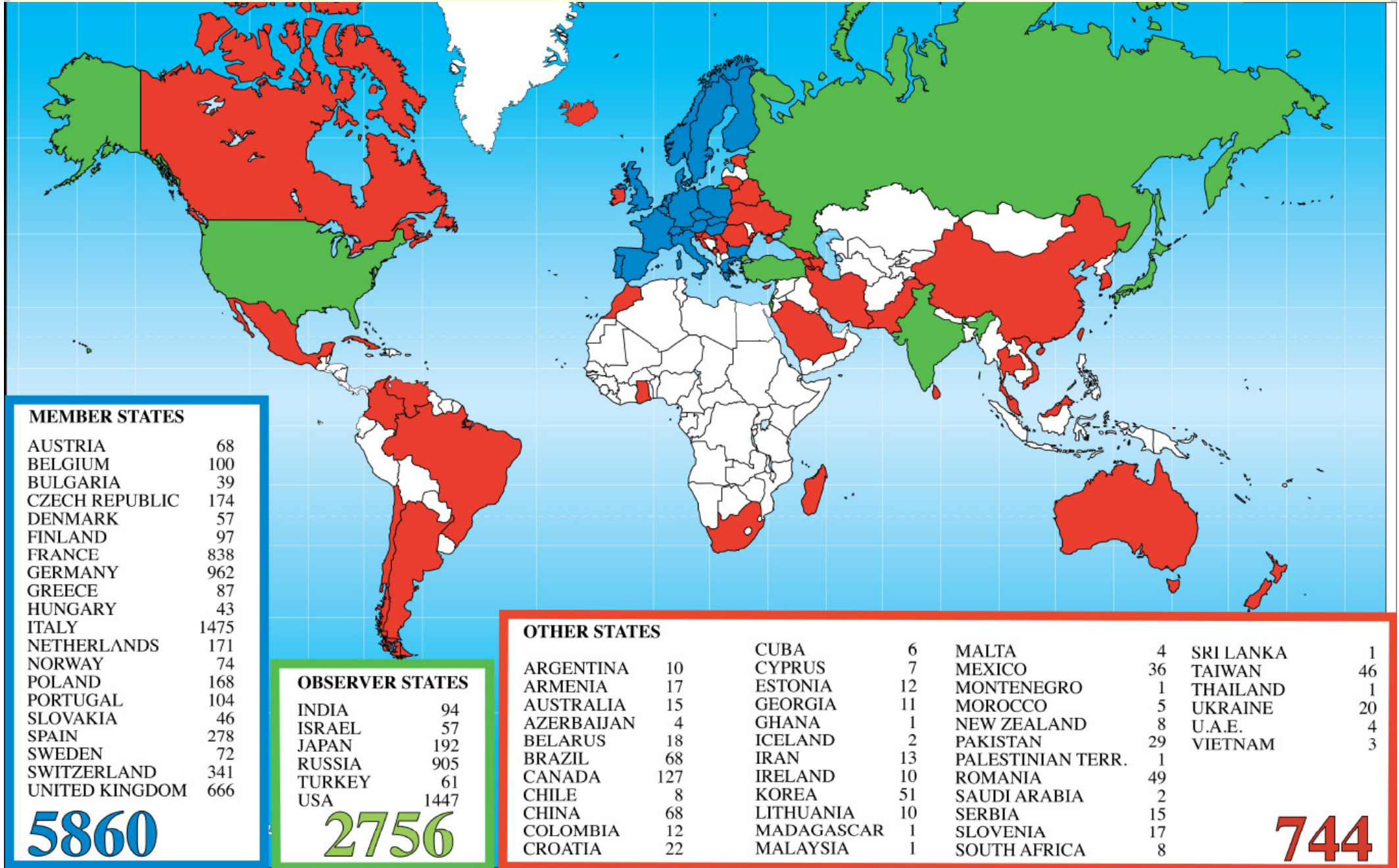
TOP-ANTI-TOP-PROZESS



CERN

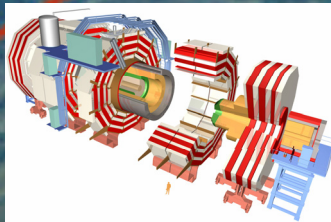
Gegründet 1954
eines von Europas ersten Gemeinschaftsprojekten

- Suche nach Antworten auf Fragen nach dem Mikrokosmos und dem frühen Univerum
- Technologische Grenzen verschieben
- Ausbildung der Wissenschaftler von morgen
- Nationen zusammenbringen durch Wissenschaft

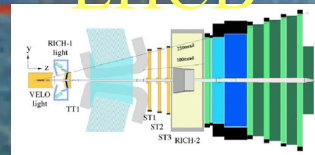


LHC:
Proton-Proton-Kollisionen bei 14 TeV Schwerpunktsenergie
Kollisionsraten bis $10^9 / s$
Umfang 27 km

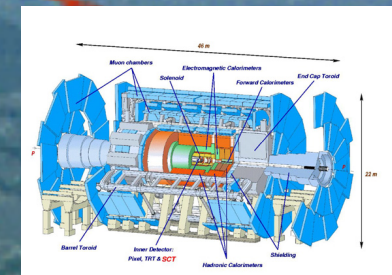
CMS



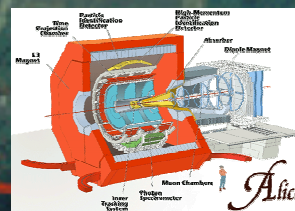
LHCb



Atlas



Alice



Beteiligung aus Baden-Württemberg

- ALICE: Uni Heidelberg
- ATLAS: Uni Freiburg,
Uni Heidelberg
- CMS: Uni Karlsruhe (TH)
- LHCb: Uni/MPI Heidelberg



- 1984 Workshop zu einem großen Hadron Collider im LEP-Tunnel
- 1988 Beginn mit konkreten Plänen für Detektoren
- 1993 *Letters of Intent* (ATLAS und CMS wurden ausgewählt)

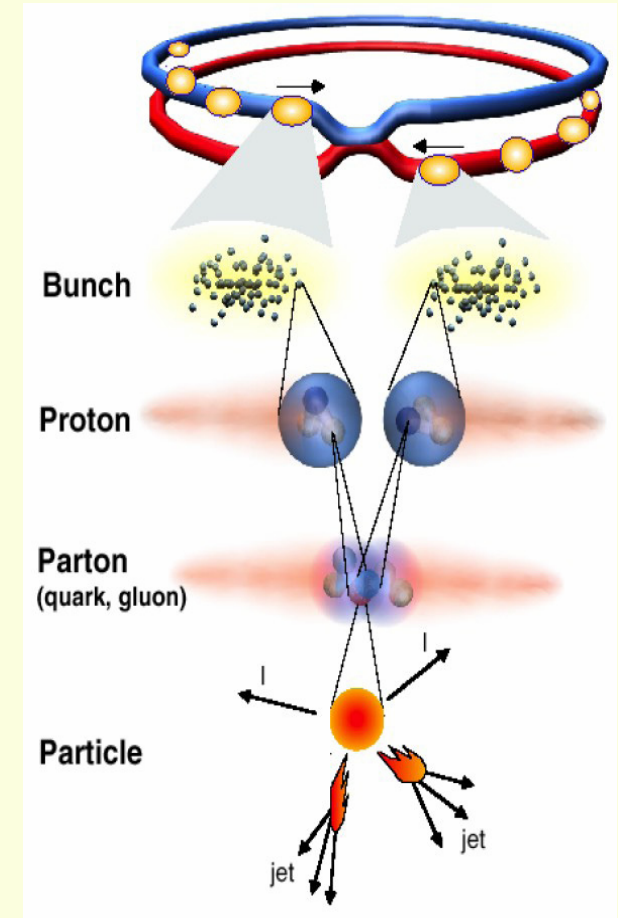
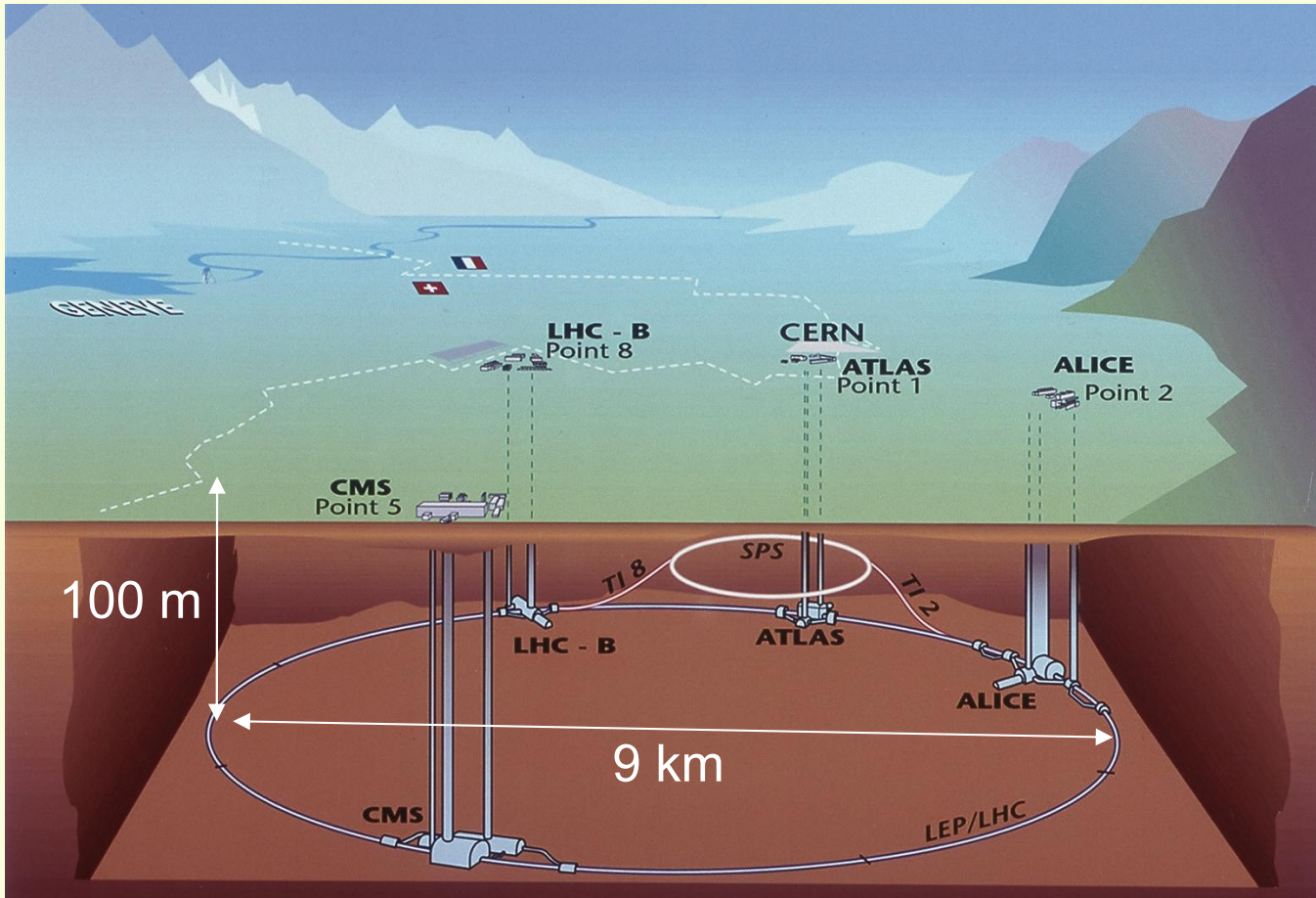
- 1995 Beginn der Teilnahme der Universität Karlsruhe
- 2000 Beginn der Konstruktion der Detektorelemente, Vorbereitung Datenanalyse
Gründung des GridKa
- 2005 Beginn Zusammenbau des CMS-Detektors am CERN
- 2008 LHC - Detektoren betriebsbereit, Strahl lief herum
- 2009 Proton-Proton-Kollisionen

Beginn von F/E-Arbeiten für den Super LHC in Karlsruhe

Die Karlsruher CMS-Gruppe 2008 (IEKP):

4 Professoren, 1 Privatdozent, 4 leitende Wissenschaftler, 8 Postdocs, 26 Doktoranden, 10 Diplomanden, 3 Gruppentechniker und Personal der EKP-Werkstätten.

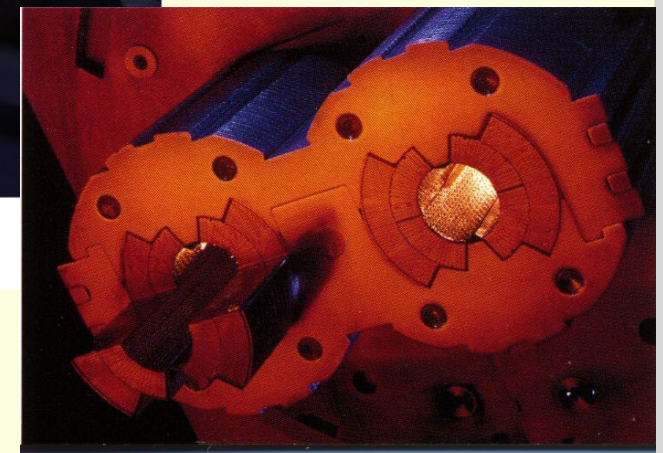


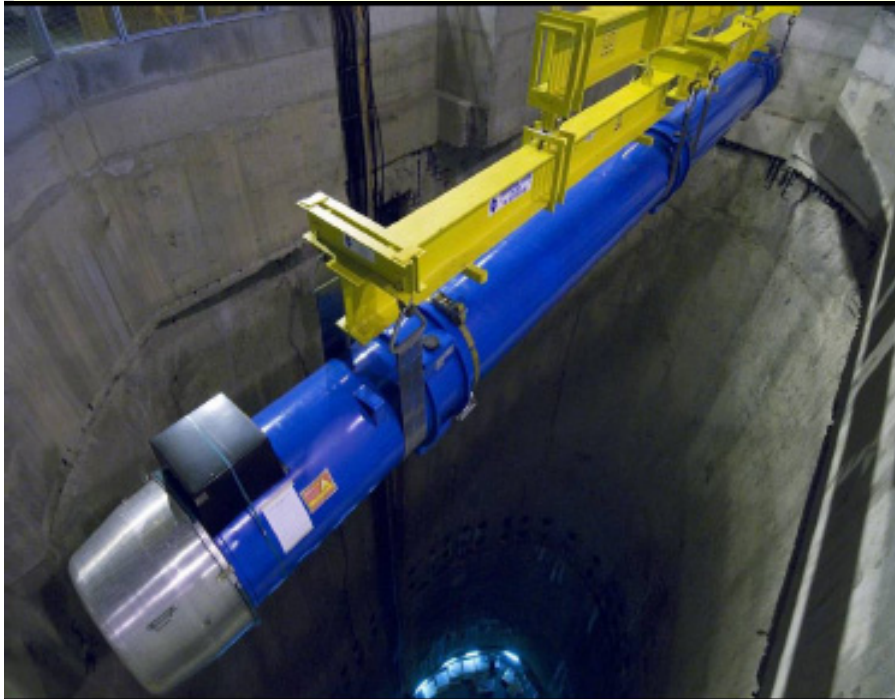




- Magnetfeld von 8,3 Tesla
- insgesamt 1232 Stück, 15 m lang
- 270'000 km Kabelstränge mit 6400
7µm dicken supraleitenden Filamenten
- Strom von 11'700 A
- Betriebstemperatur von 1.9 K

Betrieb bei einer Temperatur von -271°C





Insgesamt 30'000 km Transportweg
unter der Erde bei 2 km/h!



Bau der Einzelteile an teilnehmenden Instituten, Zusammenbau am CERN

CMS-Detektor:

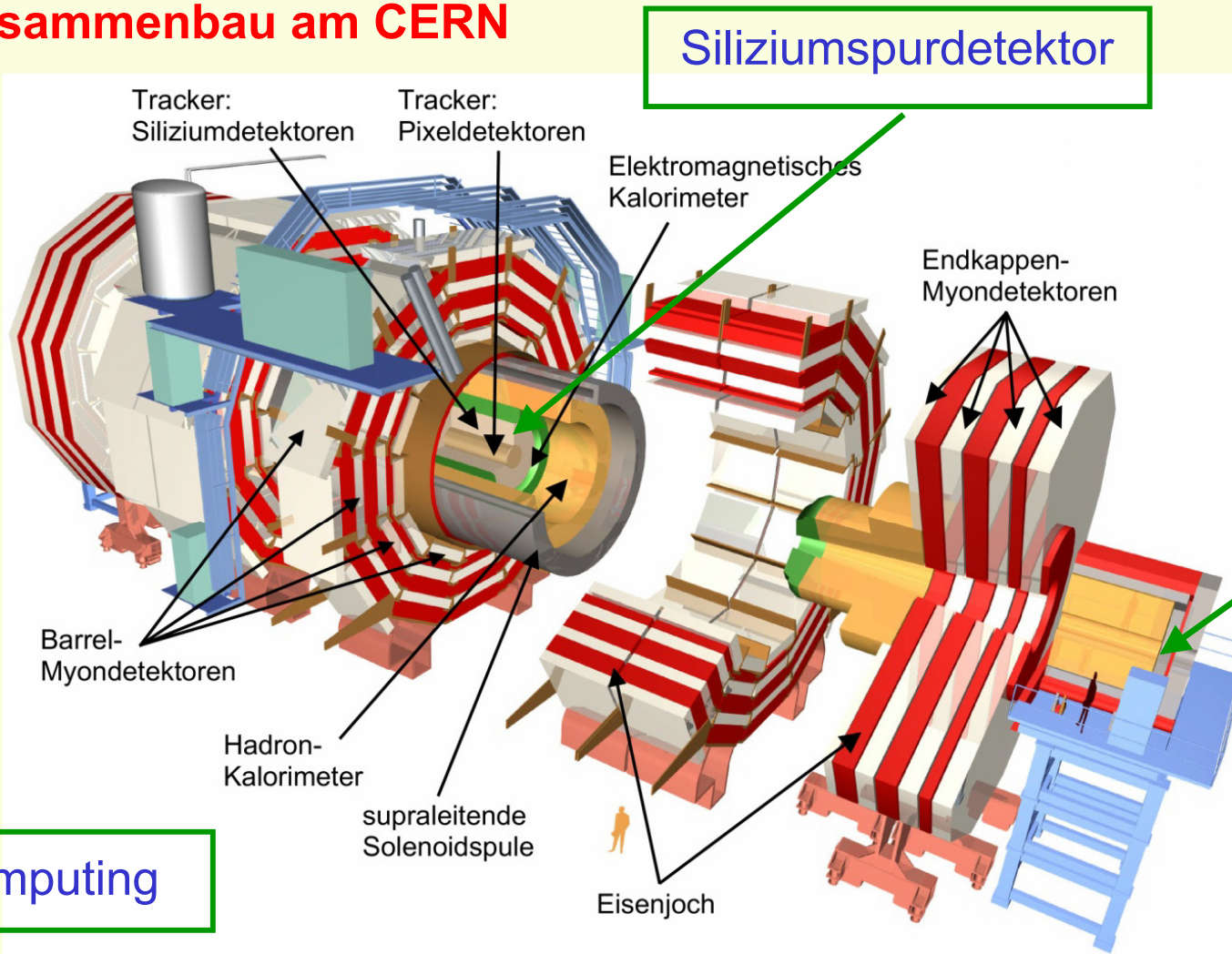
25m lang, 16m Höhe
12500 Tonnen
Nettokosten 550 MSFr

Strahlmonitor

CMS-Kollaboration:

2310 Wissenschaftler
38 Staaten
175 Institute

IEKP Karlsruhe: 55



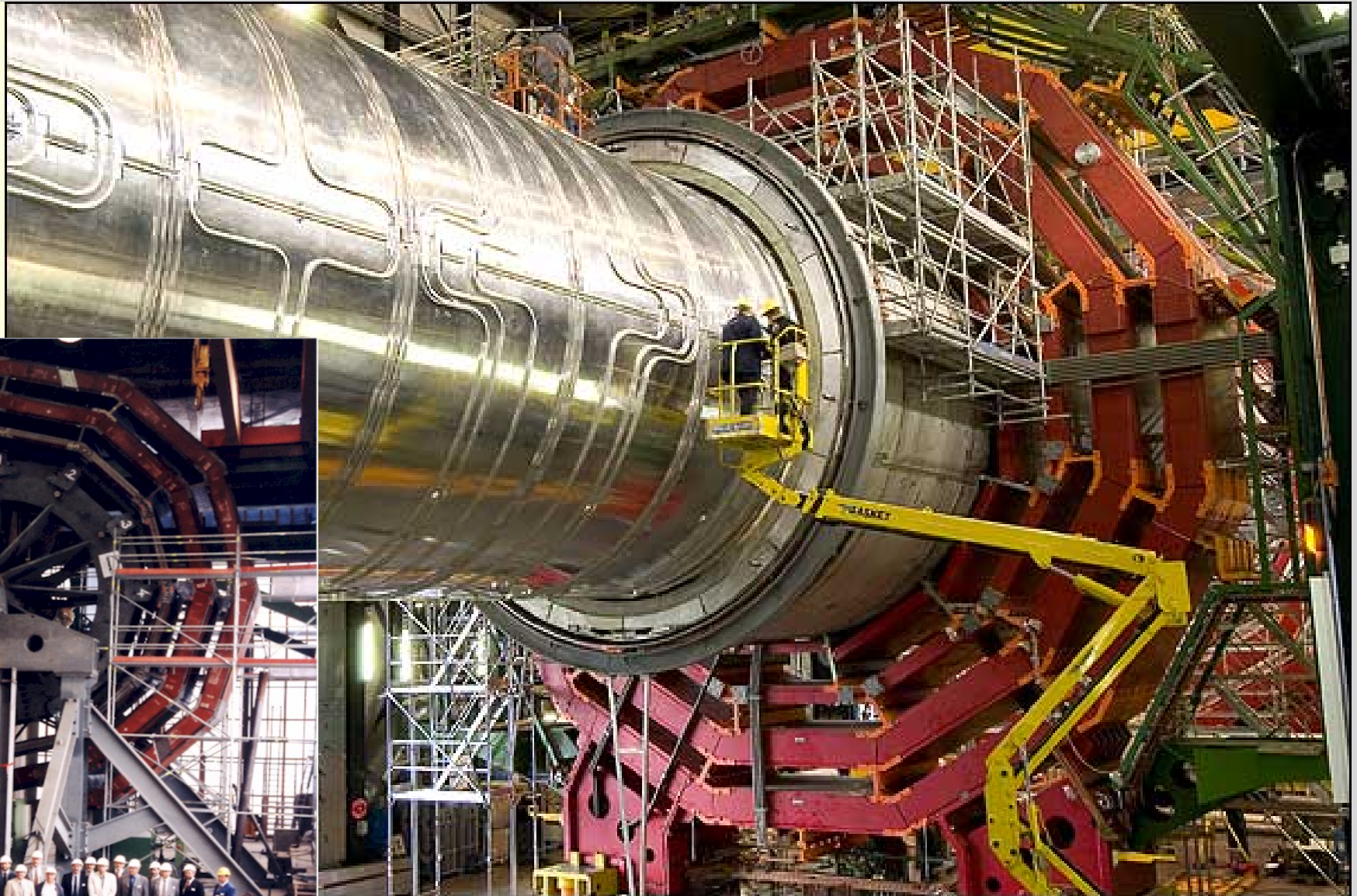
Siliziumspurdetektor

Computing

Software / Datenanalyse



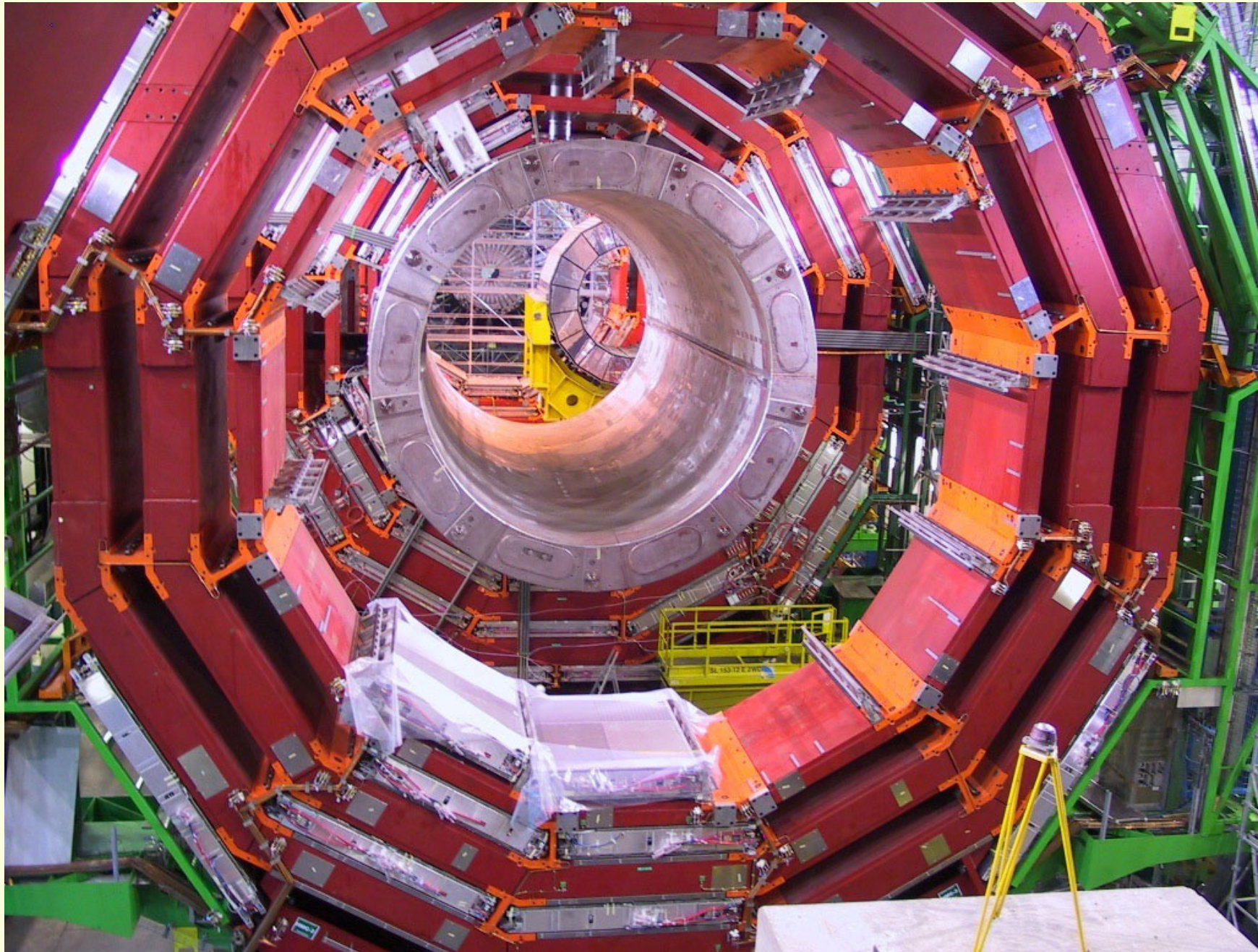
Einschub der
inneren
Kryostatwand

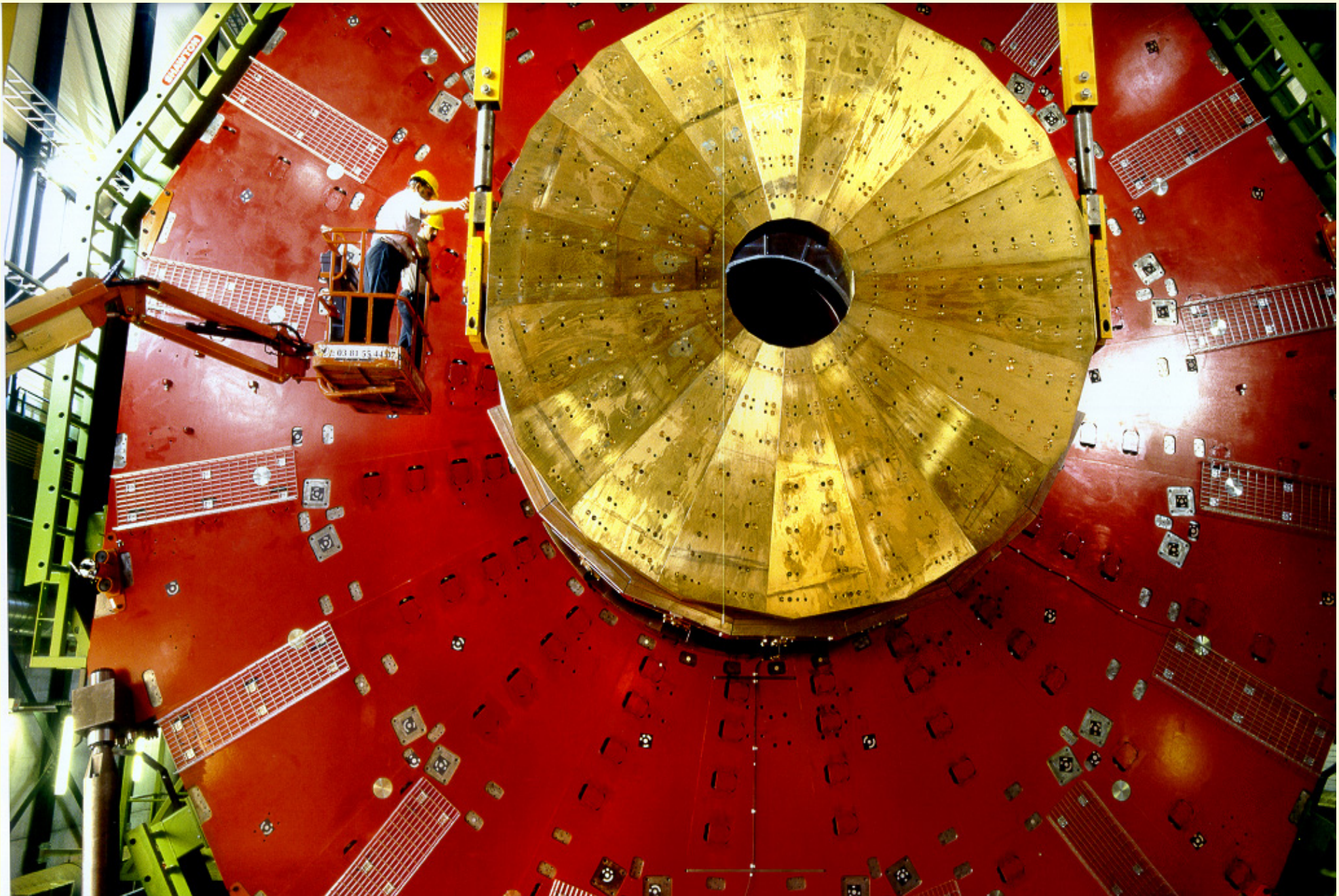


GRÖßTER SUPRALEITENDER MAGNET DER WELT:
4T (100000 mal Erdmagnetfeld)
13m lang, 6m Durchmesser
Gewicht des Eisenjochs: 10.000 t

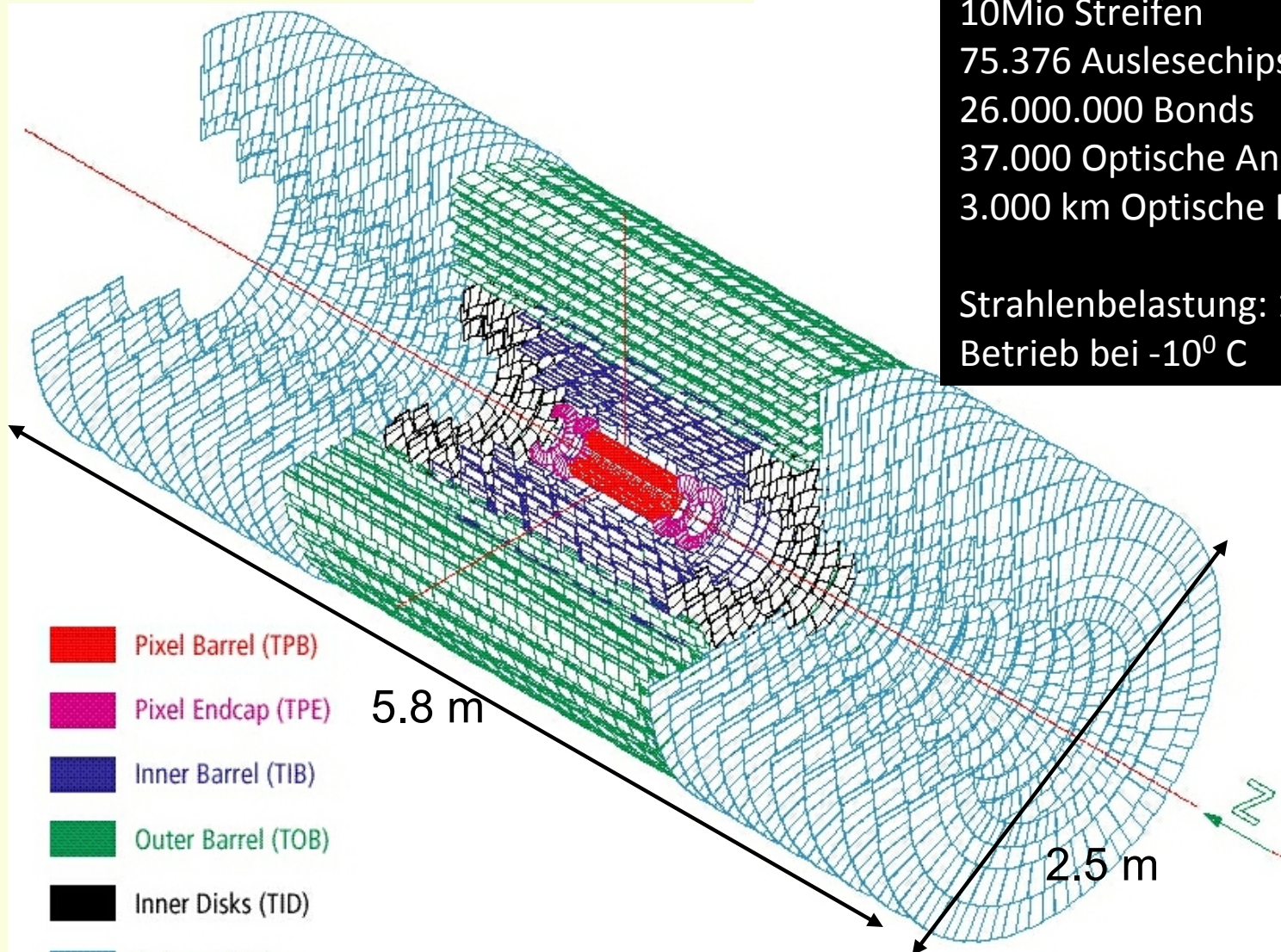
Bau des Eisenjochs in der DWE-Werft







Der weltgrößte Siliziumdetektor:



- Pixel Barrel (TPB)
- Pixel Endcap (TPE)
- Inner Barrel (TIB)
- Outer Barrel (TOB)
- Inner Disks (TID)
- Endcap (TEC)

5.8 m

2.5 m

206 m² (Streifen) + 1 m² (Pixel)

25.000 Siliziumsensoren

10Mio Streifen

75.376 Auslesechips

26.000.000 Bonds

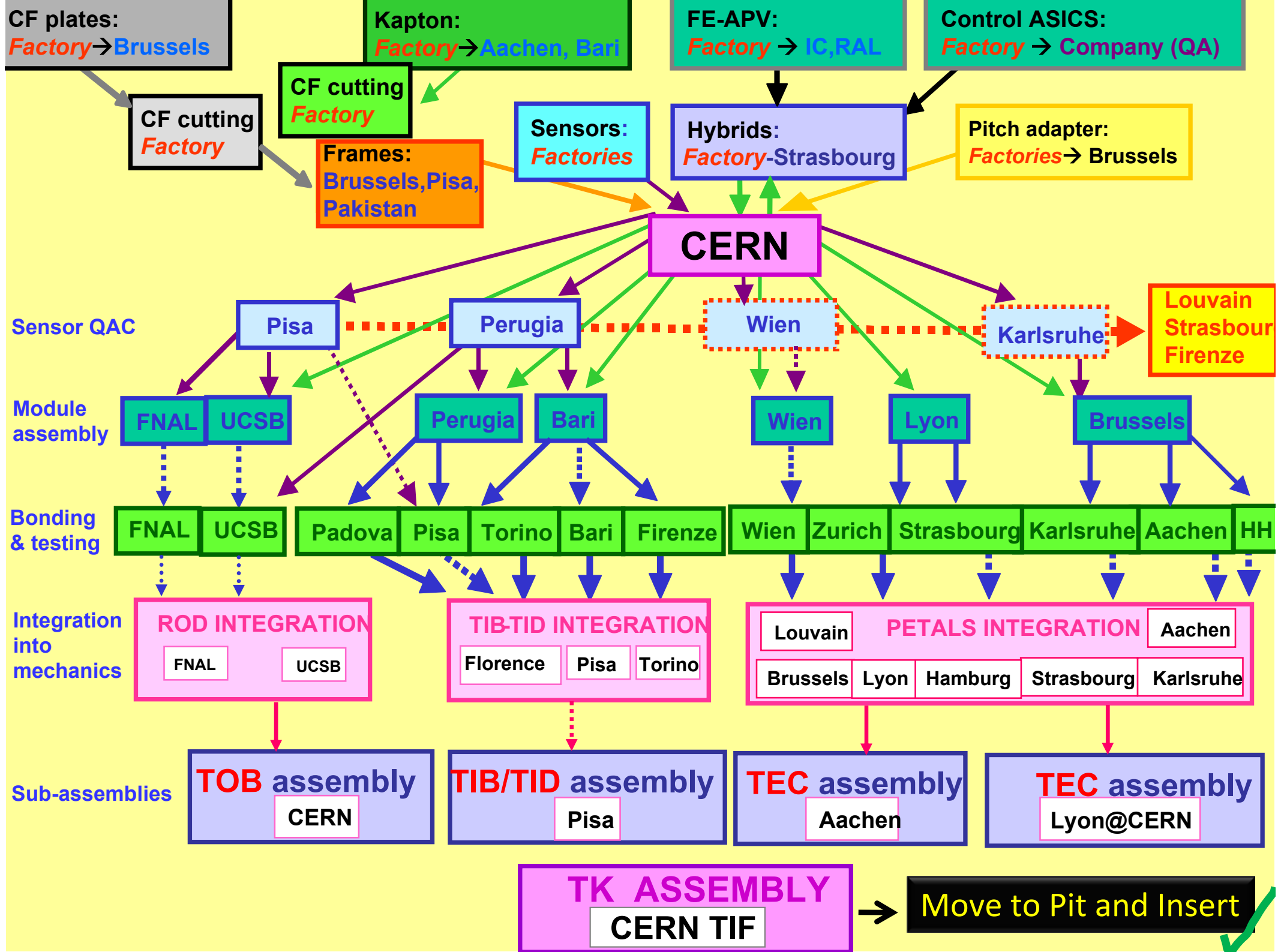
37.000 Optische Analogverbindungen

3.000 km Optische Fibern

Strahlenbelastung: $10^{13} - 10^{15} n_{eq} / cm^2$

Betrieb bei $-10^0 C$

Karlsruhe: signifikanter Anteil am Tracker



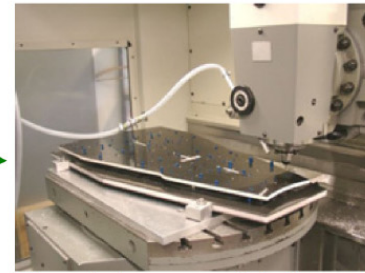
DETEKTORBAU IN KARLSRUHE



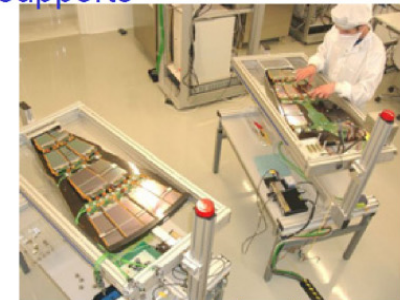
Wirebonding of 900 modules



Electronic test of modules



Precision machining of Detector supports



Assembly of supermodules (petals)



Pilot center for petal tests



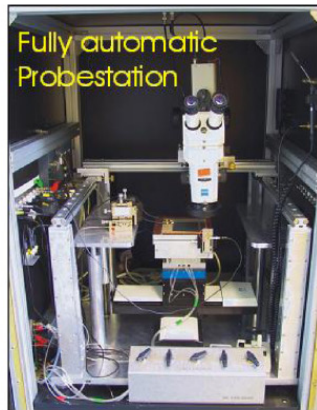
IEKP: Construction of 102 Petals for tracker (30%)



Insertion of tracker into CMS



Assembly of tracker



Quality control of 8000 sensors

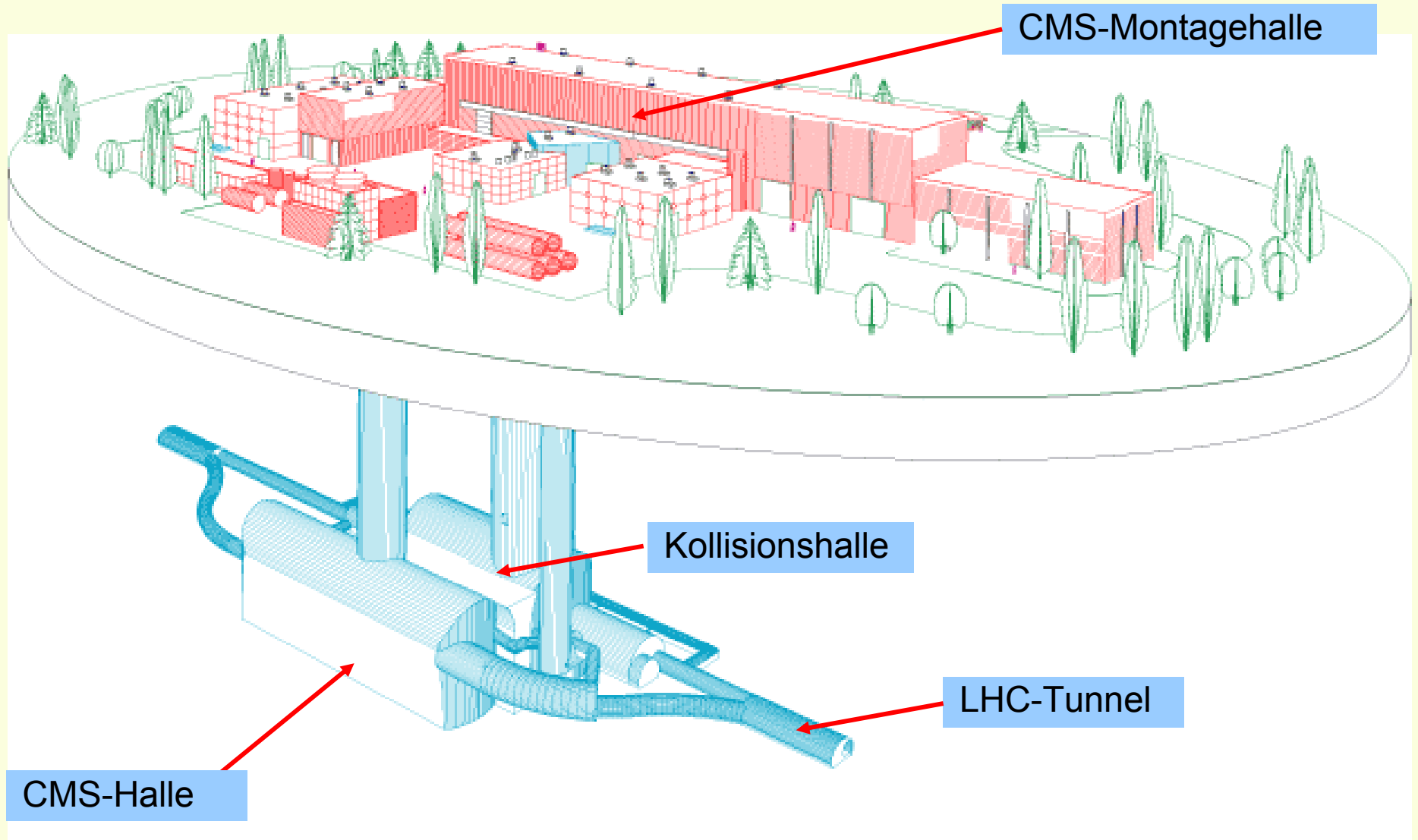


Test of radiation hardness at cyclotron

AUF DEM WEG ZUR KAVERNE



Auf dem Papier...

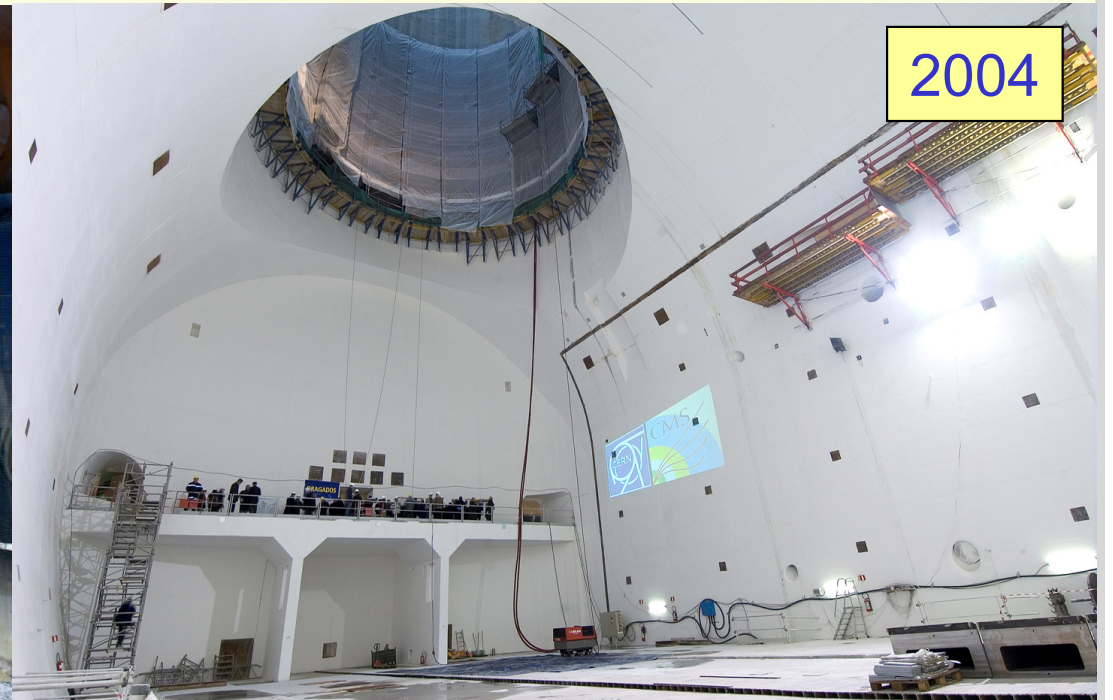


...im Bau



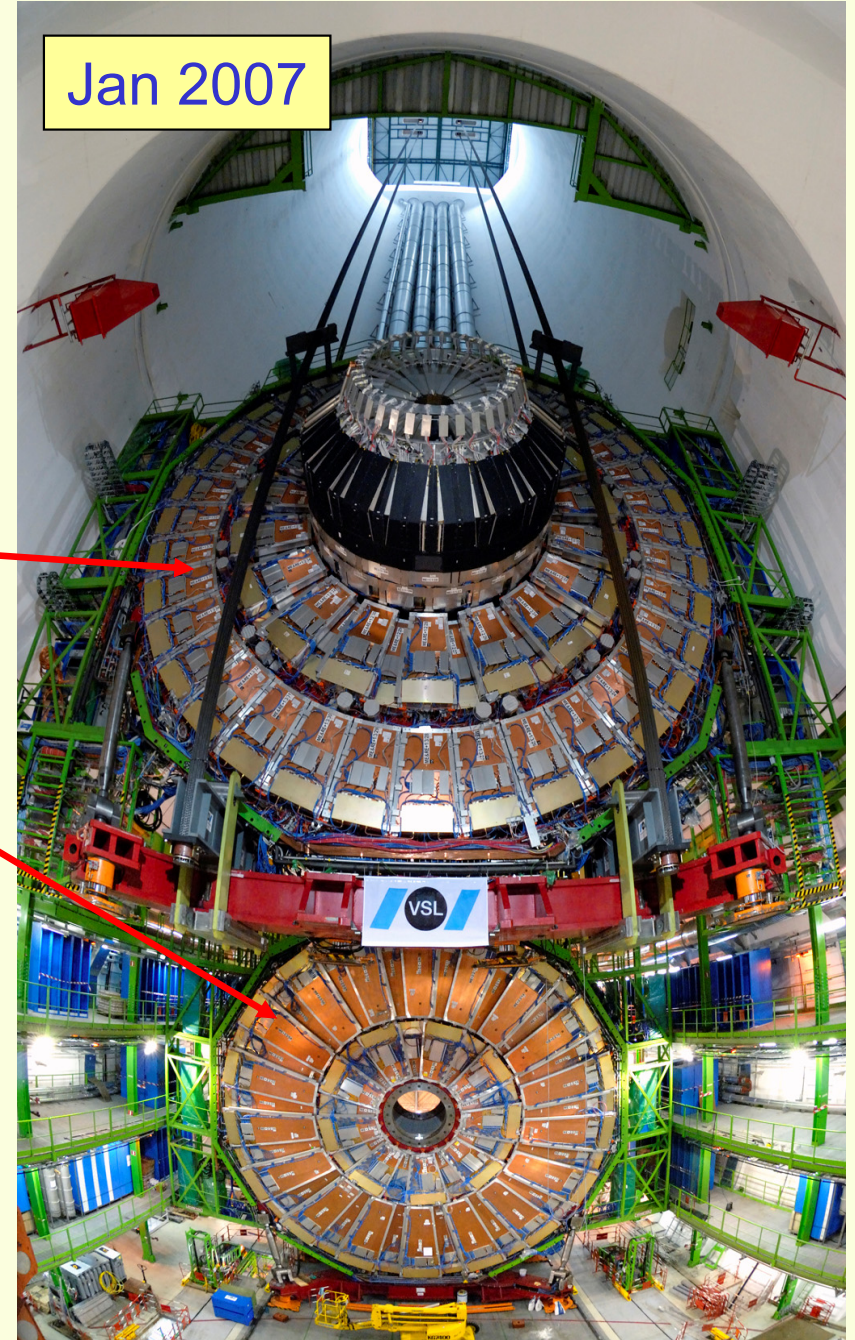
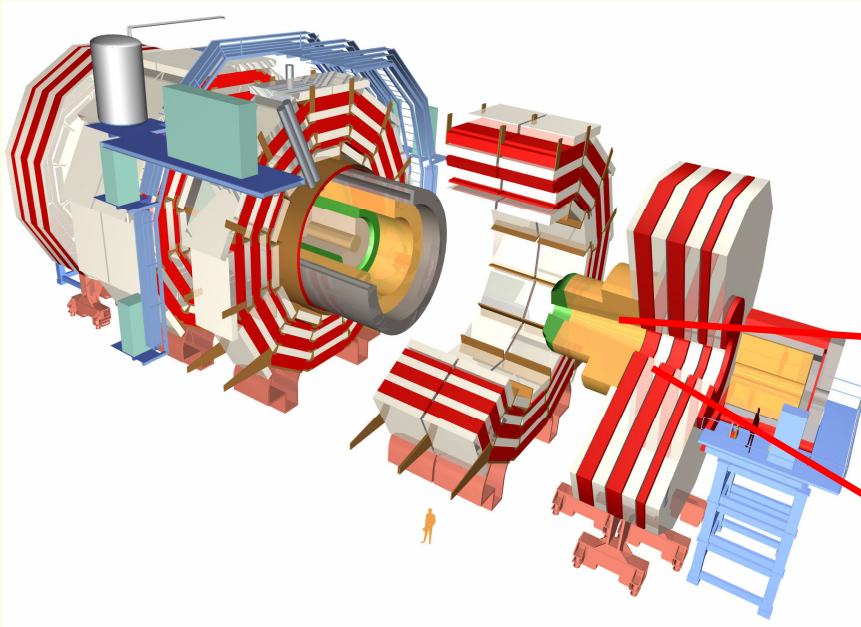
Jan 1999

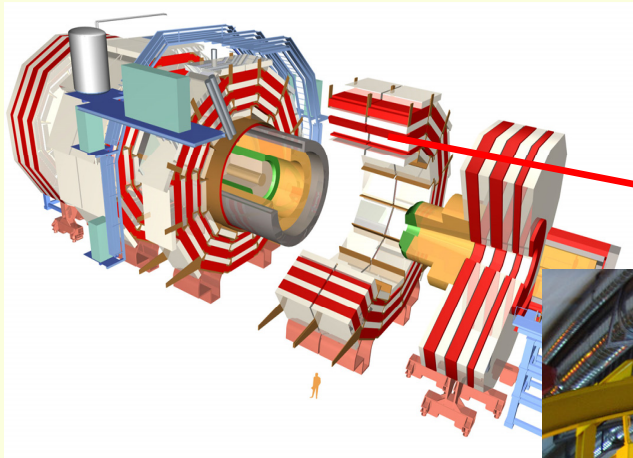




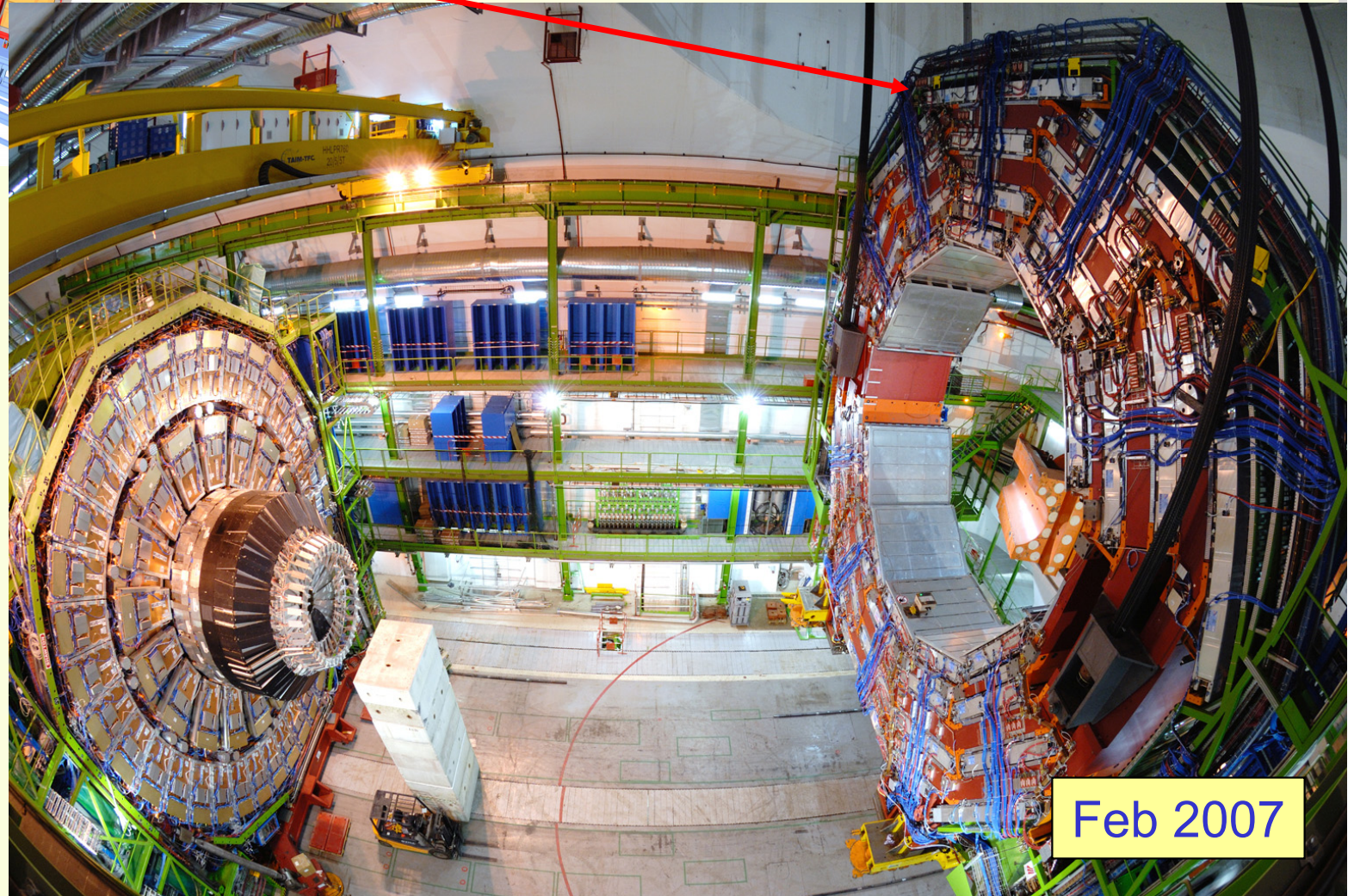


Absenken einer Endkappe



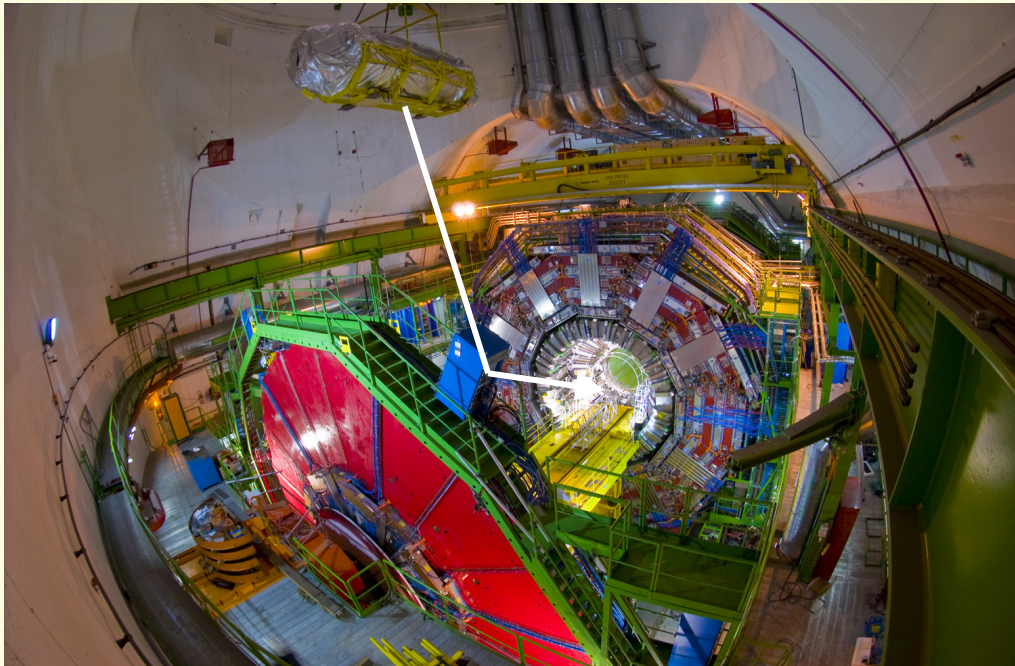


Absenken eines Barrel-Rings

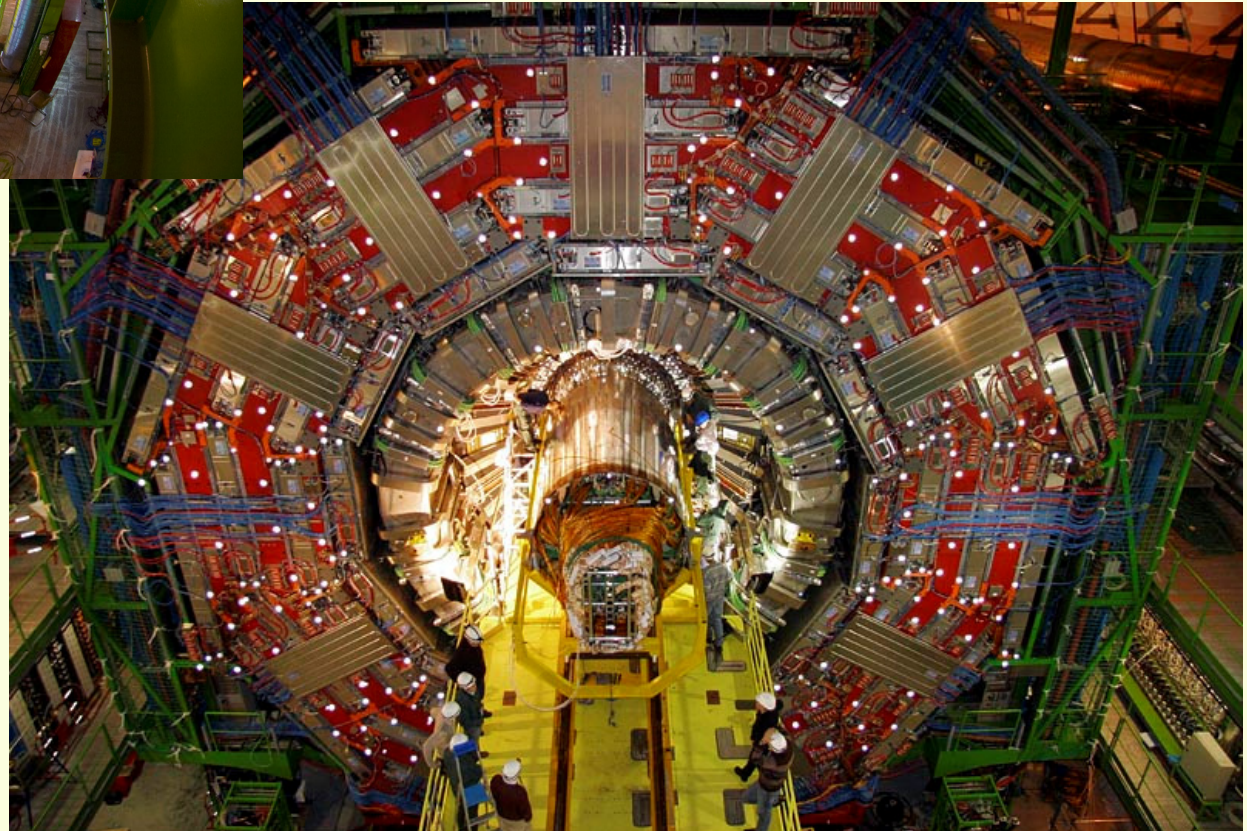


Feb 2007





Dez. 2007





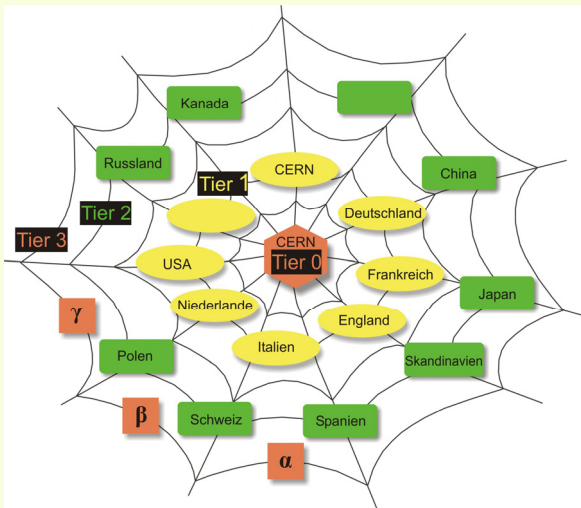
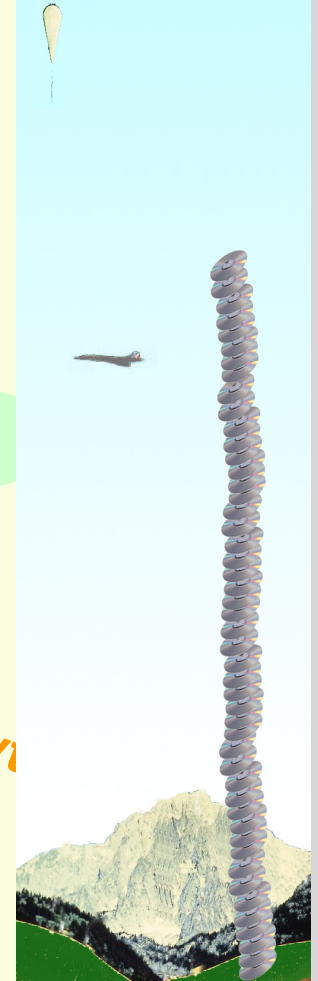
Millionen von Kabeln!



**Am CERN wurde das World-Wide Web erfunden.
Das Grid ist eine Weiterentwicklung**



40 MHz ; 10^9 Ereignisse/s ; 10 Mio Kanäle => 1 PetaByte
 Online-Datenreduktion
 Datenspeicherung
 100 Hz ~1
**PetaByte/Jahr
 (1,4 Millionen CD)**

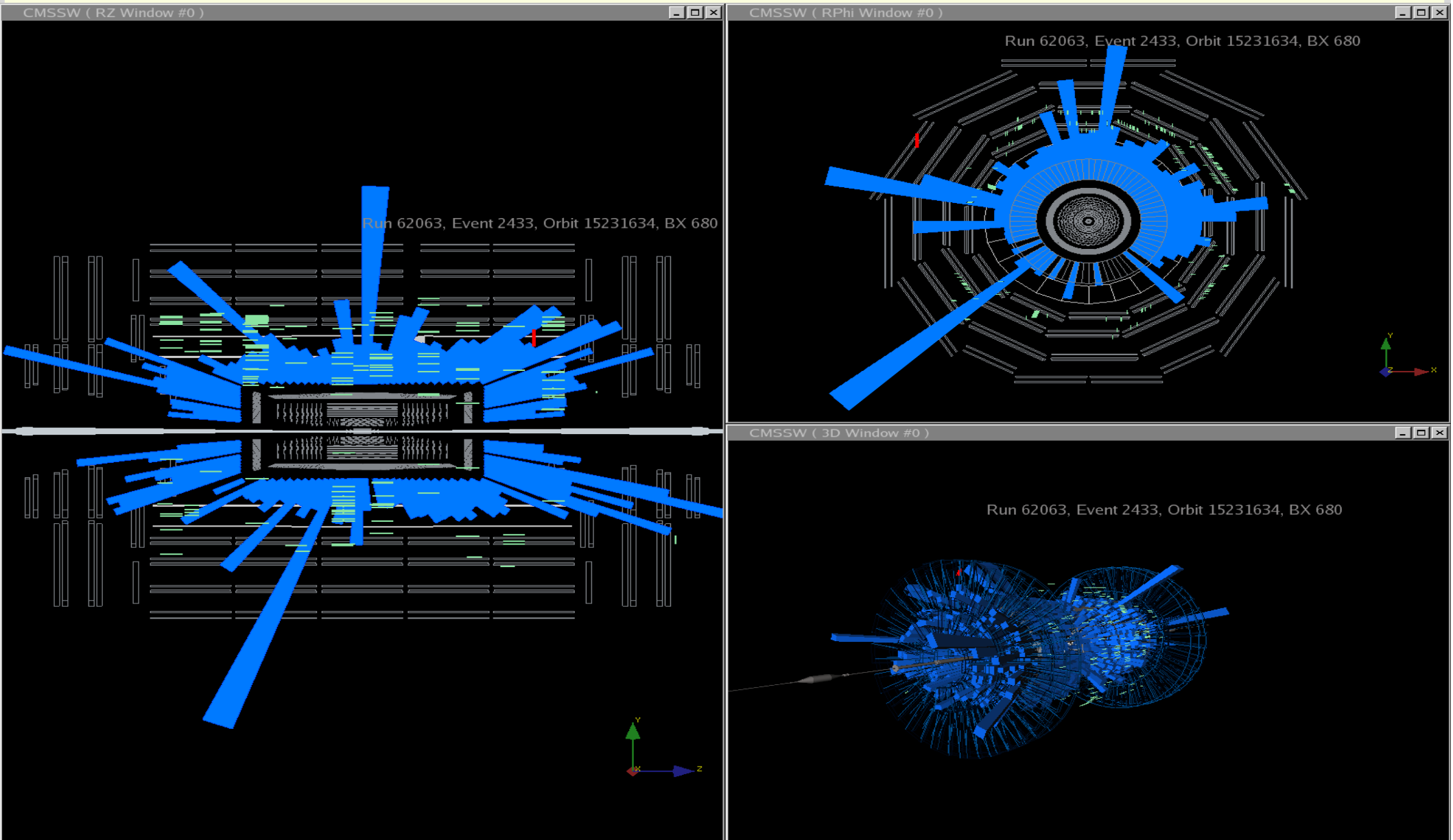


LÖSUNG: DAS GRID →

KIT: GridKa (Tier 1)

CampusGrid (Tier 2-3)

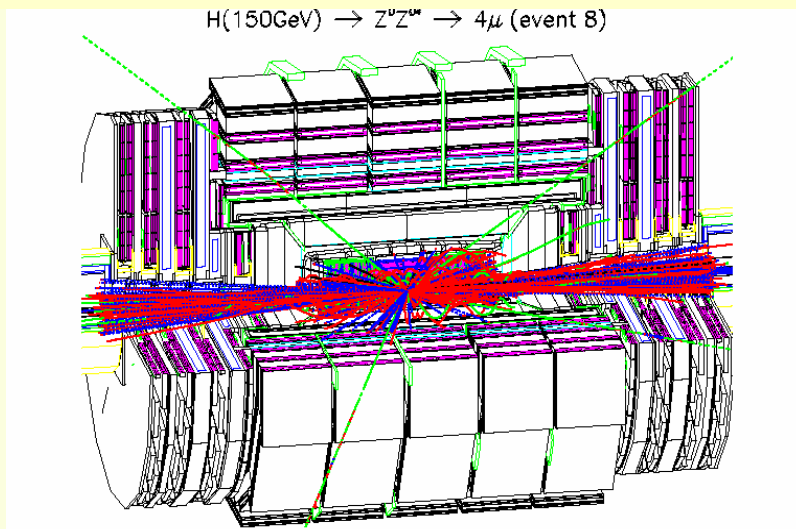




Run # 62063, event # 2433



- 24 Jahre nach der ersten Idee vom Large Hadron Collider sind wir (fast) startbereit
- Beschleuniger und Detektoren sind die komplexesten Geräte der Menschheit
- **Unser ausdrücklicher Dank gebührt unserer Universität und den Fördereinrichtungen, vor allem aber dem BMBF. Diese Forschung kann nur gelingen, wenn Forscher und Förderer extreme Ausdauer besitzen.**
- **Gegenwert unserer Forschung:**
 1. Erkenntnis
 2. Anschub und Erfindungen
 3. Ausbildung



Simulation eines Higgsbosonereignisses

Das Karlsruher Team



