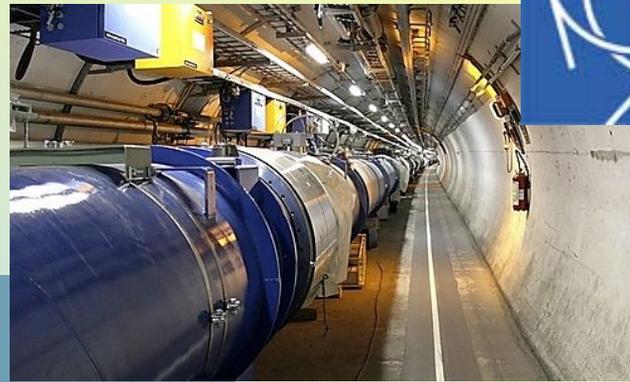


Das CMS Experiment am Large Hadron Collider (LHC) am



*Beispiel für globale
Kommunikation
in der Elementarteilchen-physik*

Übersicht:

Am 10. September 2008 wurde am CERN in Genf der weltgrößte Teilchenbeschleuniger LHC Large Hadron Collider mit dem ersten vollständigen Umlauf eines Protonenstrahls offiziell in Betrieb genommen.

Mit diesem Beschleuniger und den vier auf gezielte Fragestellungen spezialisierten Detektoren CMS, ATLAS, ALICE und LHCb beginnt das wohl ehrgeizigste wissenschaftliche Projekt aller Zeiten.

Physiker aus 85 Nationen, die an dieser einzigartigen Kollaboration beteiligt sind, wollen ein tieferes Verständnis unseres Universums erreichen.

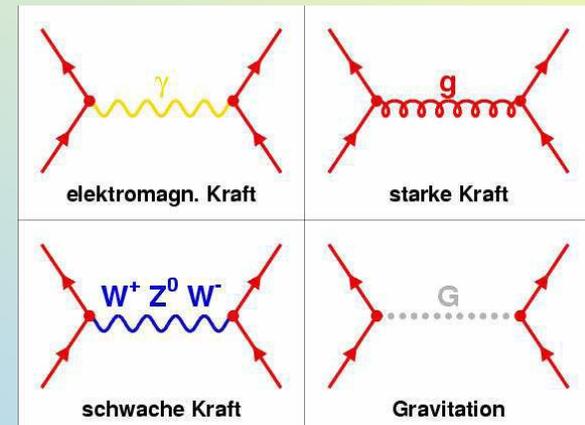
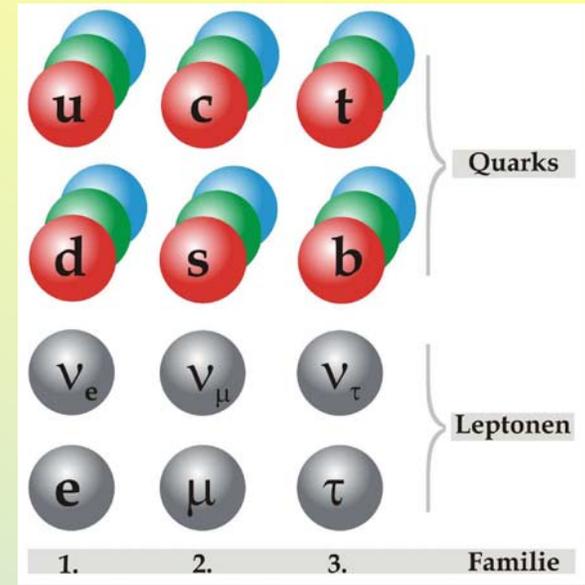
Übersicht:

- Ein Experiment dieser Größenordnung stellt unter Anderem auch neue Herausforderungen an die Kommunikation untereinander, die nicht nur zu solch spektakulären Ereignissen, wie dem "LHC First Beam Day", funktionieren muss.
- Kollaborations-Tools und Videokonferenz sind inzwischen zu den wichtigsten täglichen Werkzeugen in diesem Projekt geworden.
- Ich möchte zunächst ein wenig tiefer auf die physikalischen Hintergründe des Experiments eingehen.
- im zweiten Teil möchte ich dann das kollaborative Umfeld veranschaulichen und im Detail darstellen, wie moderne Kommunikations- und Kollaborations-Tools in diesem Experiment ihren Einsatz finden.

Motivation und Ziele:

Das Standardmodell der Elementarteilchenphysik:

- geht von der Existenz von
 - zwölf Elementarteilchen und
 - drei fundamentalen Kräften aus
 - starke Wechselwirkung
 - schwache Wechselwirkung
 - elektromagnetische Wechselwirkung
 - die Gravitation als vierte Fundamentalkraft wird im Standardmodell nicht berücksichtigt
-
- Funktioniert aber nur für “masselose” Teilchen
 - Der Higgs-Mechanismus erklärt, wie Teilchen zu ihrer Masse kommen
 - Wenn das Higgs Teilchen indirekt durch seine Zerfallsprodukte mit den LHC Detektoren **CMS** und **ATLAS** nachgewiesen werden könnte, wäre dies die noch fehlende Erklärung der Masse im Standardmodell.



Motivation und Ziele:

- **viele offene Fragen bezüglich unseres Weltbildes:**
 - **nur vier Prozent des Kosmos besteht aus normaler Materie**
 - **Der Rest besteht aus 26 Prozent dunkler Materie und 70 Prozent dunkler Energie**
 - **bisher unbekannt, woraus dunkle Materie genau besteht**
 - **Enthält sie "supersymmetrische Gegenstücke zur normalen Materie" ?**

Motivation und Ziele:

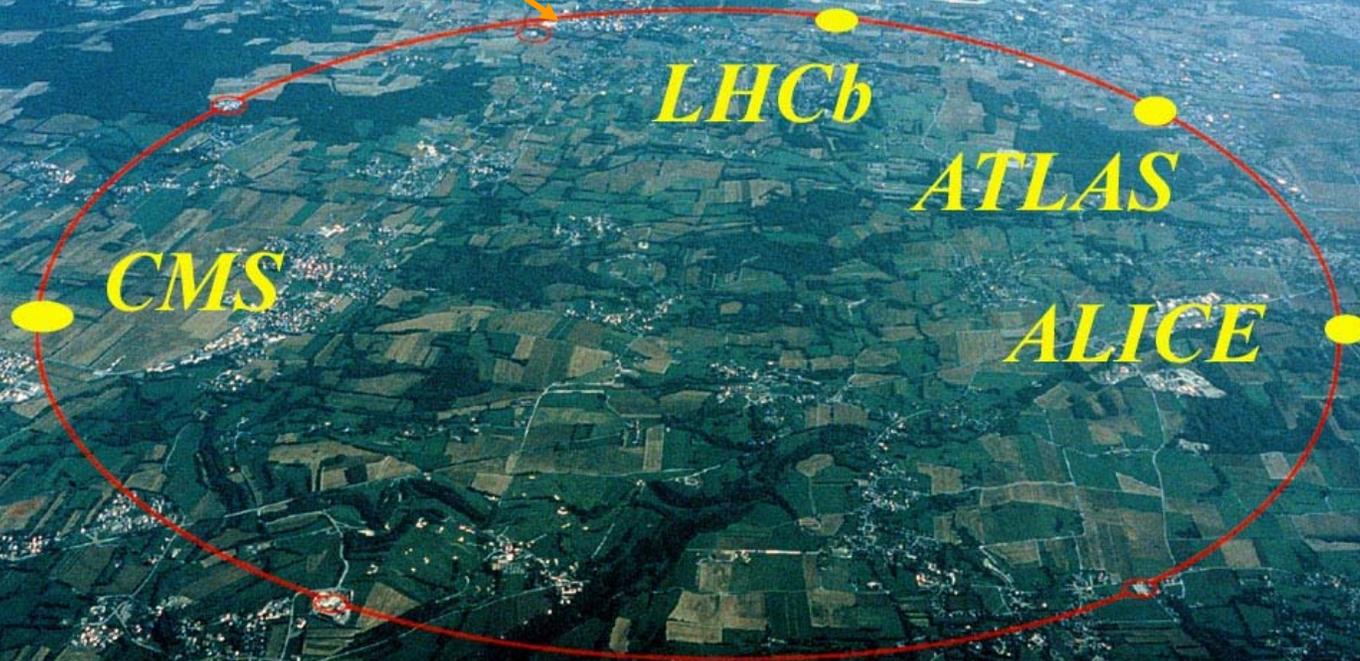
- **Weitere offene Fragen bezüglich unseres Weltbilds:**
 - **Bei der Entstehung des Universums müssen gleiche Teile Antimaterie und Materie erzeugt worden sein.**
 - **Warum haben sie sich nicht sofort gegenseitig ausgelöscht?**
 - **Warum überlebte die Materie?**
 - **Wo ist die ganze Antimaterie geblieben?**
 - **Aus irgendeinem Grund scheint die Natur die Materie bevorzugt zu haben. Aber warum?**
 - **Mit dem LHC können erstmals Bedingungen erzeugt werden, wie sie unmittelbar nach dem "Urknall" geherrscht haben.**

Copyright: CERN

MontBlanc

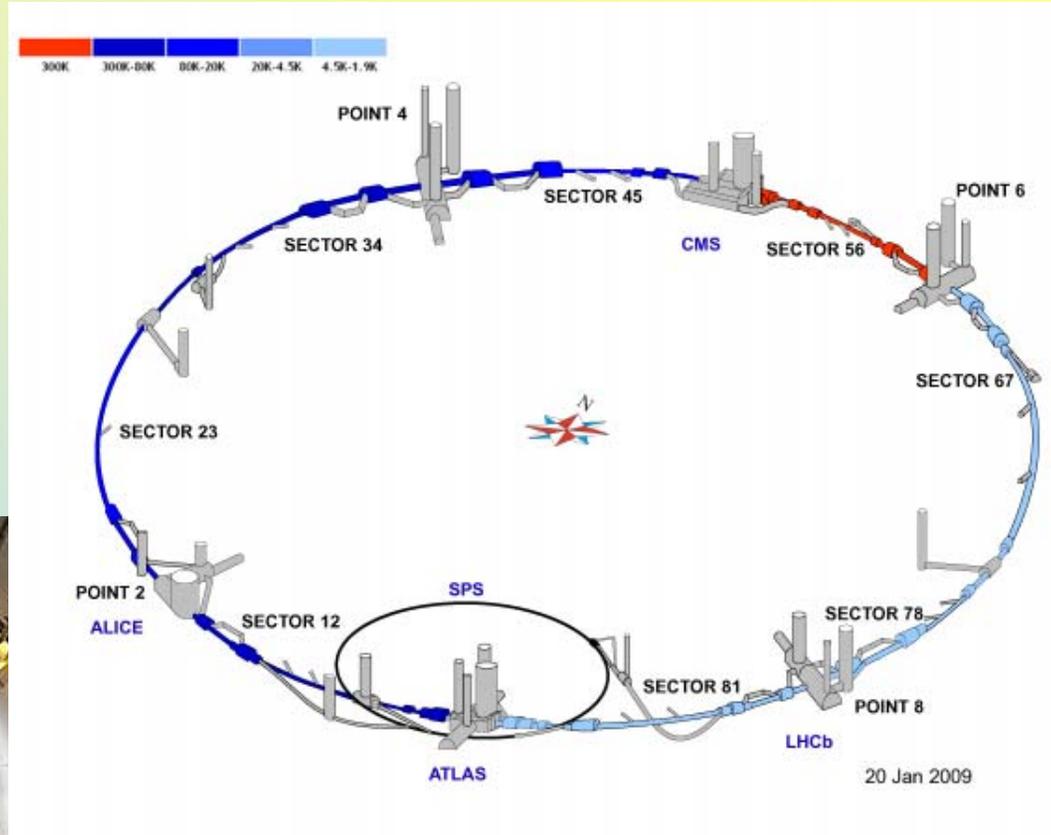
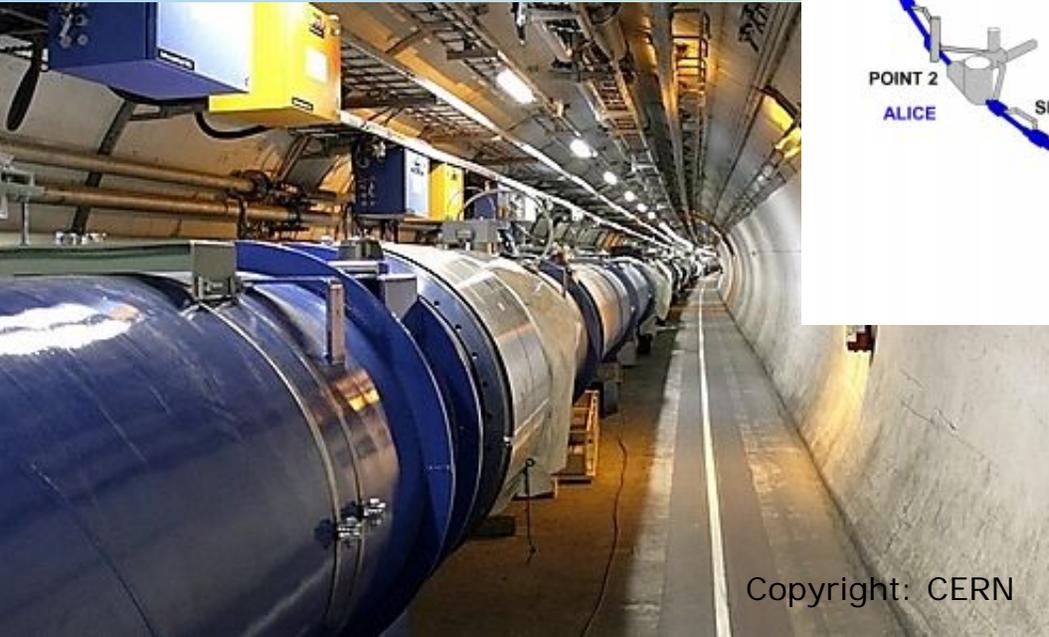
City of
GENEVA

CERN





LHC Tunnel

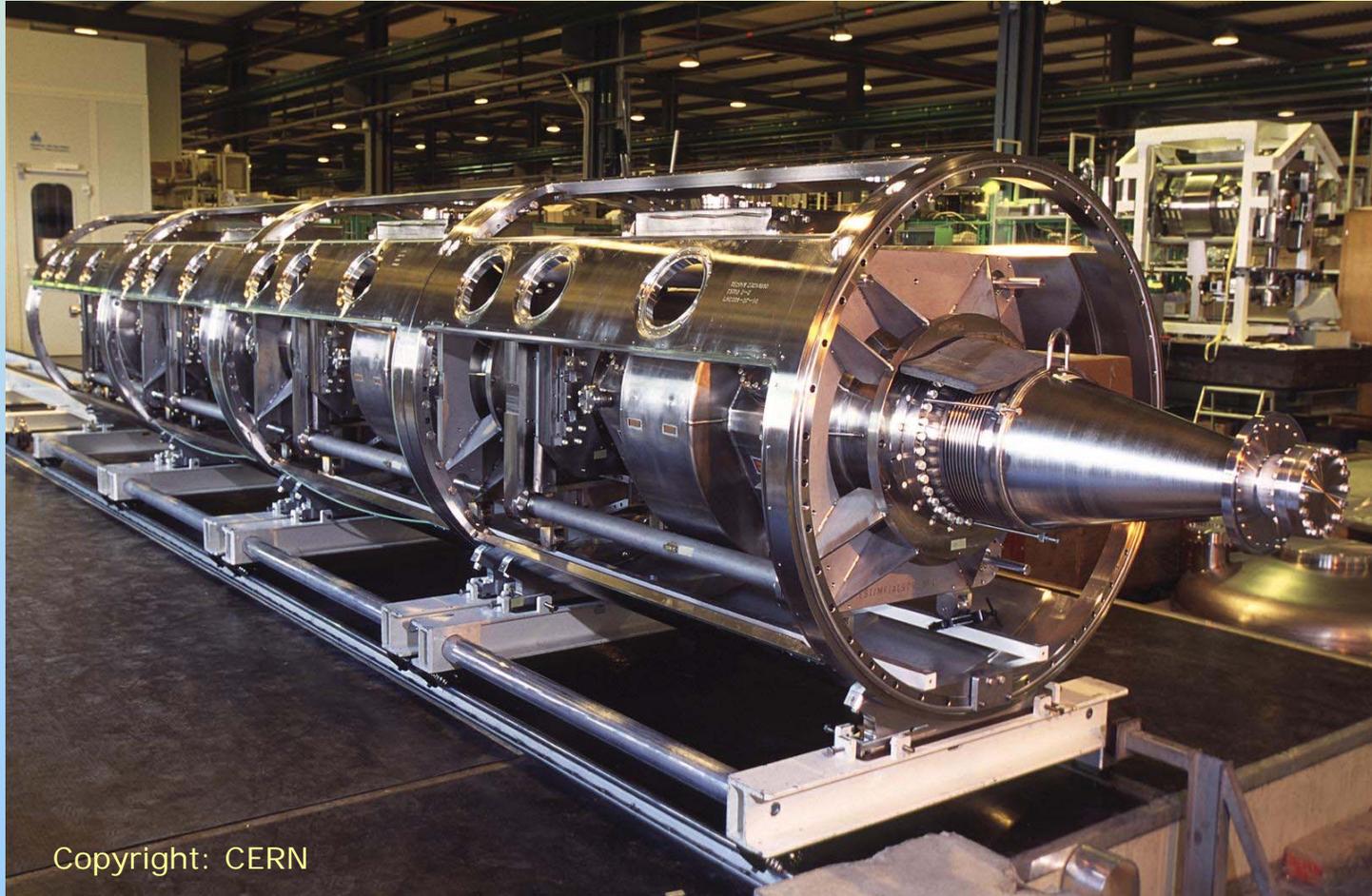


Copyright: CERN

LHC – der Beschleuniger:

- **Wie funktioniert ein Teilchenbeschleuniger ?**
 - Pakete von geladenen Teilchen werden gegenläufig in mehrstufigen Prozessen durch Hochfrequenz in **Hohlraumresonatoren (Cavities)** auf nahezu Lichtgeschwindigkeit beschleunigt und mit Elektromagneten auf ihrer Bahn gehalten (Ausrichtung und Fokussierung)
 - Die Teilchen kreisen in einem Vakuumrohr bei einem Druck von $< 10^{-13}$ atm (**Ultrahochvakuum**)
 - Die Magnete werden bei **-271,3 Grad Celsius** betrieben (**Supraleitender Zustand**)

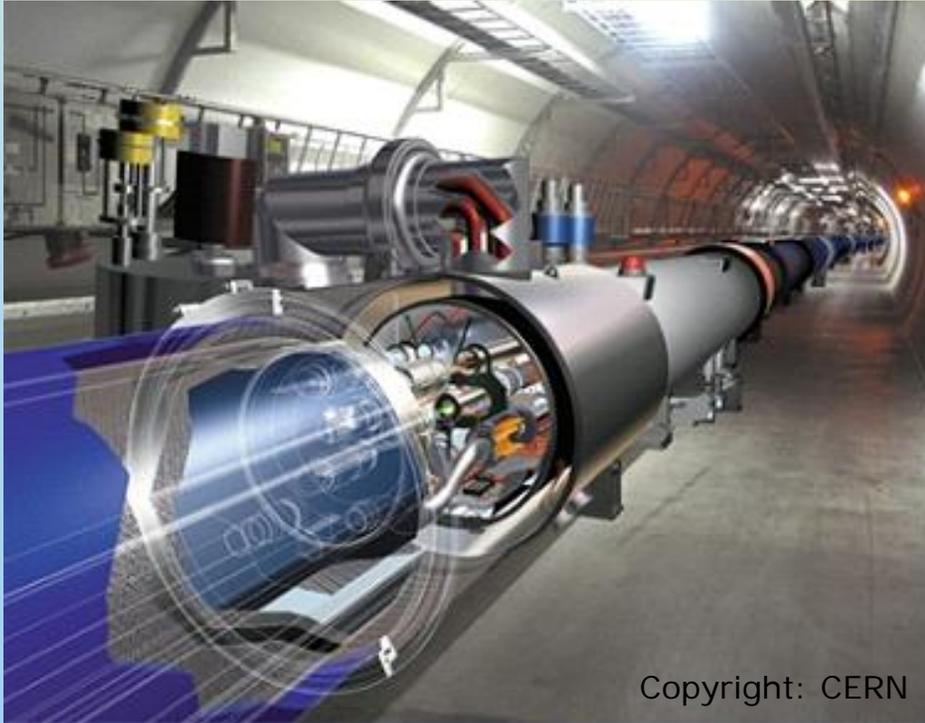
LHC – Komponenten: Hohlraumresonatoren zur Beschleunigung



Copyright: CERN

RF Cavities (2x8)

LHC – Komponenten: Magnete zur Krümmung und Fokussierung des Strahls



Copyright: CERN

1232 Dipolmagnete (rechts oben)
392 Quadrupolmagnete (rechts unten)

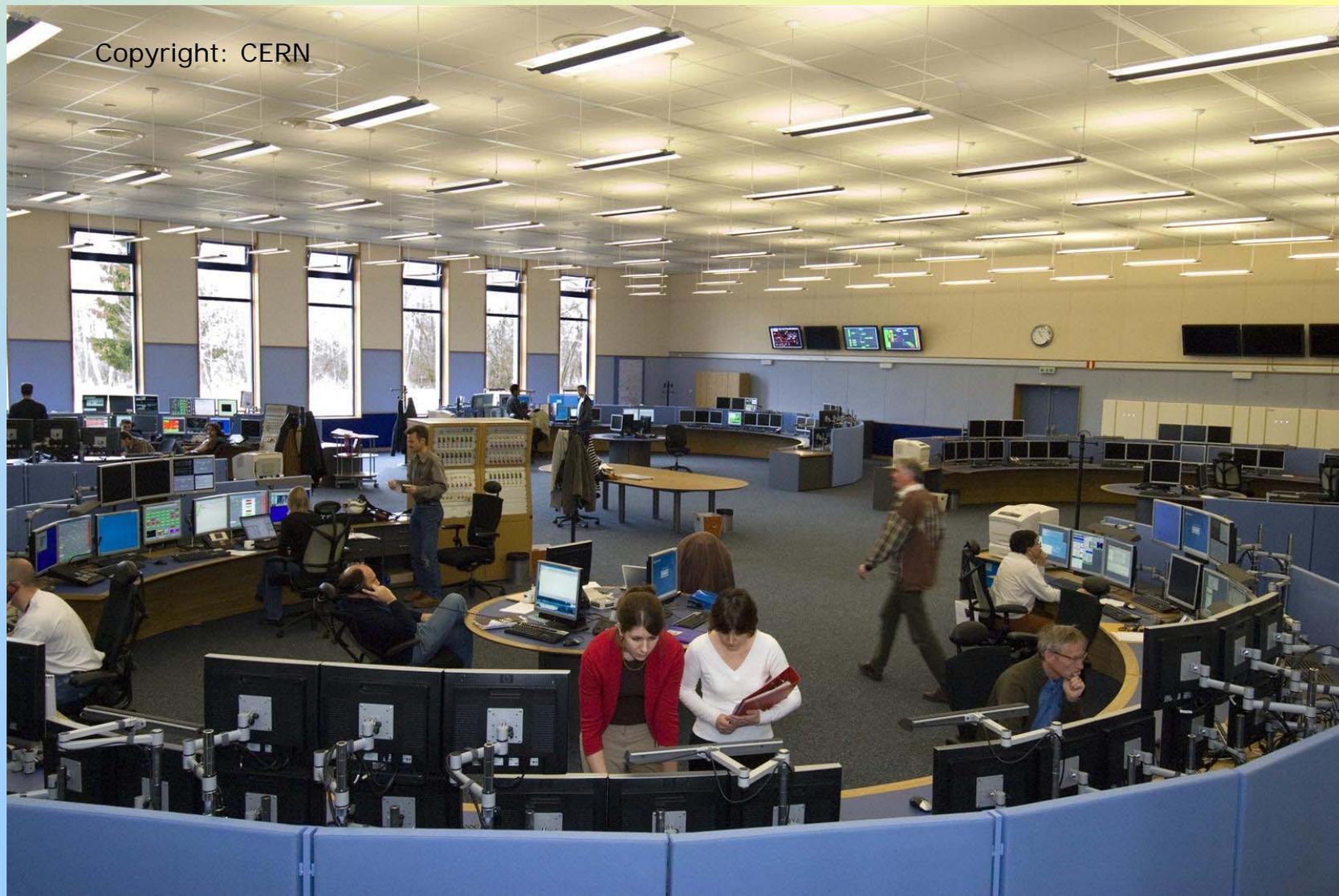


LHC – der Beschleuniger:

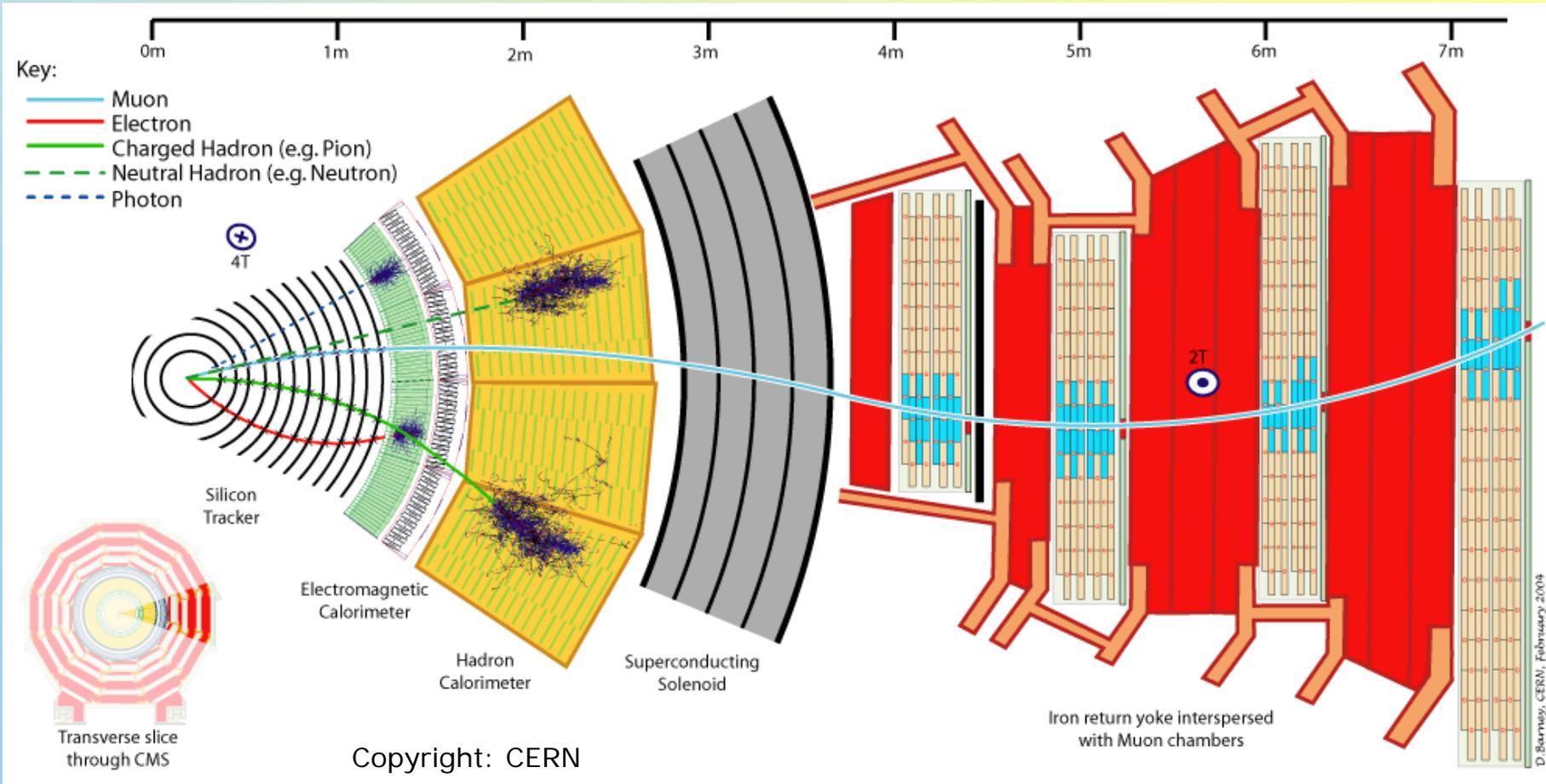
- LHC - technische Daten:
 - Umfang : 27 Km
 - 50-175 m unter der Erde
 - Beschleunigung von
 - Protonen auf 2 x 7 TeV
 - Blei-Ionen auf 2 x 575 TeV (später)
 - 2808 Teilchenpakete (Bunches) zu je 10^{11} Protonen
 - 600 Millionen Kollisionen pro Sekunde
 - LHC Experimente: ATLAS, ALICE, CMS, LHCb
 - Erster „umlaufender“ Strahl am 10. September 2008 – “First Beam Day”
 - Erste Kollisionen im September 2009 zu erwarten

CERN CCC:

LHC Kontrollraum - Steuerzentrale des Beschleunigers



CMS Detektor (im Querschnitt)





Compact Myon Solenoid CMS Collaboration



June 2008

38 Countries, 183 Institutes, 3000 scientists and engineers (including 400 students)

Copyright: CERN

TRIGGER, DATA ACQUISITION & OFFLINE COMPUTING

Austria, Brazil, CERN, Finland, France, Greece, Hungary, Ireland, Italy, Korea, Lithuania, New Zealand, Poland, Portugal, Switzerland, UK, USA

TRACKER

Austria, Belgium, CERN, Finland, France, Germany, Italy, Japan*, Mexico, New Zealand, Switzerland, UK, USA

CRYSTAL ECAL

Belarus, CERN, China, Croatia, Cyprus, France, Italy, Japan*, Portugal, Russia, Serbia, Switzerland, UK, USA

PRESHOWER

Armenia, CERN, Greece, India, Russia, Taiwan

RETURN YOKE

Barrel: Estonia, Germany, Greece, Russia
Endcap: Japan*, USA

SUPERCONDUCTING MAGNET

All countries in CMS contribute to Magnet financing in particular:
Finland, France, Italy, Japan*, Korea, Switzerland, USA

FEET
Pakistan
China

FORWARD CALORIMETER

Hungary, Iran, Russia, Turkey, USA

HCAL

Barrel: Bulgaria, India, Spain*, USA
Endcap: Belarus, Bulgaria, Georgia, Russia, Ukraine, Uzbekistan
HO: India

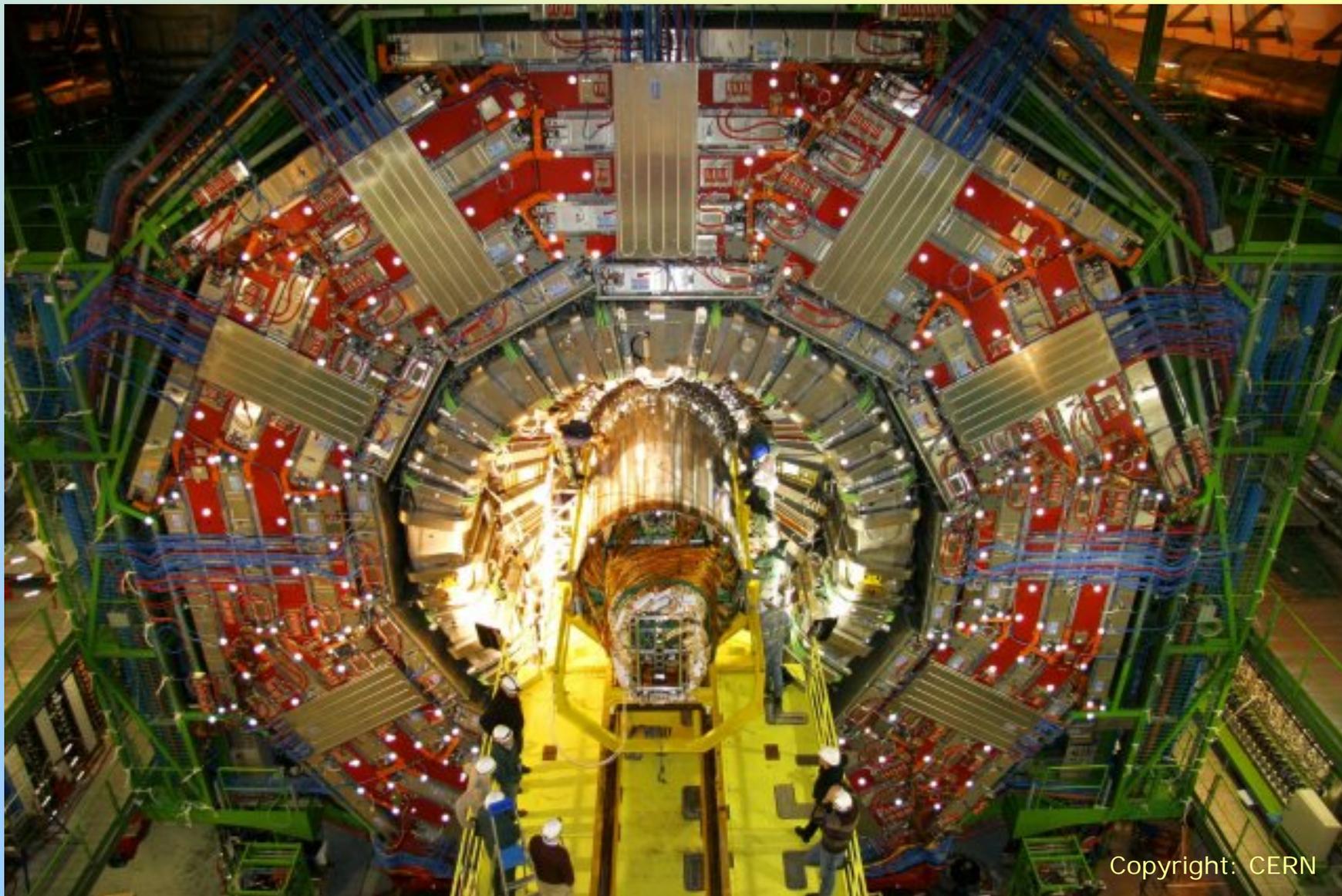
MUON CHAMBERS

Barrel: Austria, Bulgaria, CERN, China, Germany, Hungary, Italy, Spain
Endcap: Belarus, Bulgaria, China, Colombia, Korea, Pakistan, Russia, USA

Total weight : 12500 T
Overall diameter : 15.0 m
Overall length : 21.5 m
Magnetic field : 4 Tesla

* Only through industrial contracts

CMS Detektor



LHC – Datenaufkommen:

- **Im laufenden Betrieb wird nach ersten Reduktionen mit einem Datenaufkommen von 10 TB pro Tag gerechnet.**
- **Die Messzeit wird auf ca. 100 Tage / Jahr veranschlagt**
 - **Datenaufkommen / Jahr = 1000 TB geschätzt**
- **Im Vergleich dazu die Speicherkapazität von HD Video:**
 - **1 Stunde Full HD Video benötigt 8 GB (AVCHD)**
 - **danach könnte man auf 1000 TB 125 000 Stunden = 5200 Tage = 14,3 Jahre Videos speichern**

LHC – Datenauswertung:

- **LHC Computing Grid LCG:**
- Hierarchisches Computernetzwerk aus verschiedenen Ebenen (Tiers)
- 100 000 PCs weltweit, davon 10 000 am CERN
- Daten werden auf mehrere Zentren verteilt
- Forschungszentrum Karlsruhe mit dem „Grid Computing Centre Karlsruhe“ (**GridKa**) bildet den mitteleuropäischen Hauptknoten des **LCG** Projekts
- Zunächst Sicherung der Rohdaten auf Band (Tier-0)
Nach Erst-Bearbeitung Weiterverteilung an verschiedene Rechenzentren weltweit (Tier-1)
- Diese stellen die Daten den in der Hierarchie des Grid nachgeordneten Einrichtungen zur Verfügung (Tier-2), die aus einem oder mehreren, miteinander verbundenen Rechenzentren bestehen.
- Die Wissenschaftler erhalten einen Zugang zum Rechnernetzwerk LCG über lokale Rechenzentren an ihren Instituten (Tier-3) oder über ihren Computer am Arbeitsplatz (Tier-4)

LHC Computing Grid – LCG - PC Farm



Copyright: CERN

Gefahr durch Schwarze Löcher am LHC ???

- Erzeugung denkbar, falls Universum aus mehr als 3 Raumdimensionen bestehen sollte
- gefährlich ?
 - nein
 - nicht vergleichbar mit schwarzen Löchern im Universum, entstanden aus kollabierenden Sterne
 - zu kurze Lebensdauer: 10^{-26} sec
 - Proton-Proton Kollisionen schon seit Jahrmillionen im Universum
 - die Teilchenschauer der Kosmischen Strahlung sollten dann auch schwarze Löcher enthalten, die uns aber bis heute nicht geschadet haben
- weiterführende Lektüre:
<http://www.weltderphysik.de/de/4717.php>

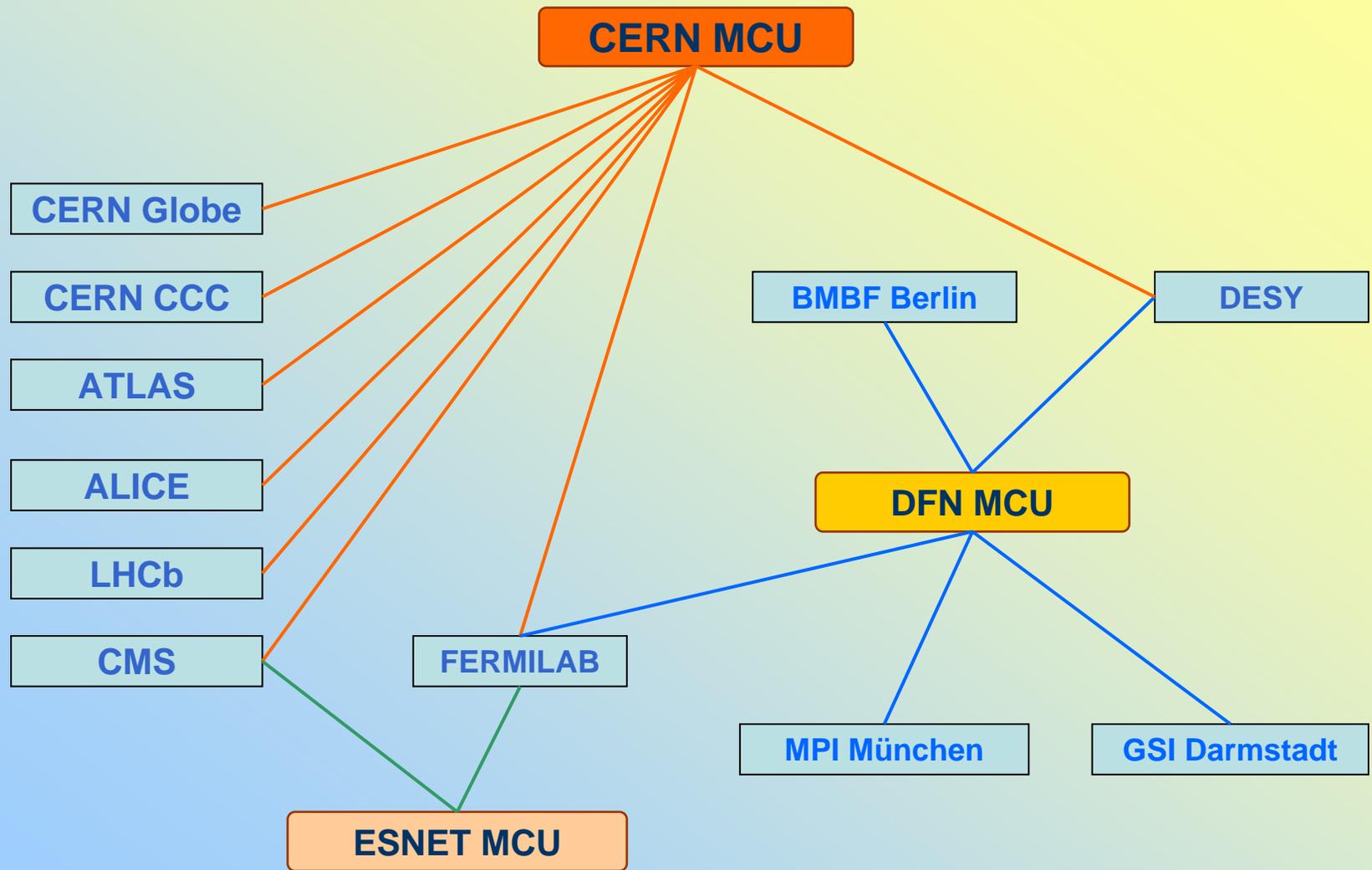
Videokonferenz-Szenarien:

- LHC First Beam Event
- Videokonferenz im Alltag

„LHC First Beam Day“ – 10. September 2008 - ein Mega-Medien Event -

- Videokonferenzverbindung zwischen dem Hauptveranstaltungsort **CERN Globe** und den einzelnen Kontrollzentren – lokal, DESY und FERMILAB (FNAL)
- Live Videoübertragung durch Webcast LQ/HQ und Satellit
- Übertragung mit EVO
- HQ Webcast über Relaystationen – z.B. DESY für die Übertragung innerhalb Deutschlands (DESY Zeuthen, MPI f. Physik München, GSI Darmstadt, TU Dresden, Humboldt Universität Berlin, BMBF Berlin)
- Eine Aufzeichnung der Mitschnitte der Veranstaltung ist unter <http://webcast.desy.de> verfügbar.

Videokonferenzverbindungen am „First Beam Day“



Im Alltag:

Permanente Videokonferenzen zwischen den CMS Zentren:

- **Miteinander verbunden 24h/365 Tage:**
 - Zentraler CMS Kontrollraum auf dem CERN Gelände Meyrin
 - CMS Centre am Experiment (Point5)
 - Fermilab CMS Centre
 - DESY CMS Centre
 - **Benutzte Technik:**
 - CODIAN HD MCU
 - Tandberg Edge 95
 - **Zweck:**
 - Datenqualitäts-Monitoring
 - Express-Analyse
 - Computing
 - ...
- positiver Nebeneffekt: Erspart einige Nachtschichten -

DESY CMS Centre



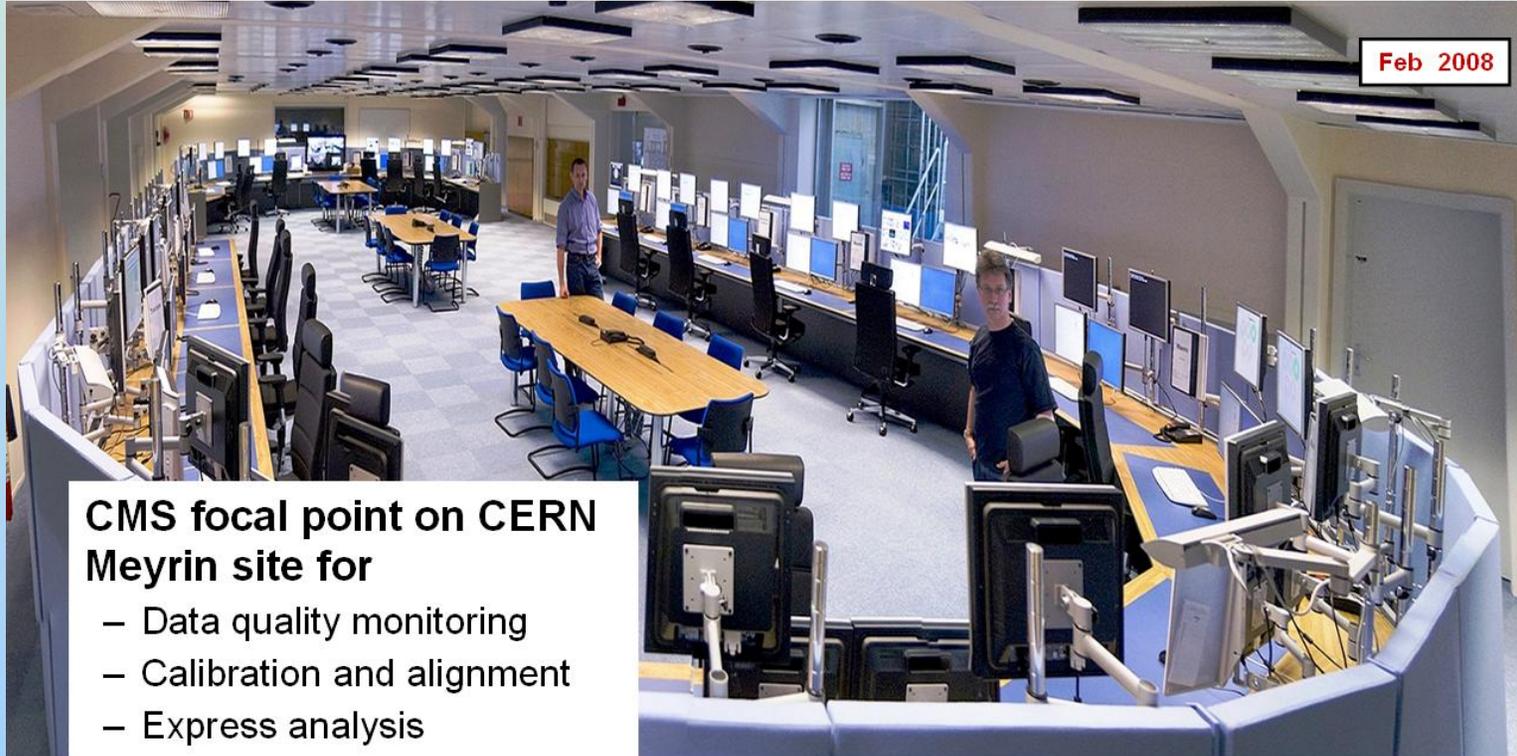
Fermilab CMS Centre

Copyright: CERN



CERN CMS Centre Meyrin

CMS Centre, Meyrin: now in operation



CMS focal point on CERN Meyrin site for

- Data quality monitoring
- Calibration and alignment
- Express analysis
- Computing operations
- Communications
 - P5 Control Rooms
 - LHC@FNAL, DESY, institutes, etc.

**According to requirements ...
within the budget, and ...
1 month ahead of schedule**

CERN CMS Centre Point5

cmseye06 2008-10-27 20:16:24

Copyright: CERN



