



Der Large Hadron Collider

Vortrag für das Proseminar 2013
Von: Chris Taake



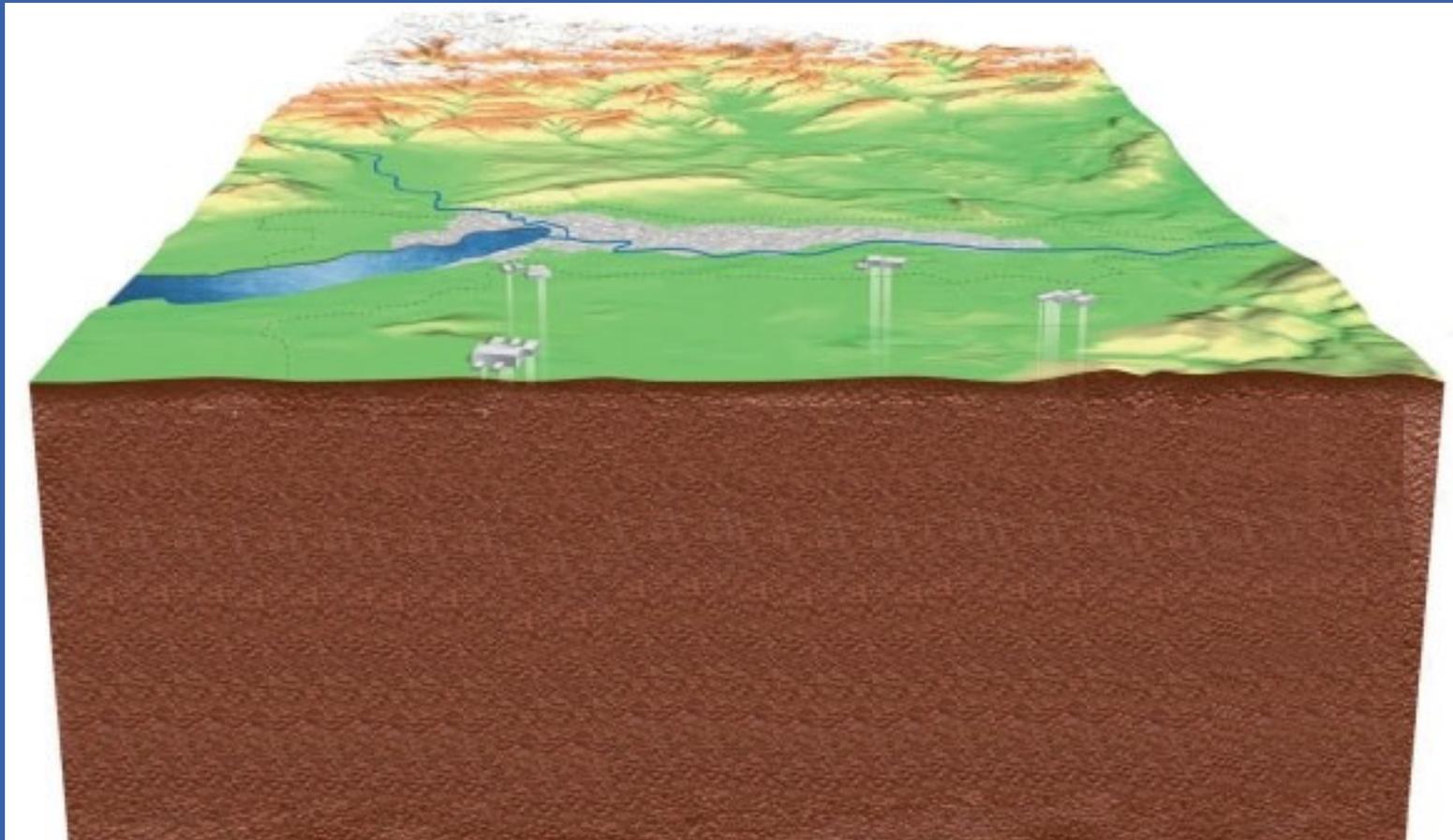
- Durch Medien ist der LHC fast jedem bekannt
- Teilchenbeschleuniger am CERN in Genf
- Wird benutzt um Protonen (und Ionen) auf sehr hohe Geschwindigkeiten zu beschleunigen
- Wegen den Rekorden die er aufstellt besonders auffällig



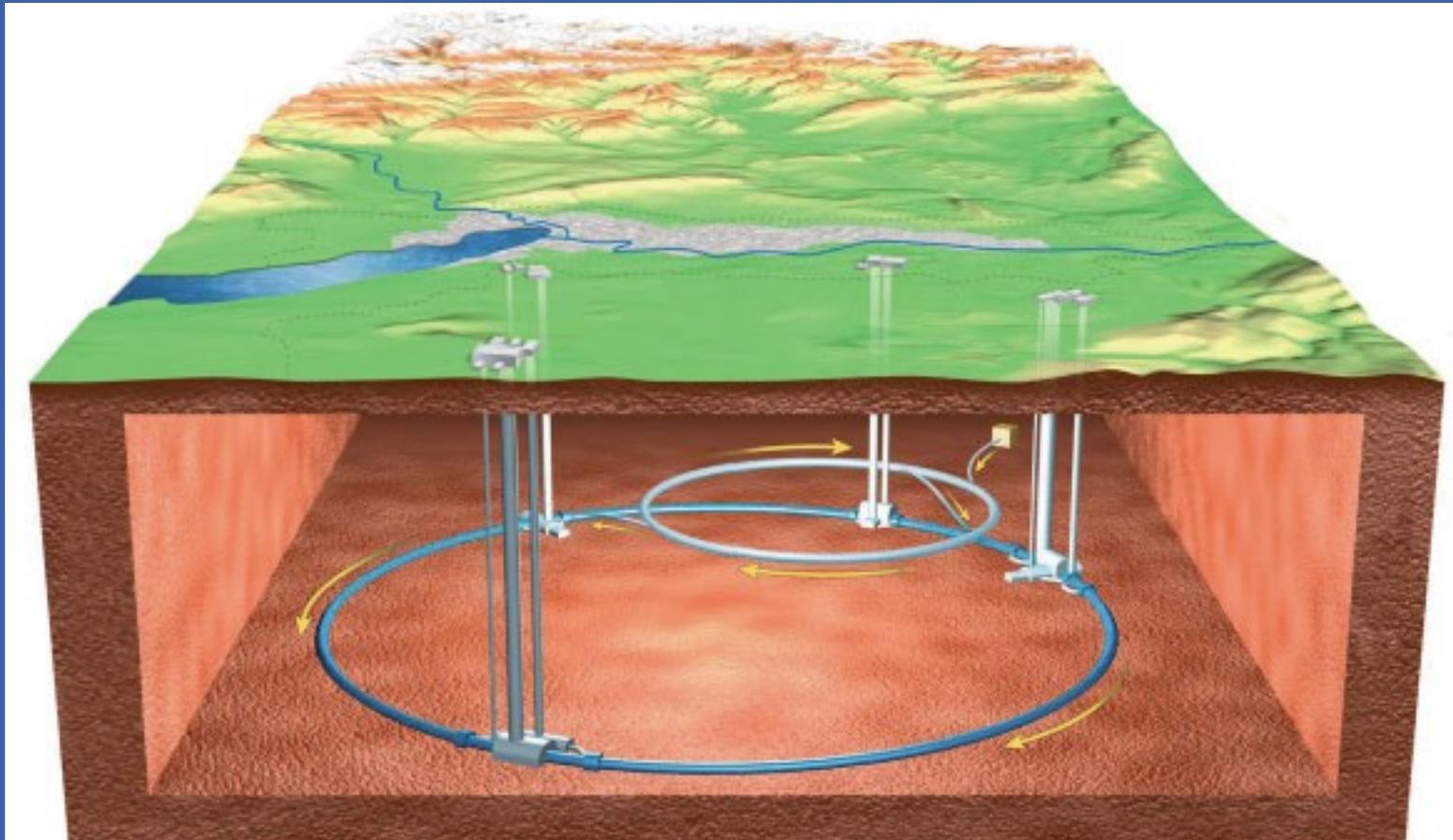


- GRÖßTE MASCHINE DER WELT
- GRÖßTER KÜHLSCHRANK DER WELT
- SCHNELLSTE RENNSTRECKE DER WELT
- LEERSTER RAUM IN UNSEREM SONNEN-SYSTEM
- DIE FORTSCHRITTLICHSTEN DETEKTOREN
- LEISTUNGSFÄHIGSTES COMPUTERSYSTEM





Proseminar 2013 LHC - Large Hadron Collider





- Wie wurde der LHC gebaut?
- Wie funktioniert der LHC?
- Wie werden Teilchen nachgewiesen?
- Wie viele Ergebnisse werden erhalten?
- An was wird am LHC geforscht?





Wie wurde der LHC gebaut?

- Der Tunnel war bereits vorhanden (LEP)
- Über LHC als Nachfolgeexperiment wurde schon 1989 nachgedacht
- 1994 - Bau wird beschlossen
(Ziel 10 TeV Schwerpunktenergie später 14TeV)
- 1996 - Beschluss direkt 14TeV zu realisieren
- 10. Sept. 2008 – Erster Start





Wie wurde der LHC gebaut?



Leck in Heliumleitung → Supraleiter werden Leitend → Rund 2000A führen zu enormer Erhitzung und Verformung





Wie wurde der LHC gebaut?

- PANNE → Mehr als 1 Jahr Reparatur
- 23. Nov. 2009 – Erste Kollision in Detektoren
- Langsame Steigerung auf zuletzt 7TeV
- Seit Ende Februar 2013 in Umrüstungsphase auf 14TeV





Wie funktioniert der LHC?

Prinzip:

- Teilchen werden auf sehr hohe Geschwindigkeit gebracht
- Bei Kollision der Teilchen wird viel Energie frei
- Ähnliche Situation wie beim Urknall
- Resultierende Teilchen können Detektiert werden





Wie funktioniert der LHC?

- Insgesamt über 10.000 Magneten
- Größtenteils Supraleitende Magneten da der Wirkungsgrad mit Widerstand abnimmt.
(Mit normalen Magneten wäre der Durchmesser des LHC über 120km)
- Kühlung mit mehr als 140 Tonnen flüssigem Helium
→ Drängen den Strahl auf Kreisbahn





Wie funktioniert der LHC?

Zur Beschleunigung mehrere Beschleunigungsstufen:

- Quelle
- RFQ
- LINAC
- PSB
- PS
- SPS
- LHC





Wie funktioniert der LHC?

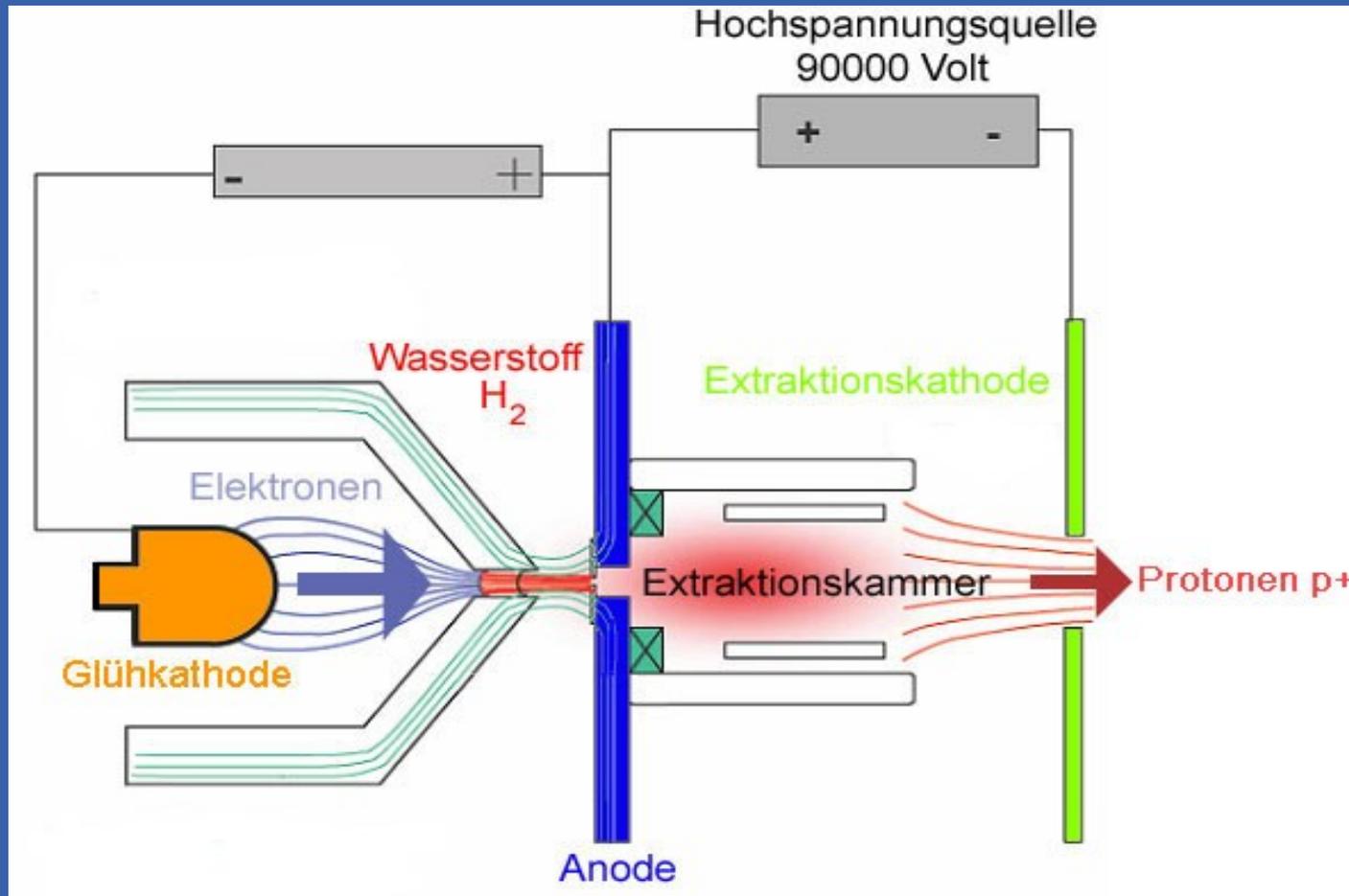
Protonenquelle





Wie funktioniert der LHC?

Funktionsschema





Wie funktioniert der LHC?

Protonenquelle

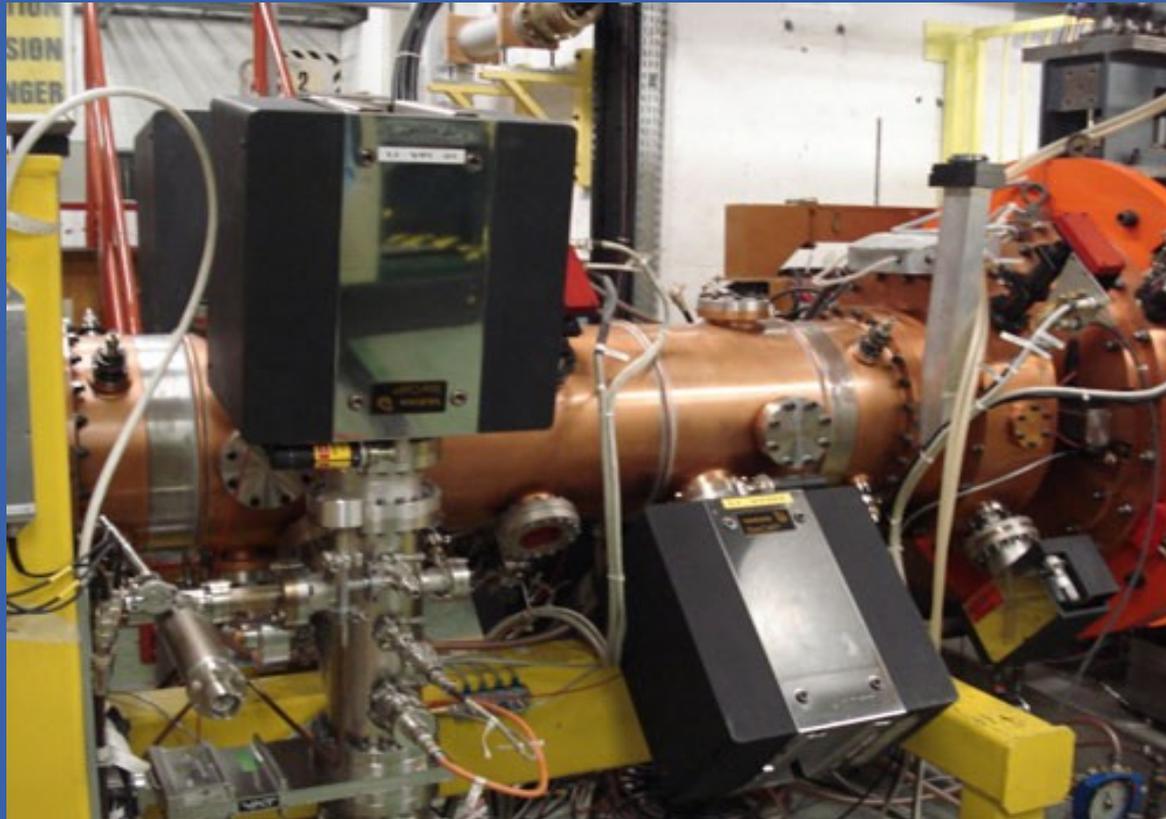




Wie funktioniert der LHC?

Der RFQ

(Radio Frequenzy Quadrupole)





Wie funktioniert der LHC?

Der RFQ

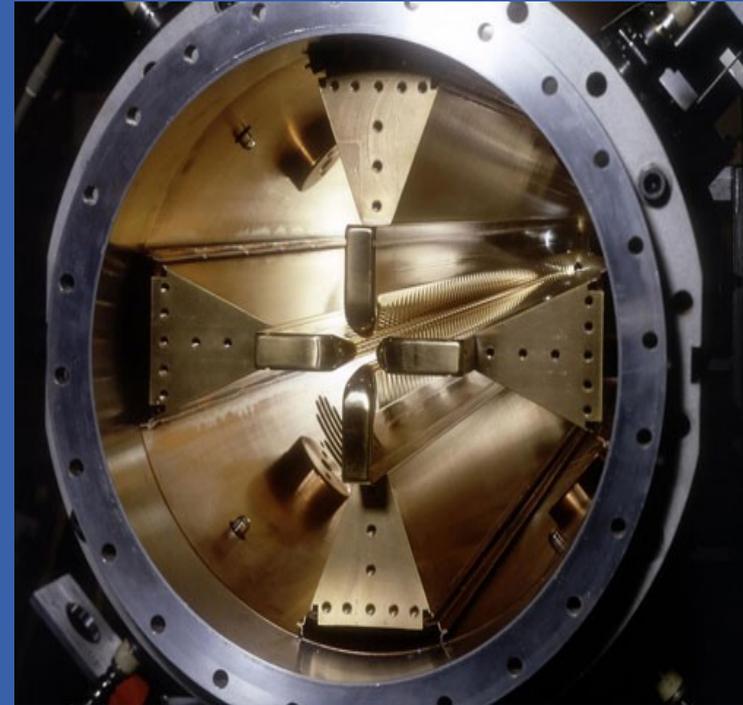
- 1,75m lang
- Fokussiert, beschleunigt und unterteilt
- Gibt Pakete (Bunches) mit etwa 750000eV aus





Wie funktioniert der LHC?

Das Innenleben des RFQ





Wie funktioniert der LHC?

Der LINAC

(LINear ACcelerator)





Wie funktioniert der LHC?

Der LINAC2

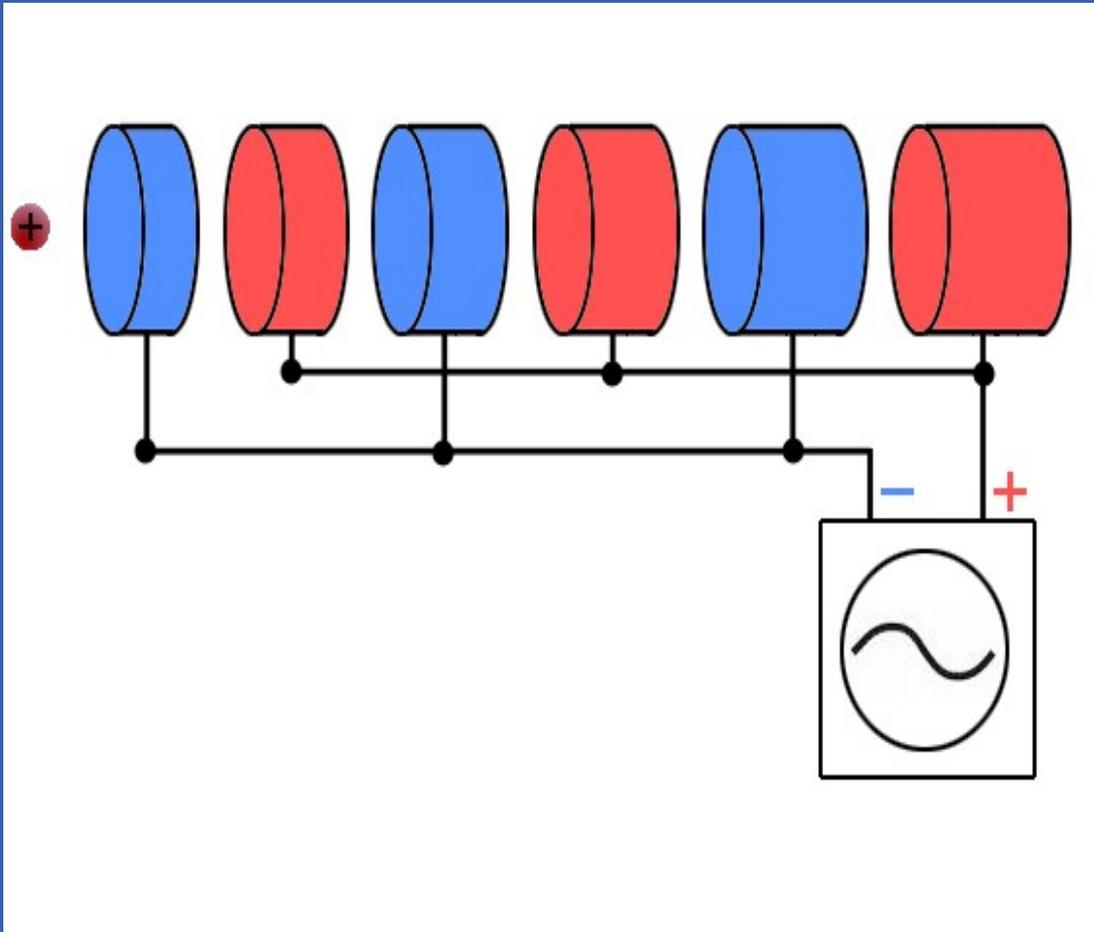
- Etwa 30m lang
- Beschleunigt
- Ringförmige Elektroden
- Bringt Bunches auf 50MeV





Wie funktioniert der LHC?

Das Innenleben des LINAC





Wie funktioniert der LHC?

Der PSB

(Proton Synchrotron Booster)





Wie funktioniert der LHC?

Der LINAC2

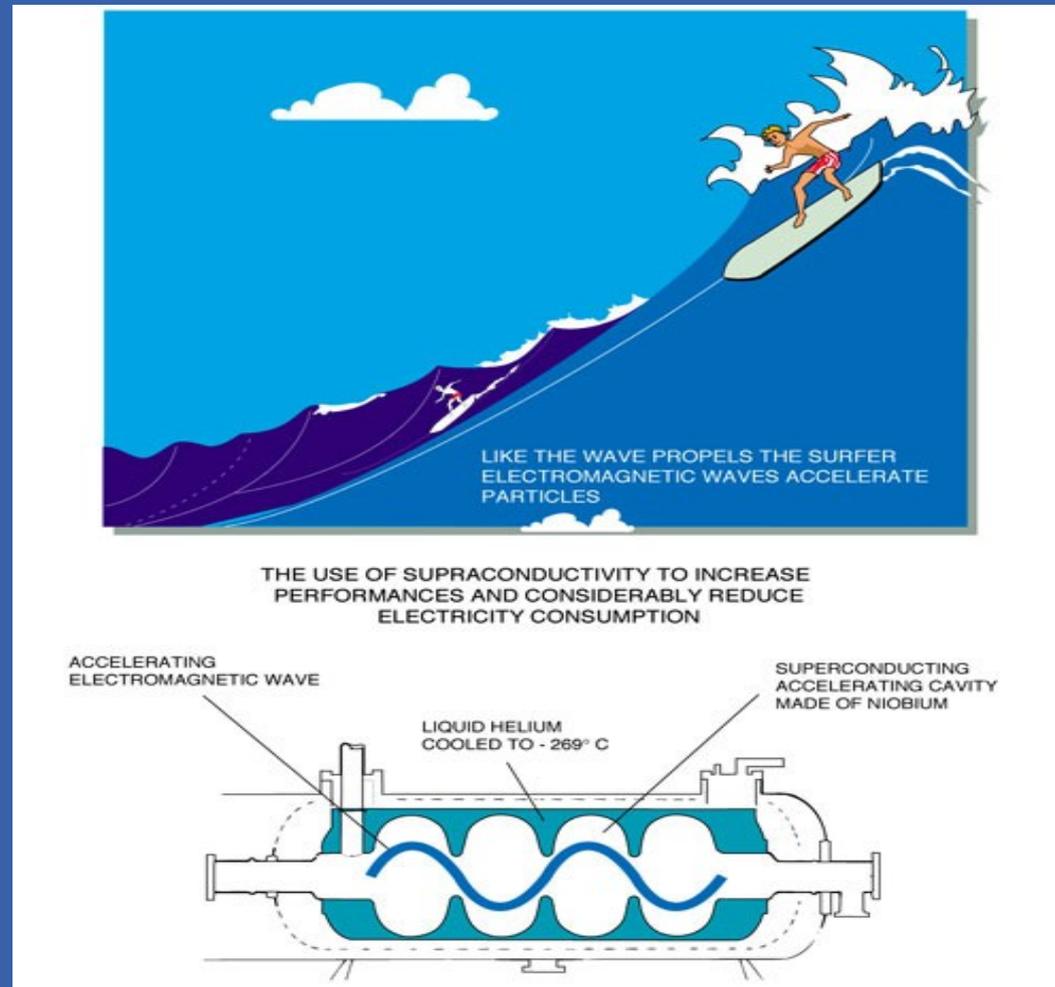
- Erster Kreisbeschleuniger
- Durchmesser etwa 50 m
- Strahl wird mit Dipolmagneten auf Kreisbahn gezwungen
- Beschleunigung mit Hohlraumresonatoren auf 1,4GeV (91% der Lichtgeschwindigkeit)





Wie funktioniert der LHC?

PSB - Hohraumbeschleuniger

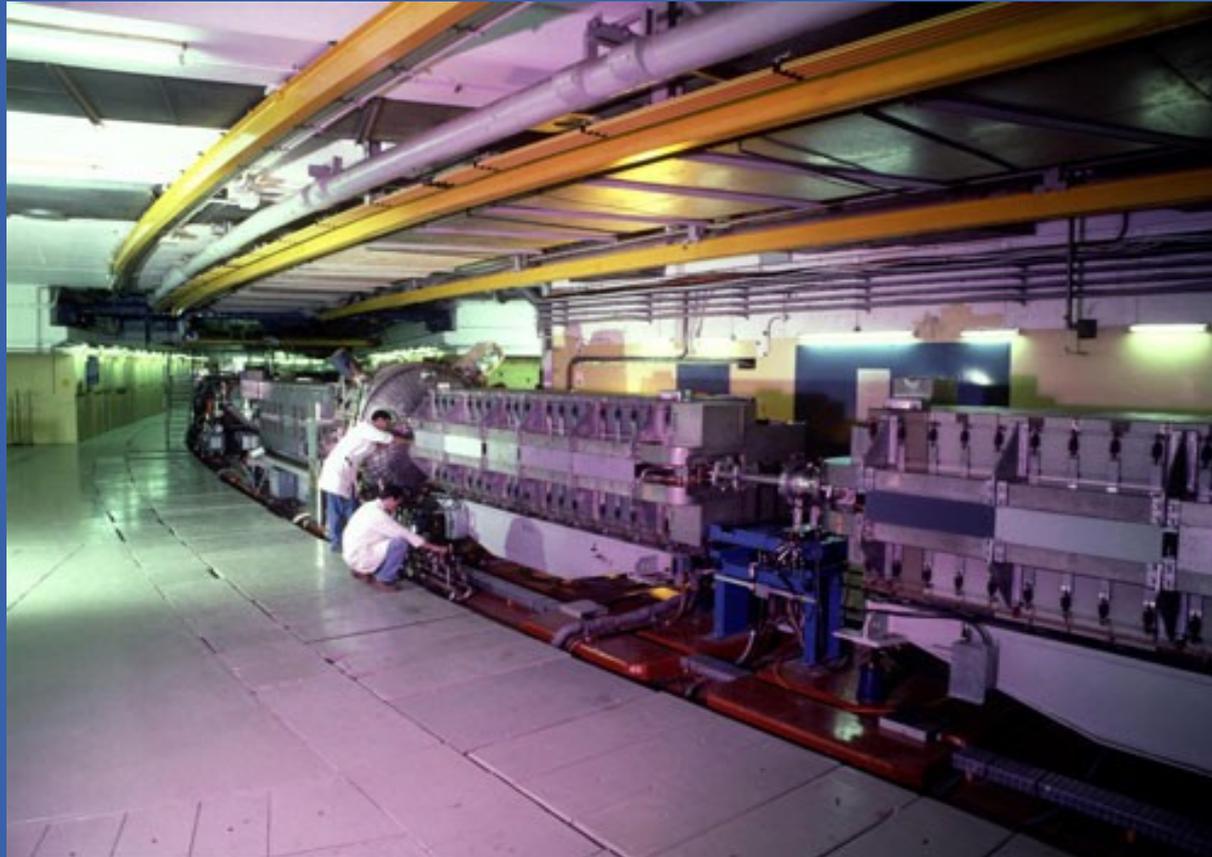




Wie funktioniert der LHC?

Das PS

(Proton Synchrotron)





Wie funktioniert der LHC?

Das PS

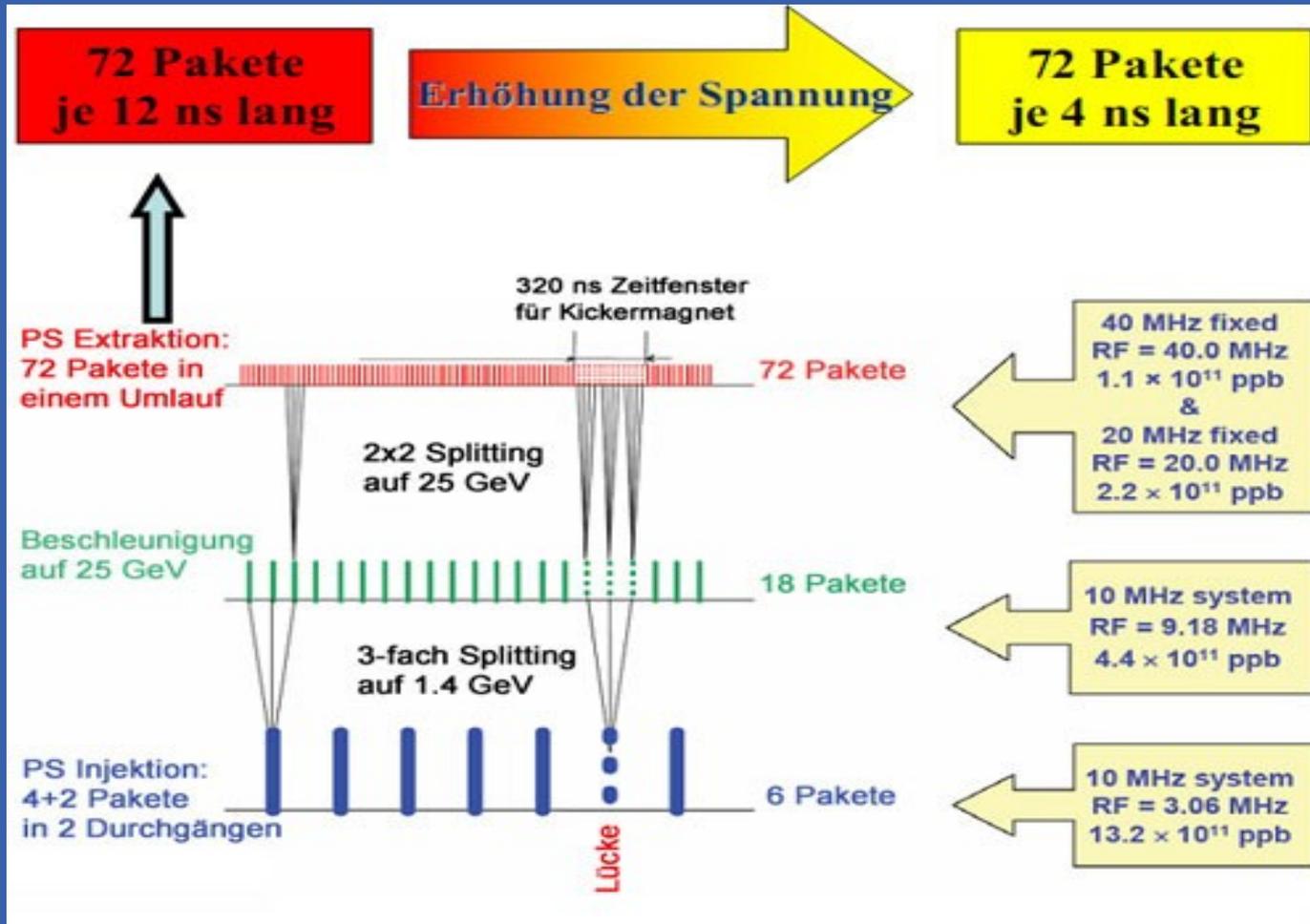
- Zweiter Kreisbeschleuniger
- Durchmesser etwa 198 m
- Strahl wird mit Dipolmagneten auf Kreisbahn gezwungen
- Beschleunigung mit Hohlraumresonatoren auf 25GeV (99,9% der Lichtgeschwindigkeit)
- Unterteilung von 6 in 72 Bunches (Proton-Bunching)





Wie funktioniert der LHC?

Proton-Bunching





Wie funktioniert der LHC?

Das SPS

(Super Proton Synchrotron)





Wie funktioniert der LHC?

Das SPS

- Dritter Kreisbeschleuniger
- Durchmesser etwa 2,2km
- 3 PS Füllungen → 1 SPS Füllung
- Beschleunigung in 21,6 Sekunden auf 450GeV (99,9998% der Lichtgeschwindigkeit)

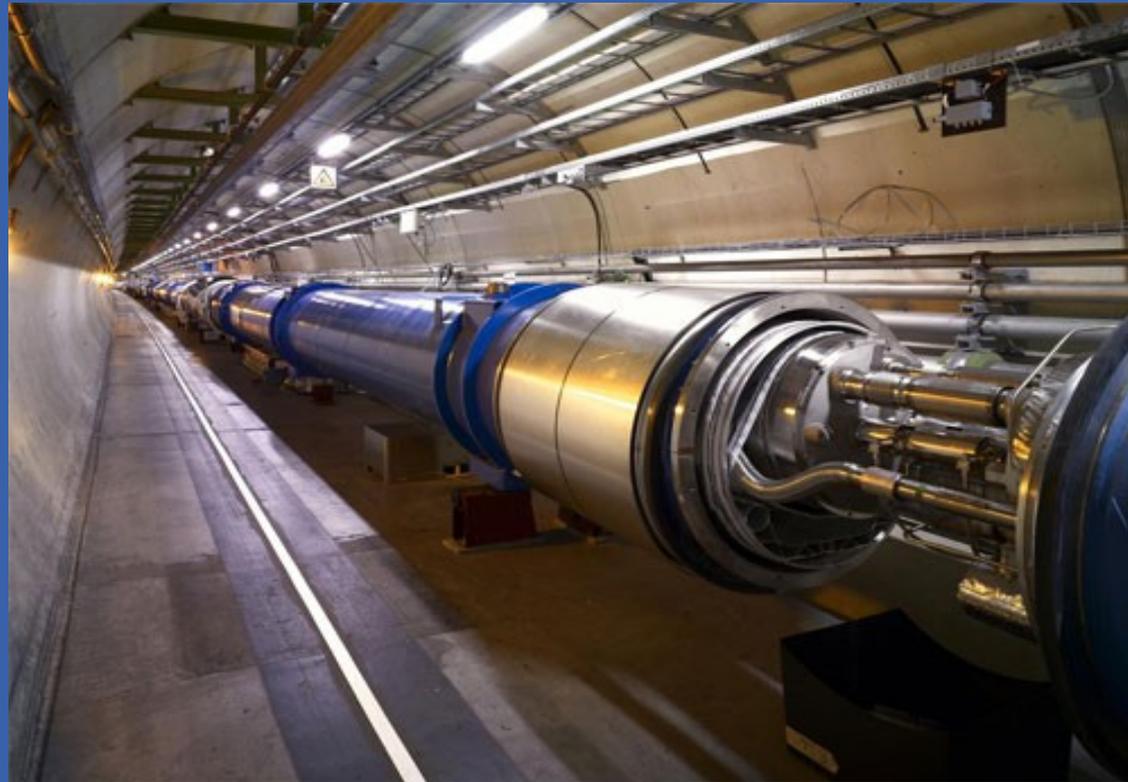




Wie funktioniert der LHC?

Der LHC

(Large Hadron Collider)





Wie funktioniert der LHC?

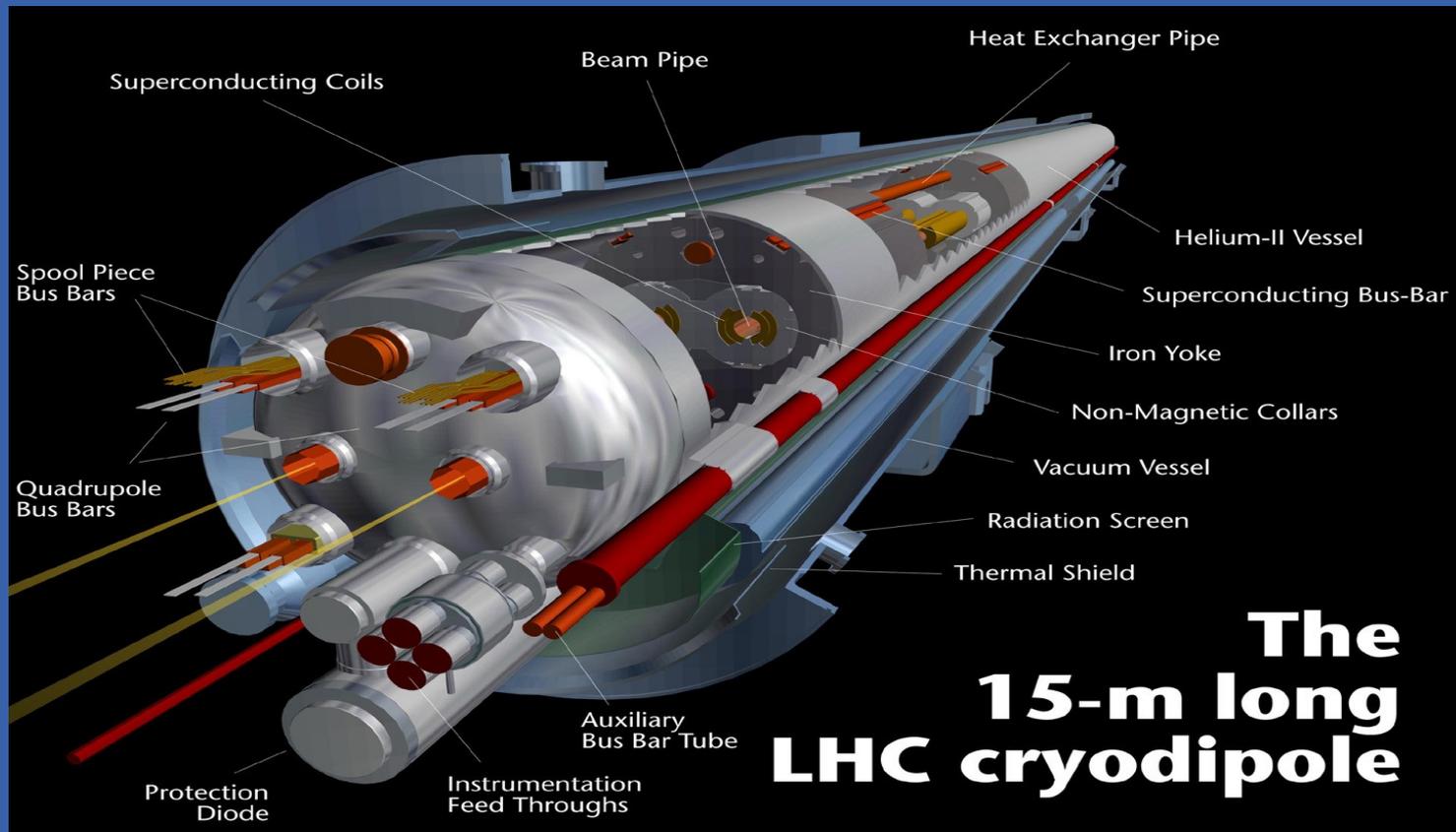
Der LHC

- Durchmesser etwa 8,486km
- 2 Entgegengesetzt verlaufende Strahlröhren
- 26 SPS Füllungen → 1 LHC Füllung (2808 Bunches)
- Beschleunigung in ca 20 Min auf 7TeV (99,999991% der Lichtgeschwindigkeit)





Wie funktioniert der LHC?



- 2 entgegengesetzt verlaufende Strahlröhren



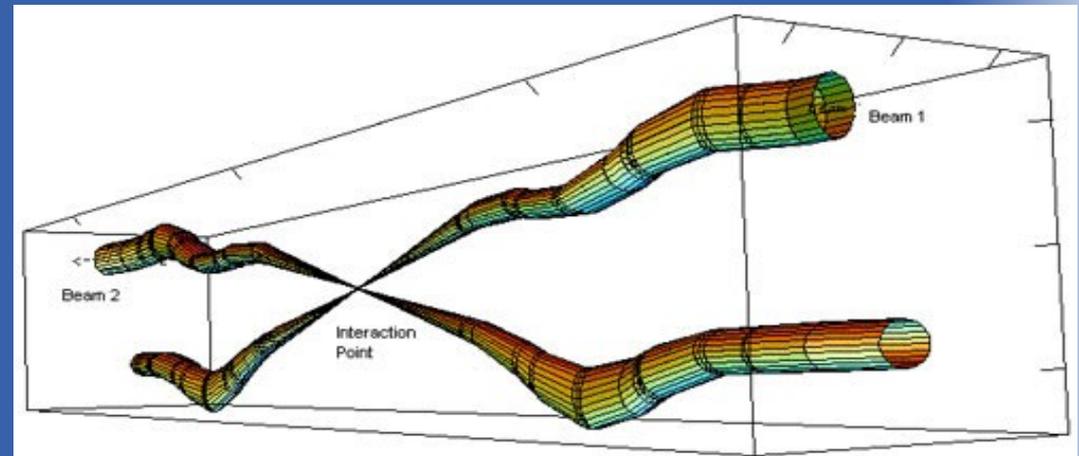
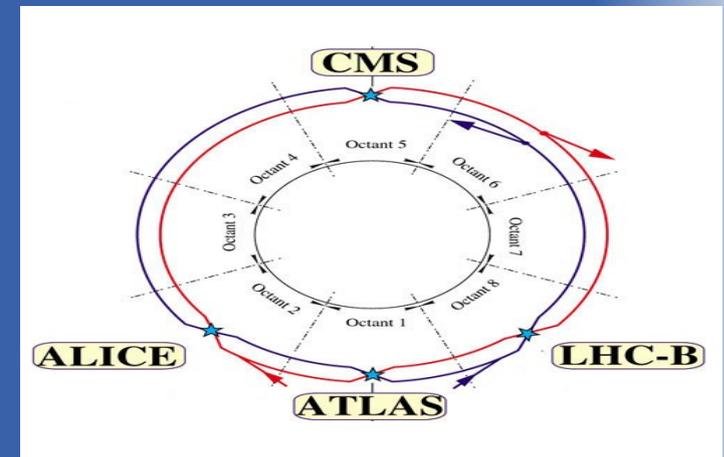


Wie funktioniert der LHC?

Der LHC

- Röhren kreuzen 4 mal
- Fokussierung der Strahlen
- Pro Kollision etwa 20 Proton-Proton-Kollisionen

→ etwa alle 30 ns eine Kollision





Wie werden Teilchen nachgewiesen?

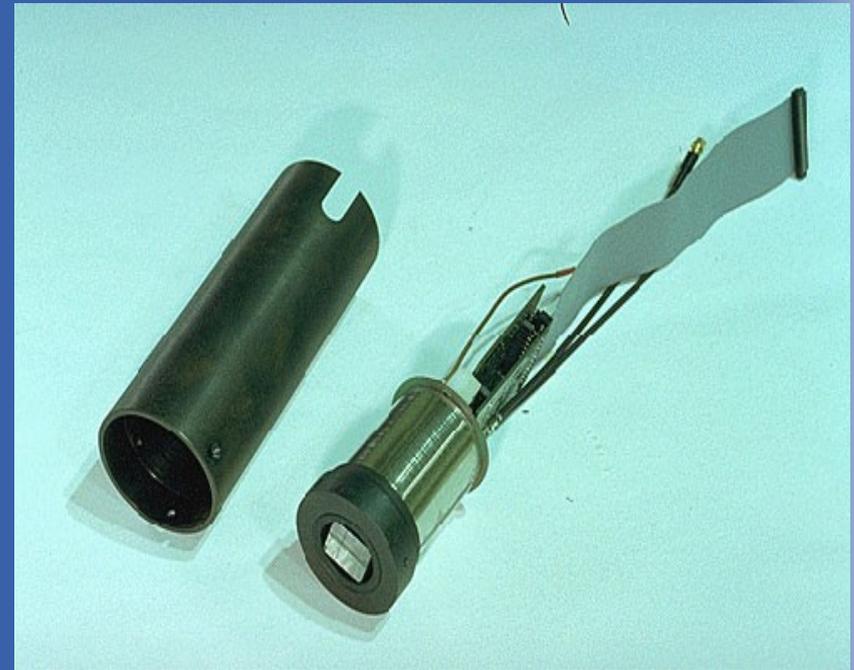
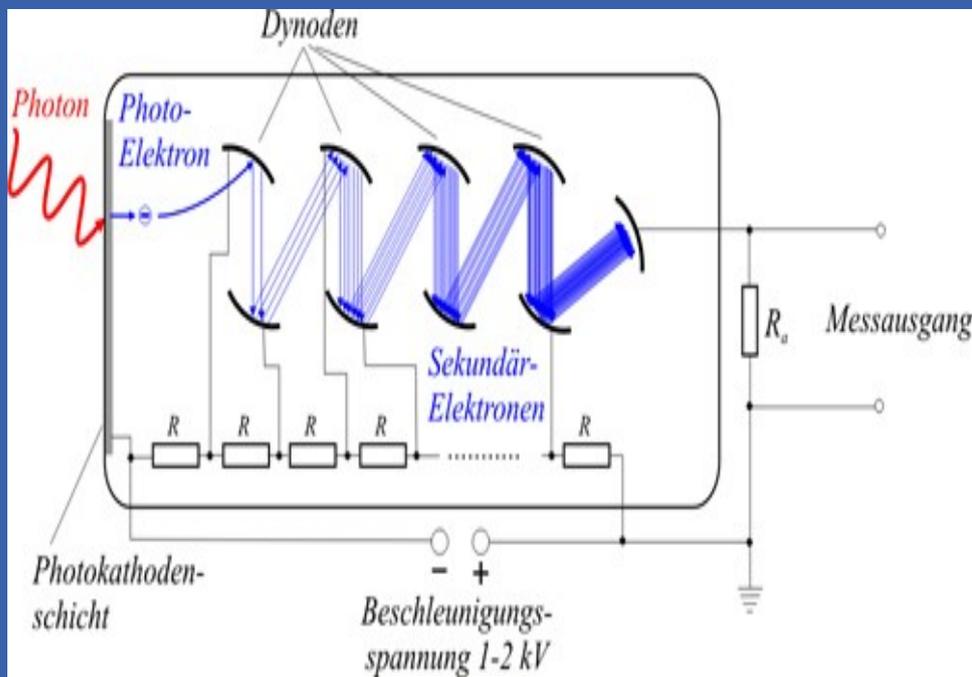
- An den Kreuzungspunkten finden große Experimente statt.
- Dabei werden oft Arrays von uns schon bekannten Detektorarten benutzt





Wie werden Teilchen nachgewiesen?

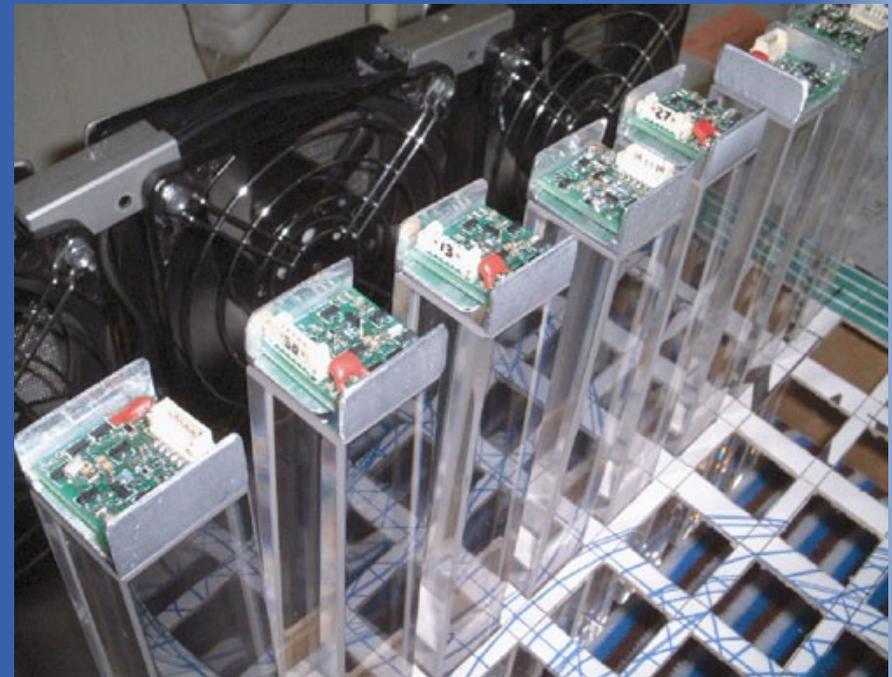
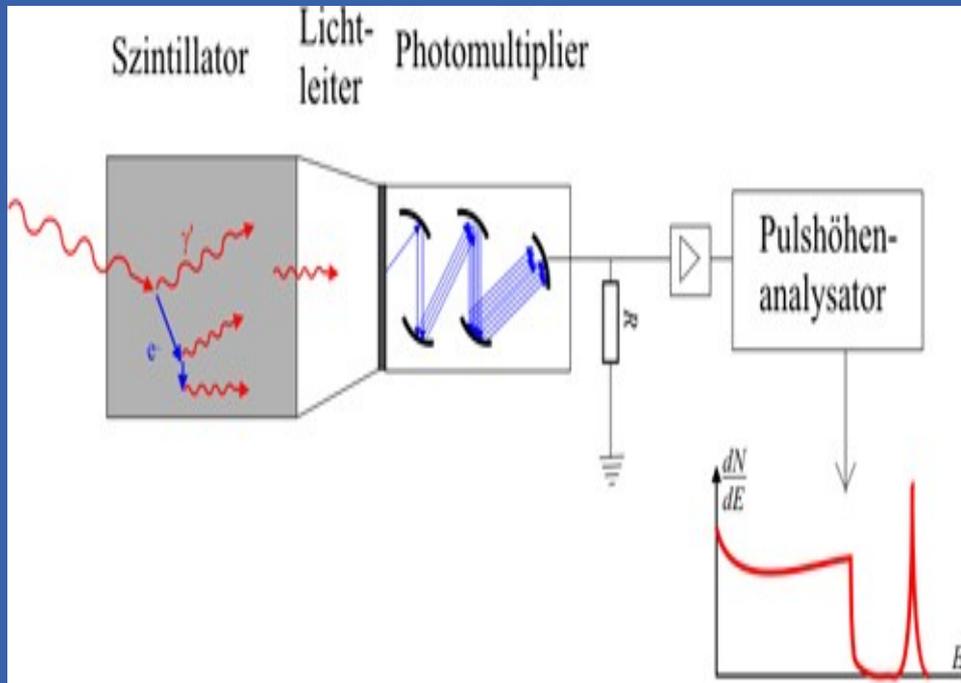
Photomultiplier





Wie werden Teilchen nachgewiesen?

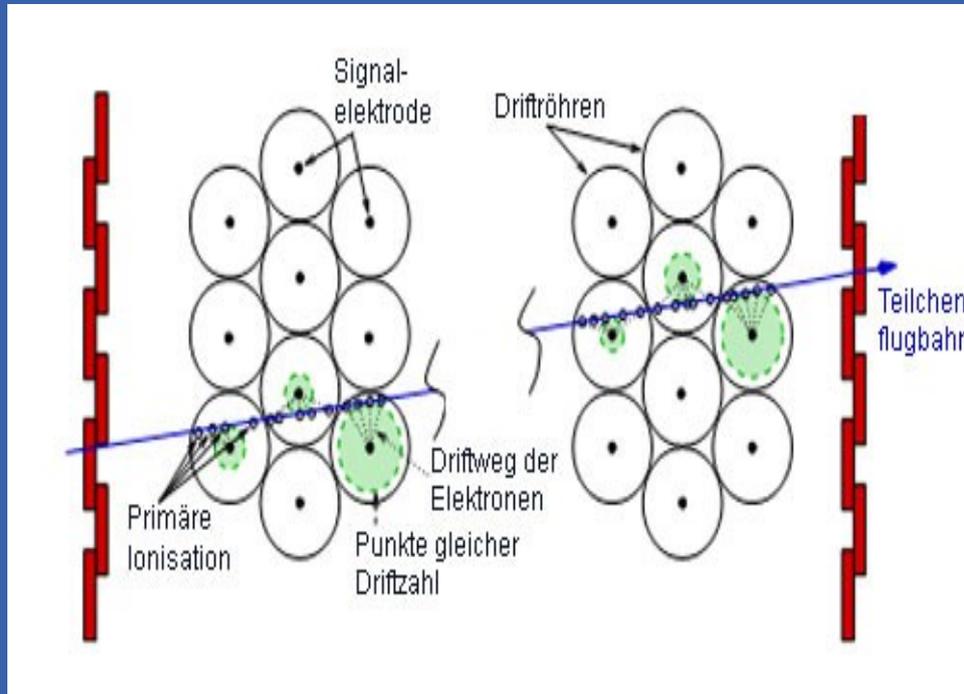
Szintillator





Wie werden Teilchen nachgewiesen?

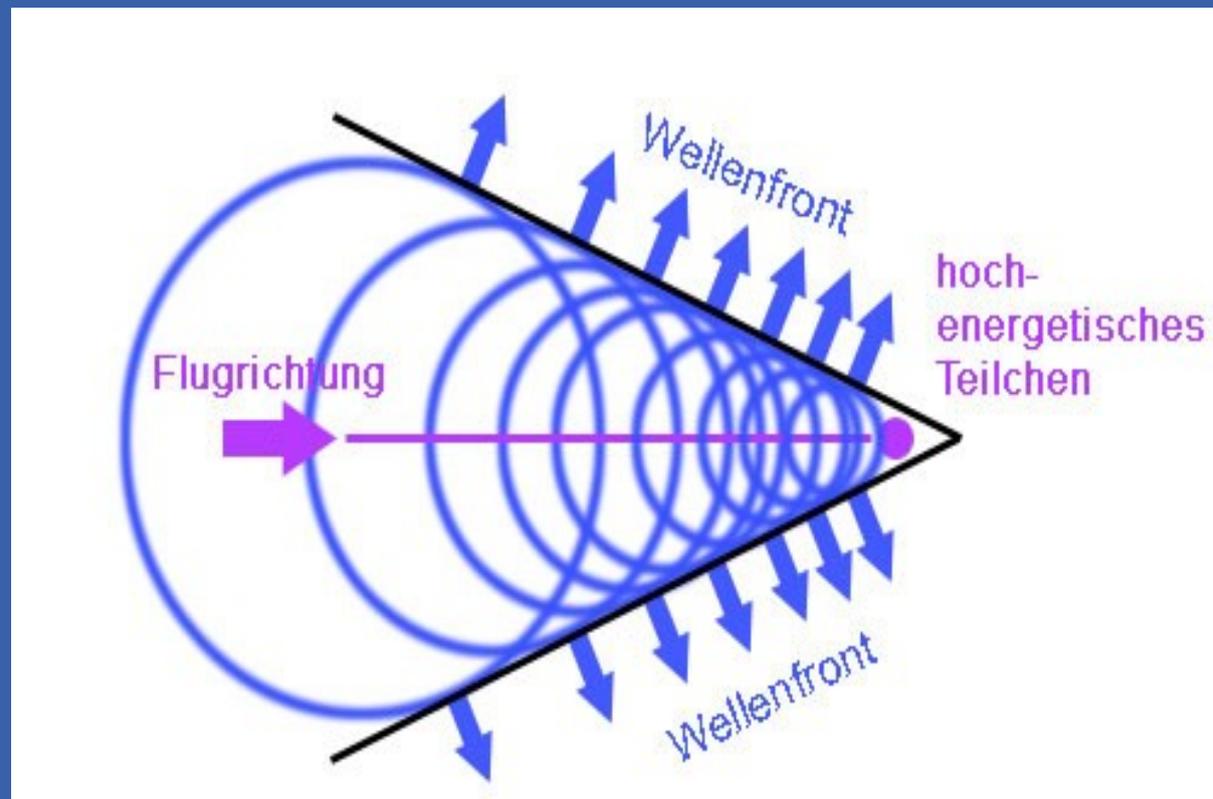
Driftröhren





Wie werden Teilchen nachgewiesen?

RICH – Ring Imaging Cherenkov (Detektor)





Wie viele Ergebnisse werden erhalten?

Im Vergleich extrem viele Messdaten

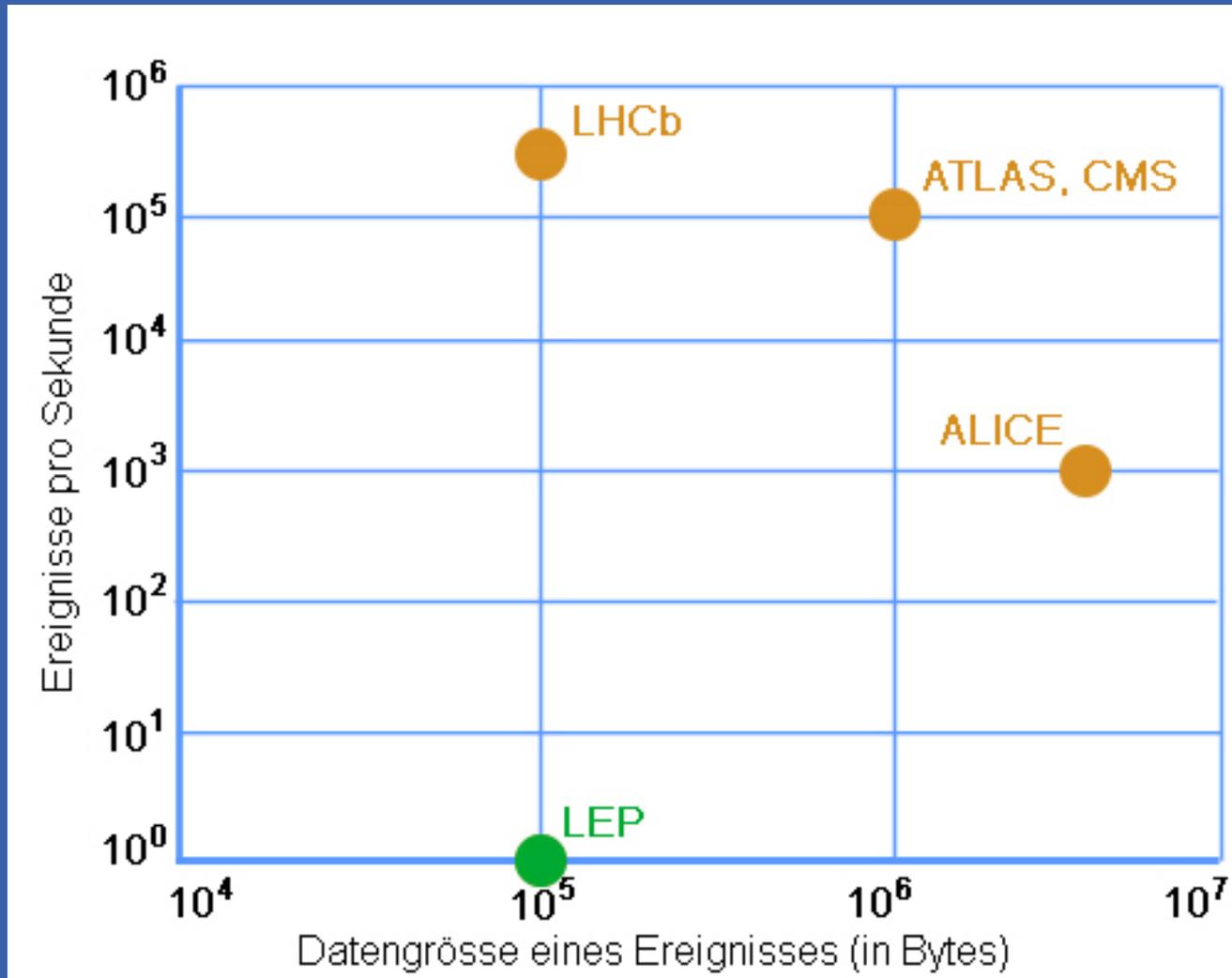
→ Riesige Datenmenge

→ Enormer Verarbeitungsaufwand





Wie viele Ergebnisse werden erhalten?





Wie viele Ergebnisse werden erhalten?

- ATLAS: 320MB/s
- CMS: 220MB/s
- ALICE 100MB/s
- LHCb 50MB/s

- LHC verfügt über etwa 150 Mio. Sensoren
→ Jährlich mehr als 15Petabyte (15Mio GB)
(entspricht 10 Jahren HD-Filmmaterial)





Wie viele Ergebnisse werden erhalten?

→ WLCG ←

Worldwide LHC Computing Grid

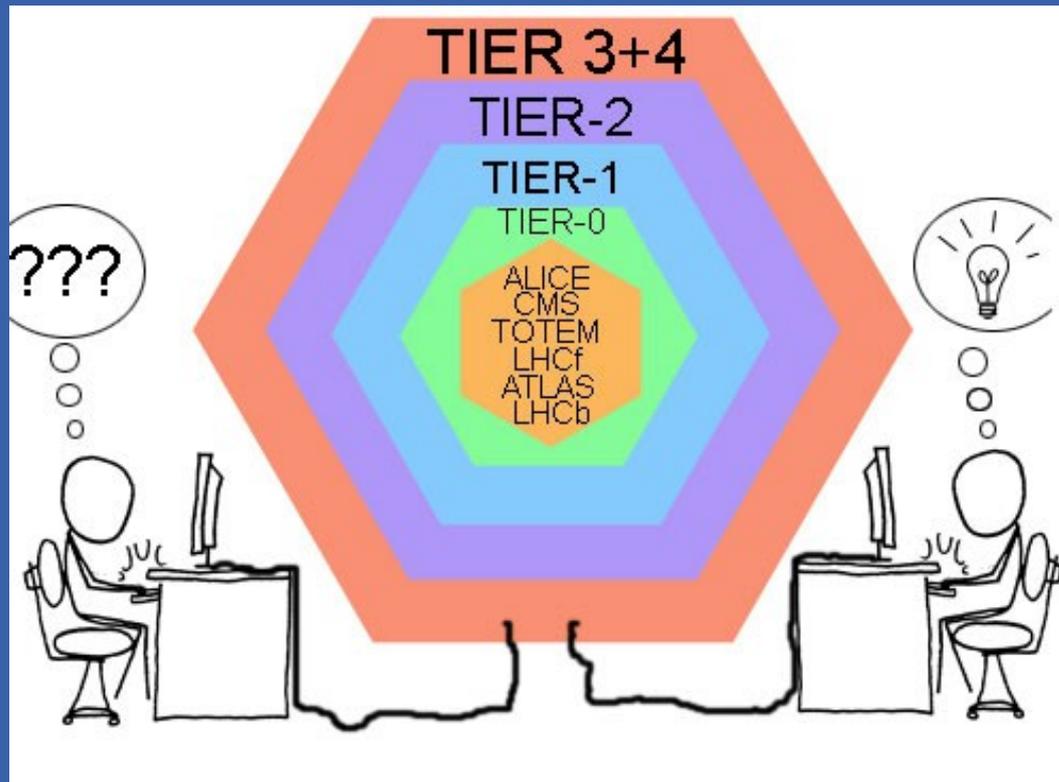
- Cluster von Großrechnern
- 170 Rechenzentren aus 34 Ländern
- Über 100.000 Prozessoren
- Innerhalb etwa 600MB/s Übertragungsrates





Wie viele Ergebnisse werden erhalten?

- Aufteilung in verschiedene Bereiche (Tier1-4)





An was wird geforscht?

- 6 Hauptexperimente an den Interaction Points
- ALICE
- ATLAS
-LHCf
- CMS
-TOTEM
- LHCb





An was wird geforscht?



- A Large Ion Collider Experiment
- Bleiionen → Hohe Kollisionsenergie
- Feuerball von ca 10 Billionen °C
- Theorie: Quark-Gluonen-Plasma



An was wird geforscht?



- Vielleicht wie Situation kurz nach Urknall
- Feuerball expandiert adiabatisch und kühlt ab
- Hadronisation
- Pro Ereignis 20000 Spuren





An was wird geforscht?

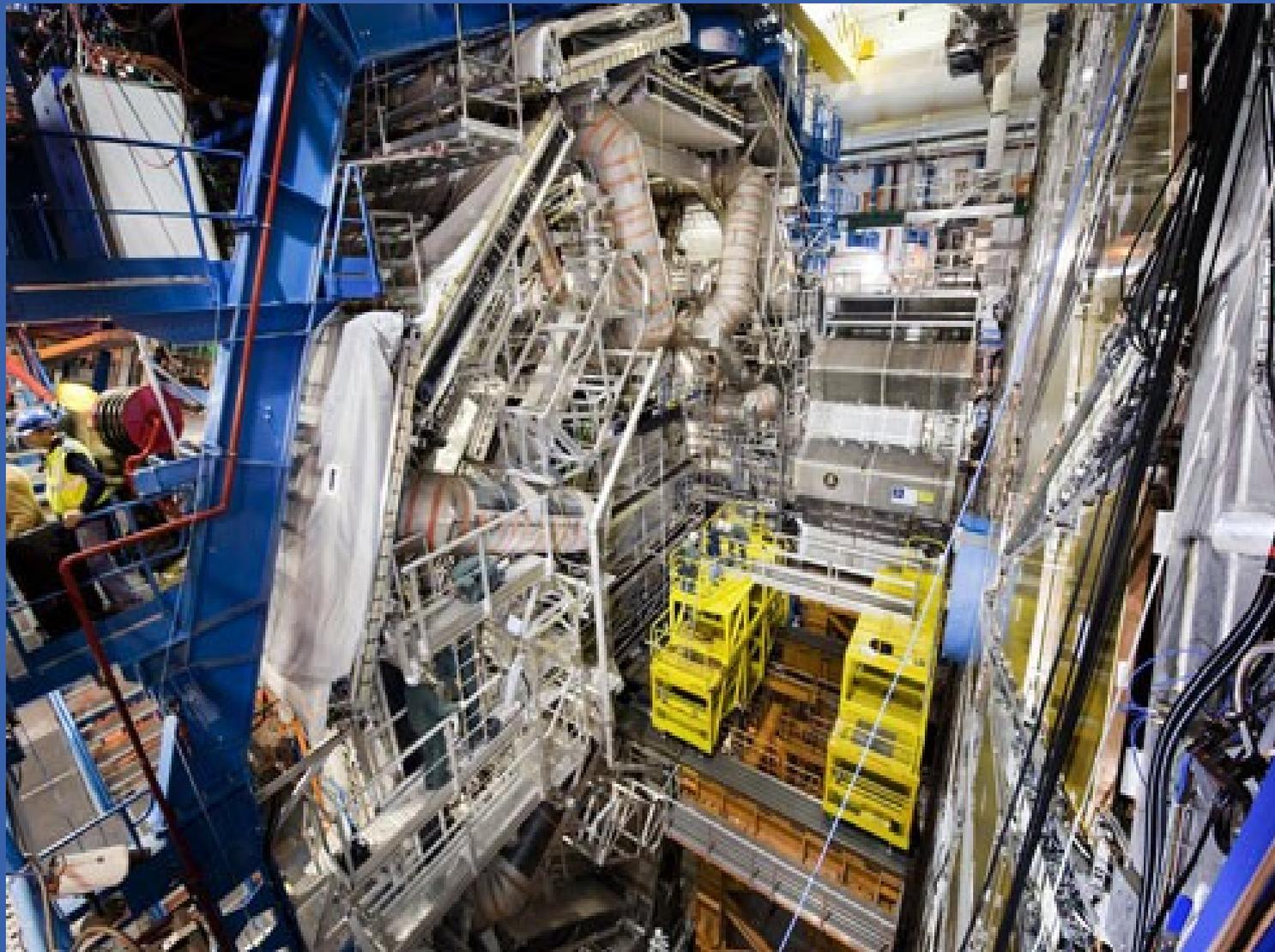


- A Toroidal LHC ApparatuS
- Untersuchung des Higgs-Bosons
- Substruktur Leptonen /Quarks
- Suche nach supersymmetrischen Teilchen



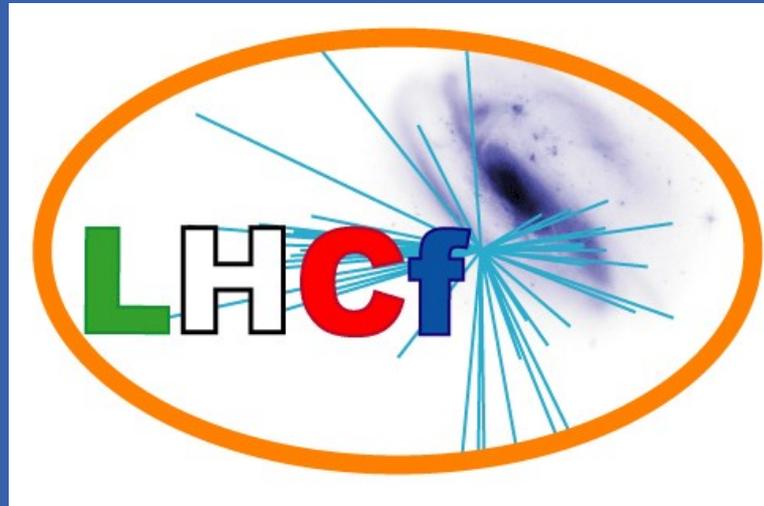


An was wird geforscht?





An was wird geforscht?

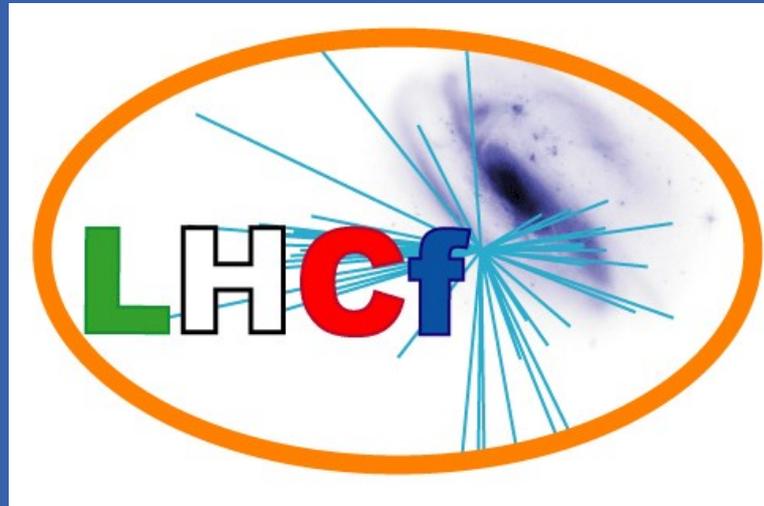


- LHC forward
- Nebenexperiment an ATLAS-IP
- Untersuchung von 'weiterfliegenden' Teilchen (in 140m Entfernung)





An was wird geforscht?



- Abschirmung
→ Kaonen und Pionen
- Vergleich mit kosmischer Strahlung
Rückschluss auf deren Entstehung
- Untersuchung der Kaonen und Pionen





An was wird geforscht?



- Compact Muon Solenoid
- Ähnliche Ziele wie ATLAS
Andere Messweise
- Suche nach Extradimensionen(Stringtheorie)
durch Bildung kleiner schwarzer Löcher





An was wird geforscht?



- Total Elastic and Diffractive Cross Section Measurement
- Vermessung der Partikelstreuung am CMS unter sehr kleinen Winkeln
- Rückschluss auf Protonengröße



An was wird geforscht?



- LHC beauty
- Untersuchung Antimaterie-Materie-Asymmetrie
- B-Meson





Ende





Quellen

http://www.desy.de/forschung/anlagen/lhc/index_ger.html

http://de.wikipedia.org/wiki/Large_Hadron_Collider#cite_note-8

<http://derstandard.at/1220457430459/Hintergrund-LHC-Eine-Maschine-bricht-Rekorde>

<http://lhc-machine-outreach.web.cern.ch/lhc-machine-outreach/images/cryodipole.jpg>

http://www.weltmaschine.de/news/fakt_der_woche/29102012/

<http://lhc.web.cern.ch/lhc/>

http://de.wikipedia.org/wiki/LHC_Computing_Grid

http://www.weltmaschine.de/experimente/lhc_computing_grid/



