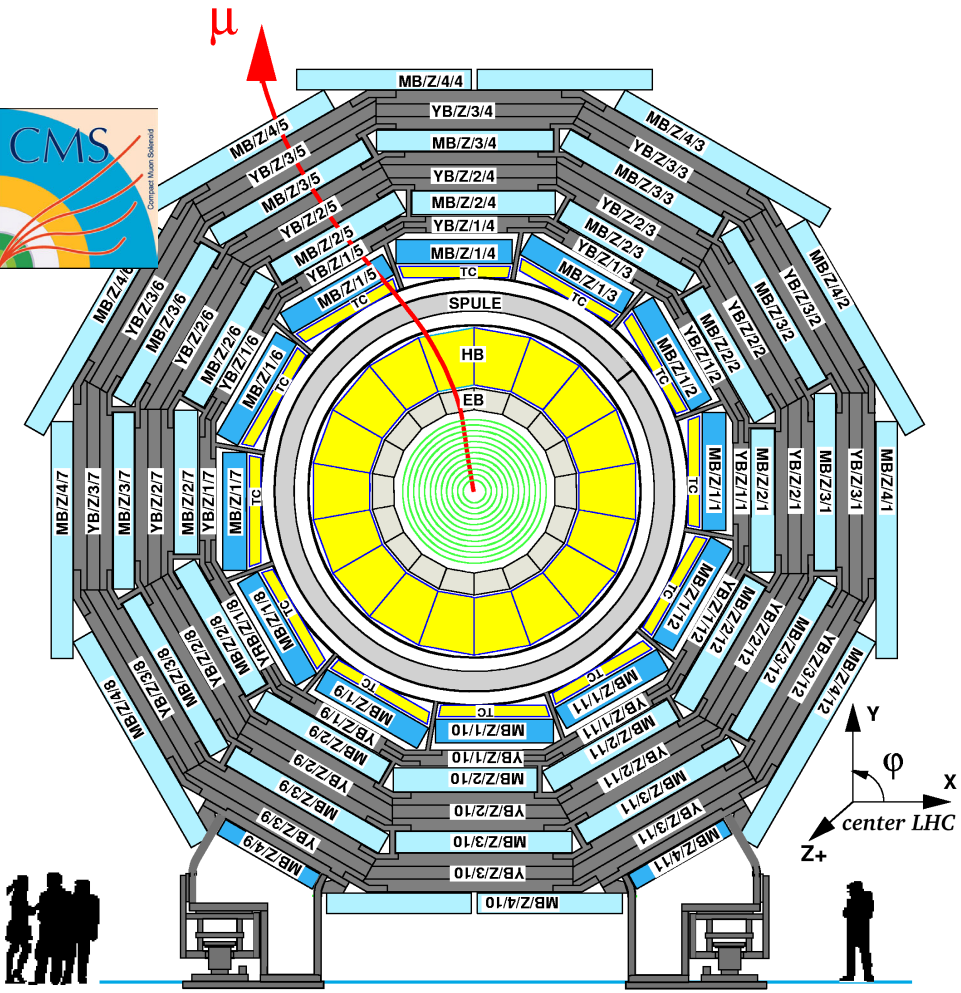
Suche nach neuen Teilchen
Experimente D0 und CMS

III. Phys. Inst. A

18.10.2005



LHC, ab 2007

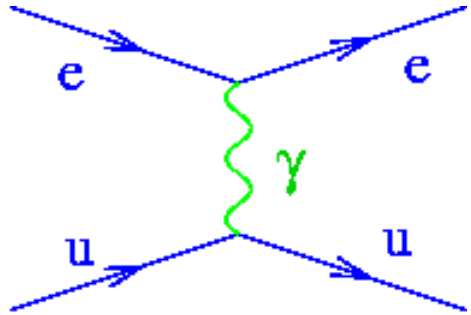
CERN, $p\,p$, 14000 GeV

Tevatron, seit 2001

Fermilab, $p\,\bar{p}$, 2000 GeV

- **Einführung Teilchenphysik**

  Prof. Thomas Hebbeker



- **Suche nach schweren Eichbosonen mit D0 (Tevatron)**

  Dipl. Phys. Carsten Magass (Dokt.)

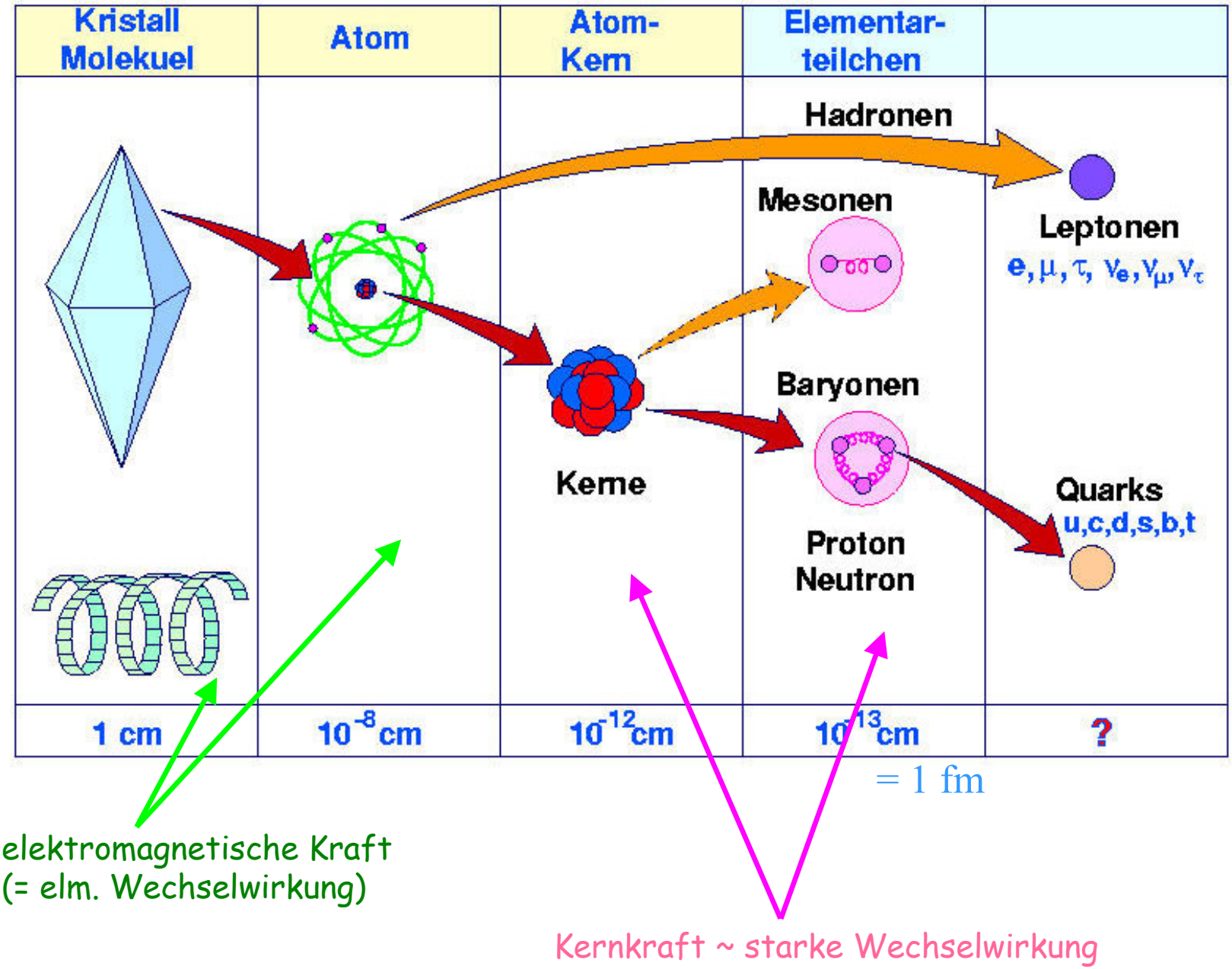
$$W' \rightarrow e\nu$$

- **Suche nach Higgs-Bosonen mit CMS (LHC)**

  Tanja Rommerskirchen (Dipl.)

$$H \rightarrow \mu\ \mu$$

Die Struktur der Materie



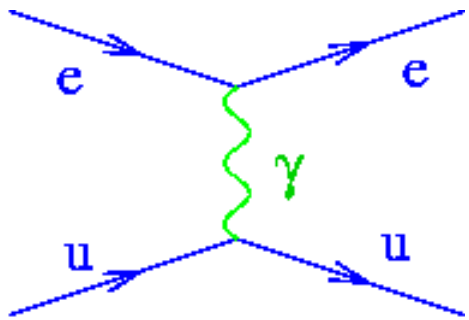
Das Standardmodell der Teilchenphysik

Materie: Spin ½ - Fermionen:

Leptonen: $\begin{pmatrix} \nu_e \\ e \end{pmatrix}$ $\begin{pmatrix} \nu_\mu \\ \mu \end{pmatrix}$ $\begin{pmatrix} \nu_\tau \\ \tau \end{pmatrix}$

Quarks: $\begin{pmatrix} u\,u\,u \\ d\,d\,d \end{pmatrix}$ $\begin{pmatrix} c\,c\,c \\ s\,s\,s \end{pmatrix}$ $\begin{pmatrix} t\,t\,t \\ b\,b\,b \end{pmatrix}$

vollständig?



Wechselwirkungen: Spin 1 – Eichbosonen:

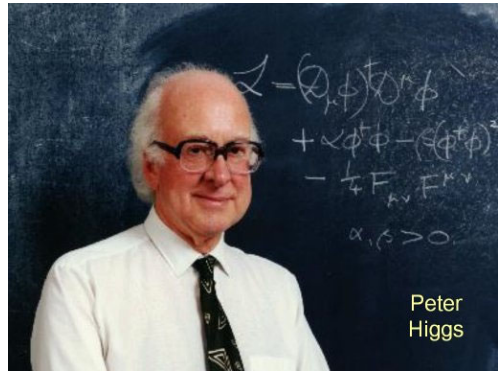
elektroschwach:

Photon	γ	masselos
Z-Boson	Z	91 GeV
W-Boson	W^+ W^-	80 GeV

stark:

Gluon	g	masselos

Neue Teilchen ?

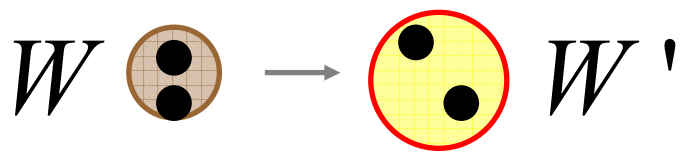


- **Higgs-Teilchen H**

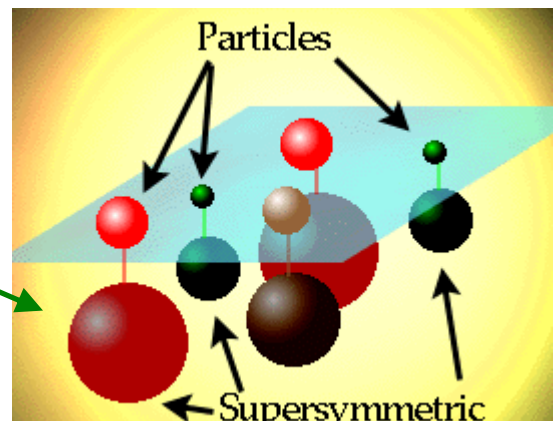
  ohne dieses ist die Theorie unvollständig
  (sagt sonst, dass alle Teilchenmassen null sind!)

- **weitere Leptonen, Quarks, Eichbosonen ?**

  warum nicht ? erwartet bei Substruktur !



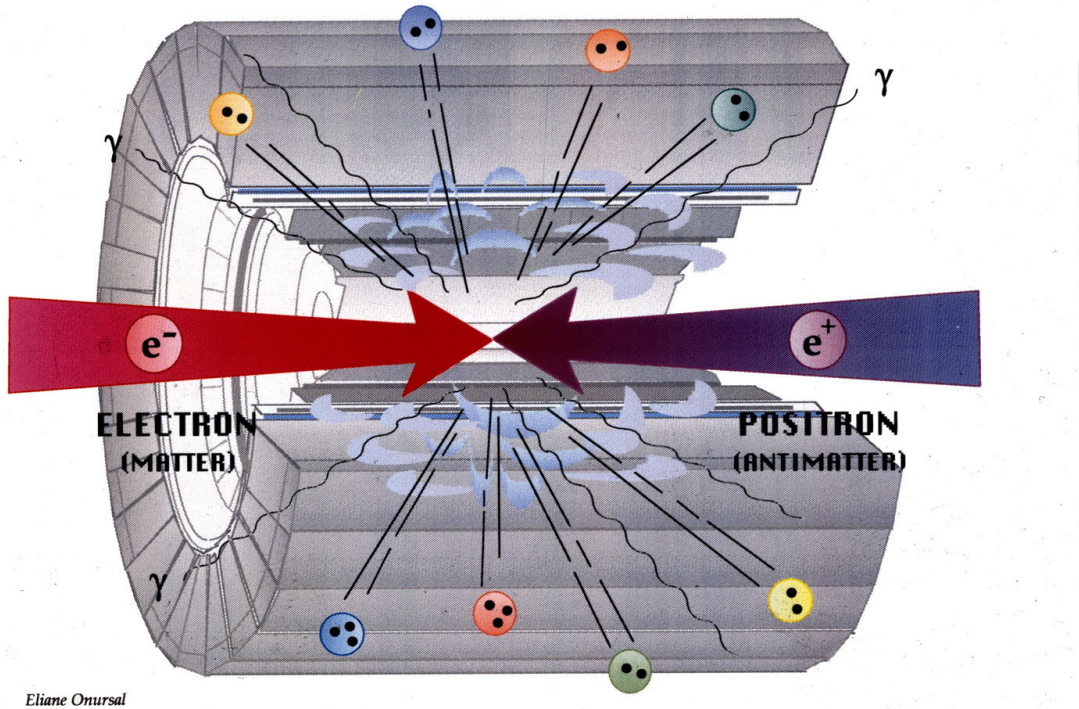
- **Supersymmetrische Teilchen ?**



Methoden der experimentellen Teilchenphysik

Werkzeuge:

- Teilchenbeschleuniger
- Teilchendetektoren



Unschärferelation: $\Delta x \approx 1/E$

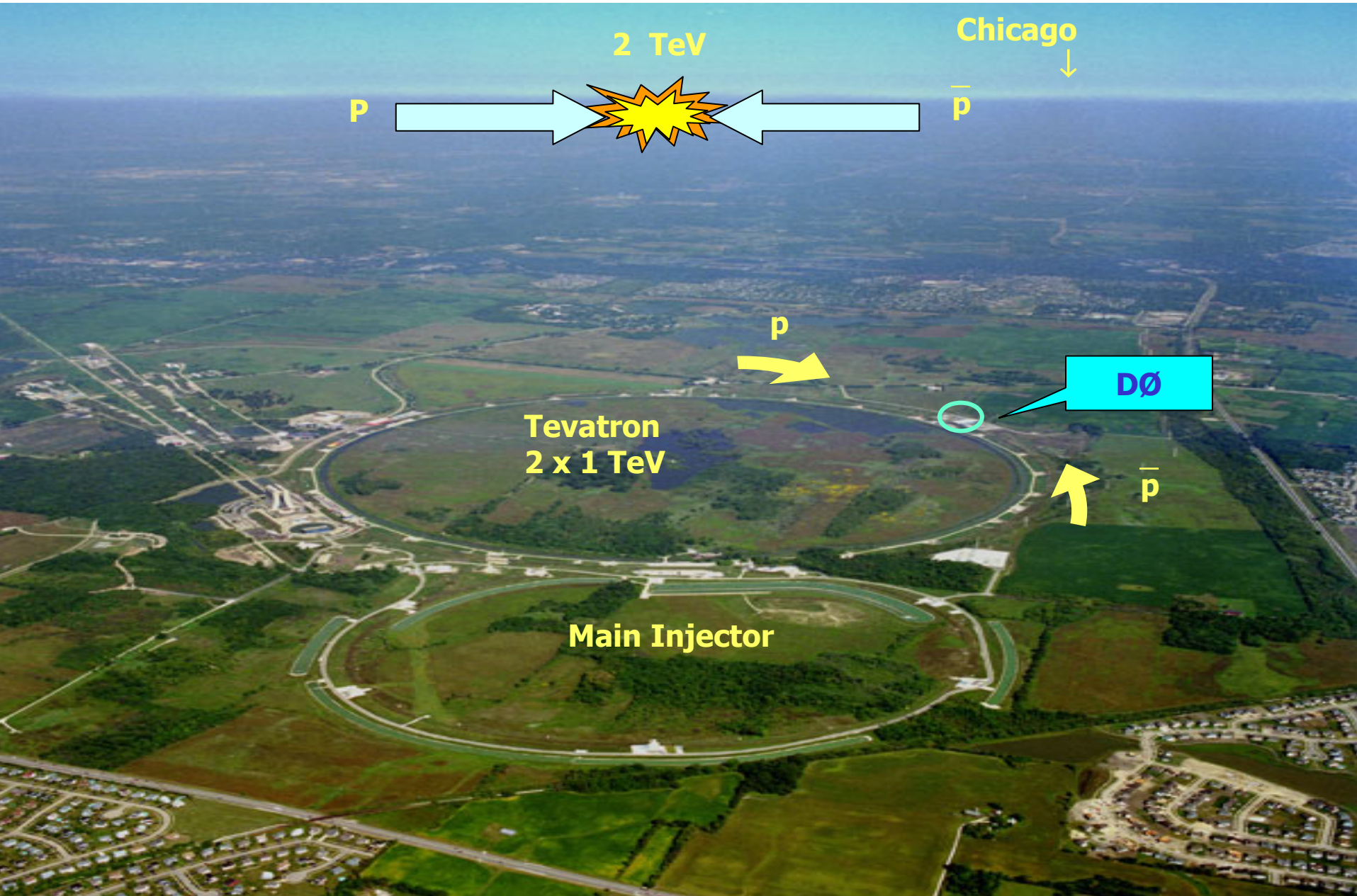
Studium der Kräfte bei hohen Energien:

(Big Bang!)

Neue schwere Teilchen (Masse m):

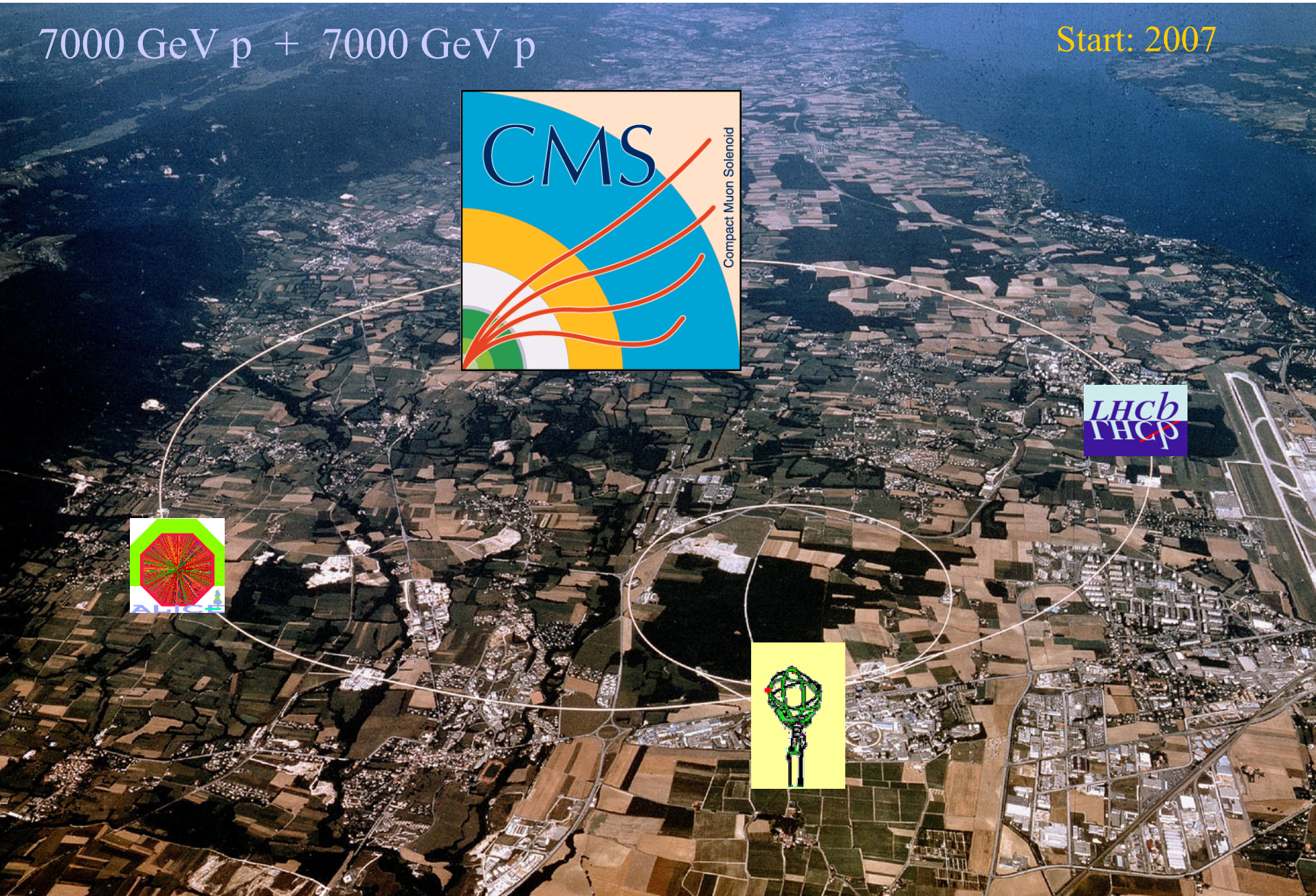
} HOHE ENERGIE !

Tevatron

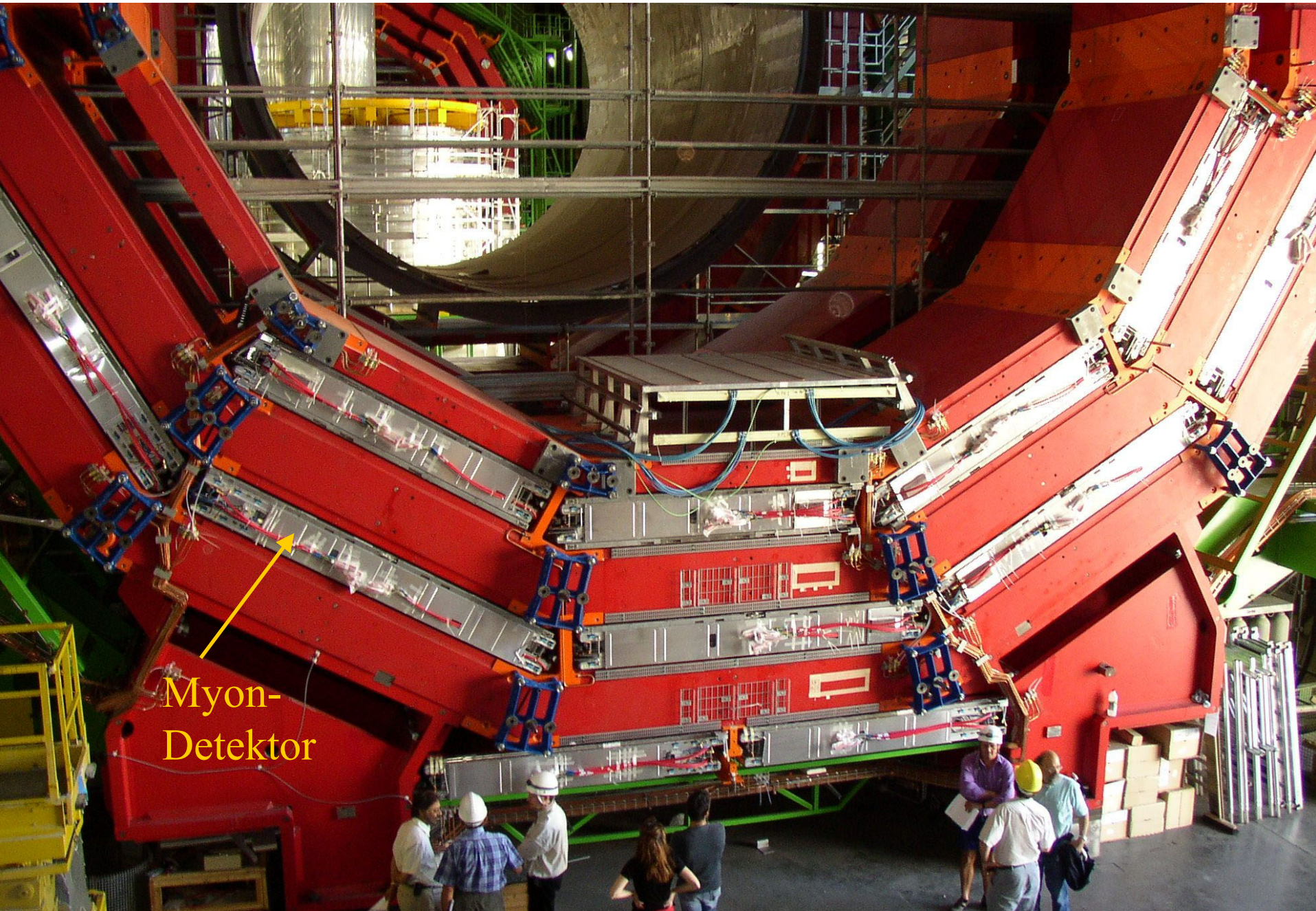


DØ – Detektor

LHC = Large Hadron Collider – CMS-Experiment



CMS-Detektor im Aufbau



Datenanalyse

Tevatron

bisher

1.5 Milliarden

Ereignisse

auf Band

LHC

10^{11} Teilchen /s

100 Ereignisse / s à 1 Mbyte

10000 PCs

- Rekonstruktion von Myonen
- Suche nach Neuem ($H \to \mu\mu$, SUSY, $W' \to e\nu$)

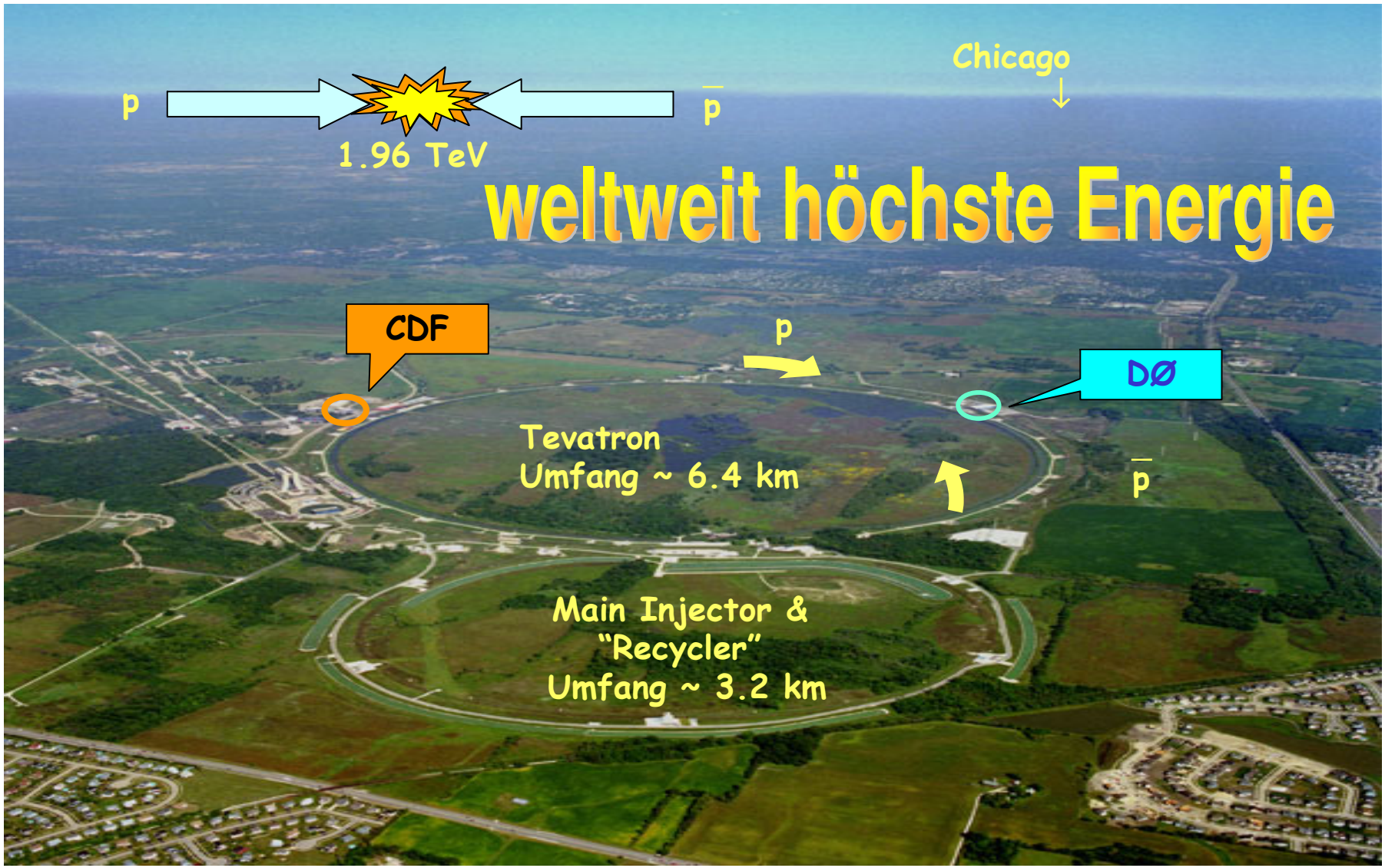
Diplomarbeiten!

siehe GRID-Einführung Prof. Erdmann et al 26 C 201

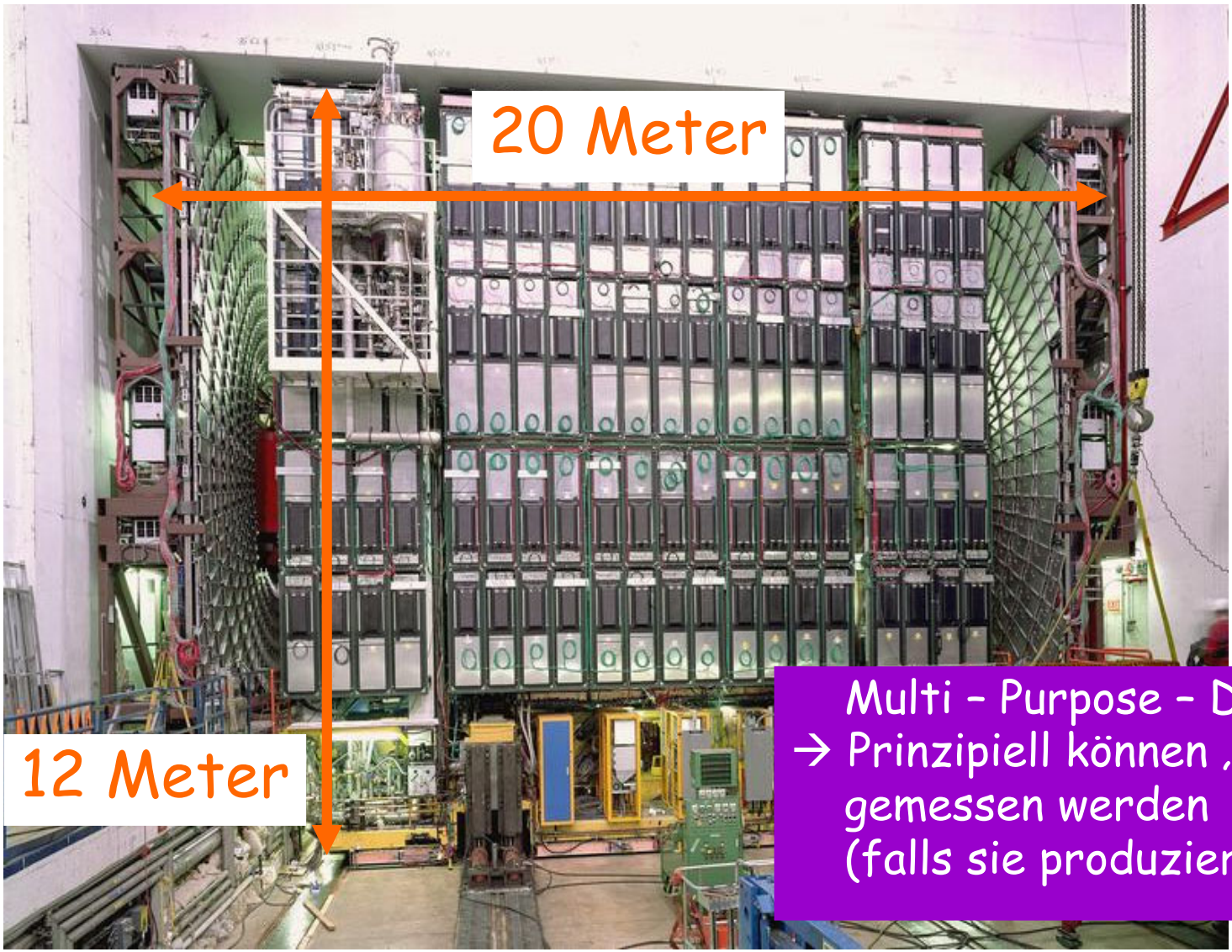
Suche nach neuen Teilchen bei DØ : W´ → eν

Carsten Magaß

Tevatron am Fermilab



DØ – Detektor : Ansicht

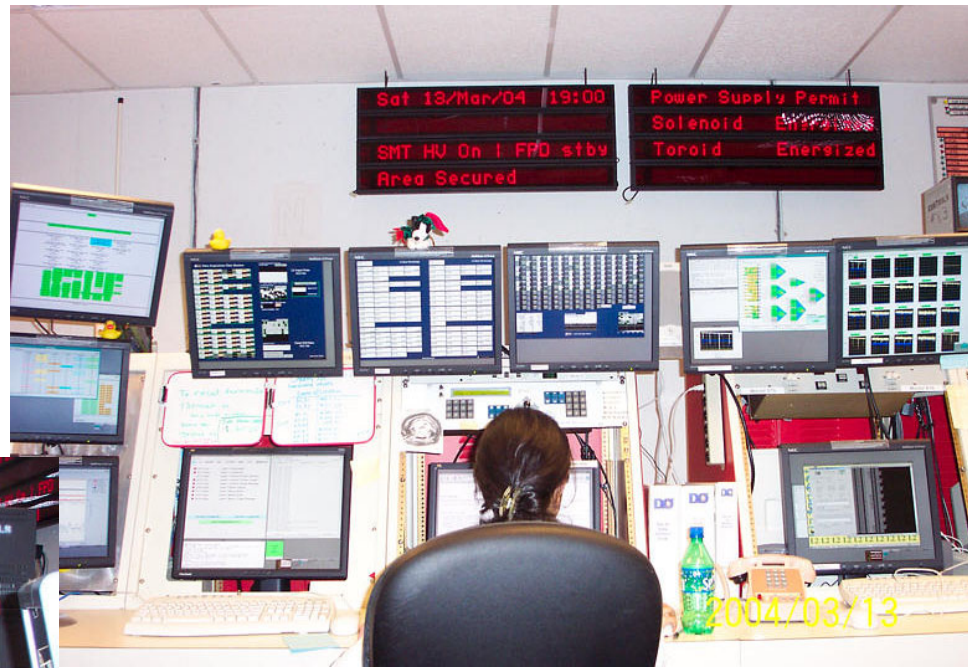


Multi – Purpose – Detektor
→ Prinzipiell können ‚alle Teilchen' gemessen werden
(falls sie produziert werden)

DØ – Detektor : Kontrollraum

Laufendes Experiment

Datennahme (Run II)
seit 2001



→ 1.5 Milliarden Ereignisse

→ 25 Millionen W Bosonen
→ 7.5 Millionen Z Bosonen

Was kann man bei DØ machen ?

Moderne Hochenergiephysik ! ! !

- Forschung & Entwicklung am Detektor : Hardware / Software

- Verifizierung bekannter Prozesse/Teilchen
  → Theorie richtig ?

  → Präzisionsmessung der Eigenschaften des top/bottom – Quarks und des W – Bosons
  Abweichungen von der Theorie ?

- Suche nach neuen Phänomenen = Teilchen
  Higgs, Supersymmetrie, W´ , . . .

W´ - Boson = schwerer Partner des Standardmodell W – Bosons

Prinzip einer Analyse (I)

Diplom-/Doktorarbeitsthema :
Suche nach dem Prozess X → YZ

→ Absprache mit Betreuer + Kollaboration

↓

Gibt es theoretische Vorhersagen ?

→ Literatur-Recherche

↓

Monte Carlo Generator (Simulation) :
Generiere Ereignisse zum Prozess X → YZ

↓

Studie der Signal-Eigenschaften
→ Strategie für die Suche in realen Daten

→ Histogramme, Wirkungsquerschnitte, . . .

- Sprachgebrauch (Fachbegriffe, Jargon)
- Programmieren (C++ und Linux)

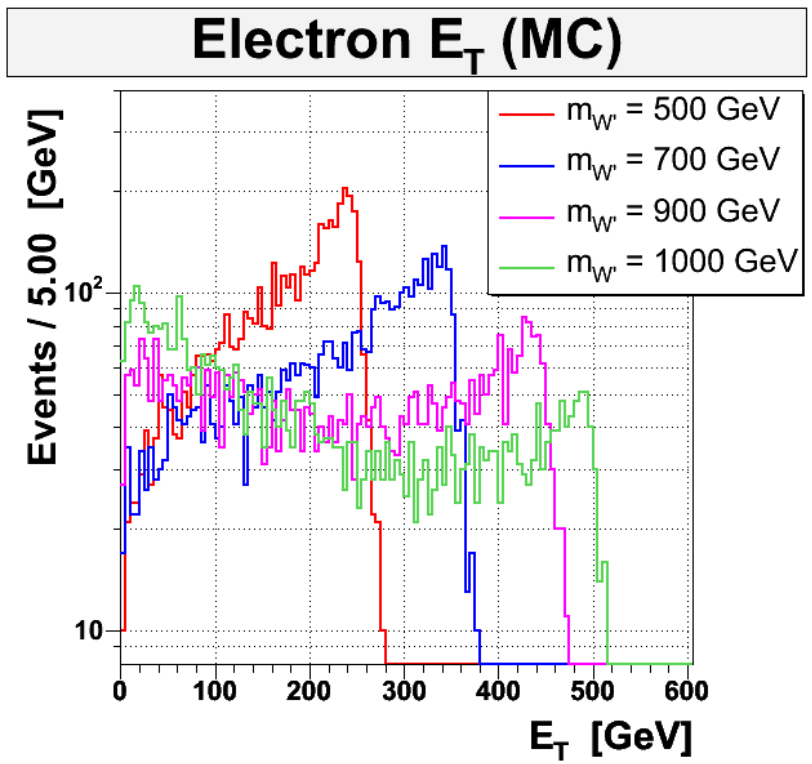
Beispiel : W´ → e ν

Freier Parameter des neuen Teilchens (W´) ist seine **Masse**

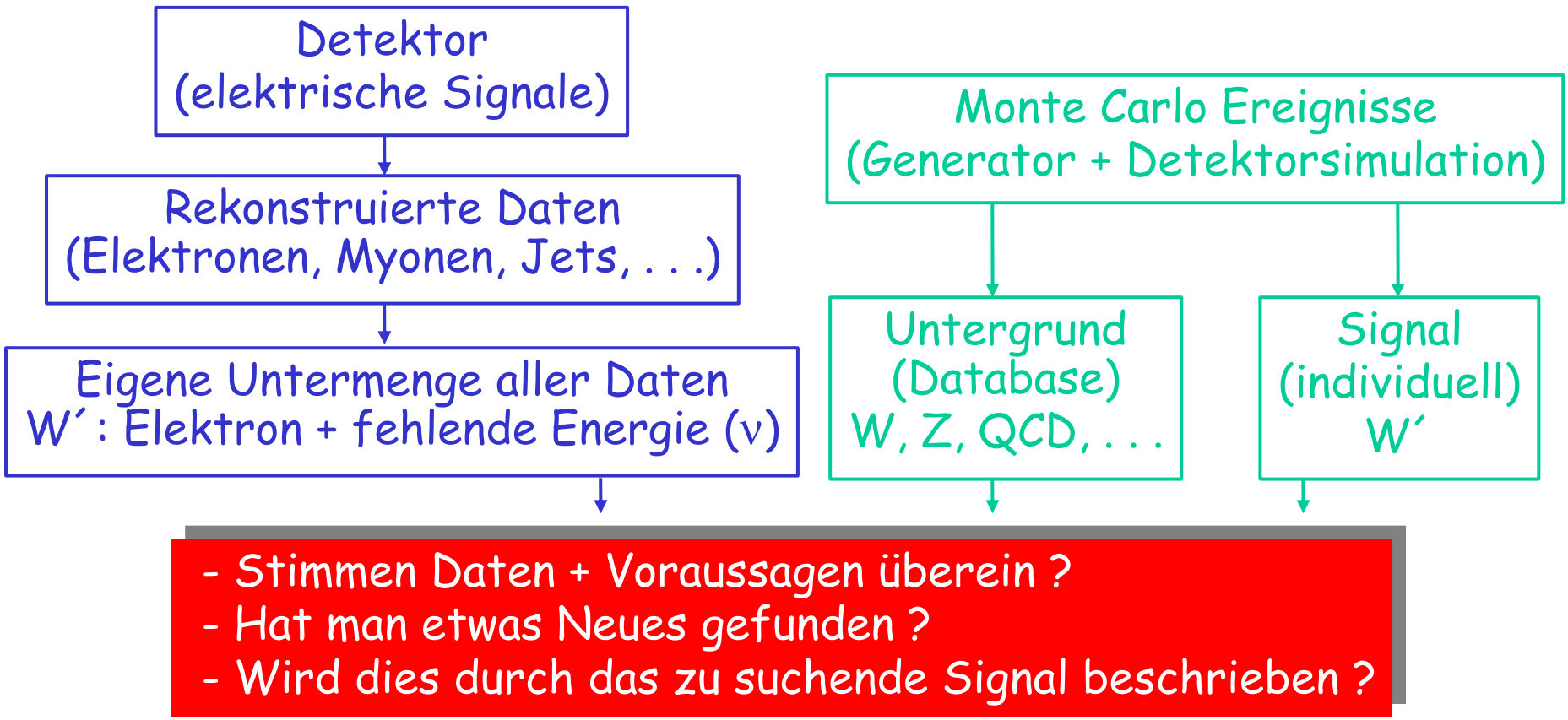
→ Generiere Ereignisse mit Monte Carlo Generator
→ Studiere Eigenschaften in Abhängigkeit von der Masse

Ereigniszahlen:
W (m = 80 GeV) → e ν : 2.5 Millionen

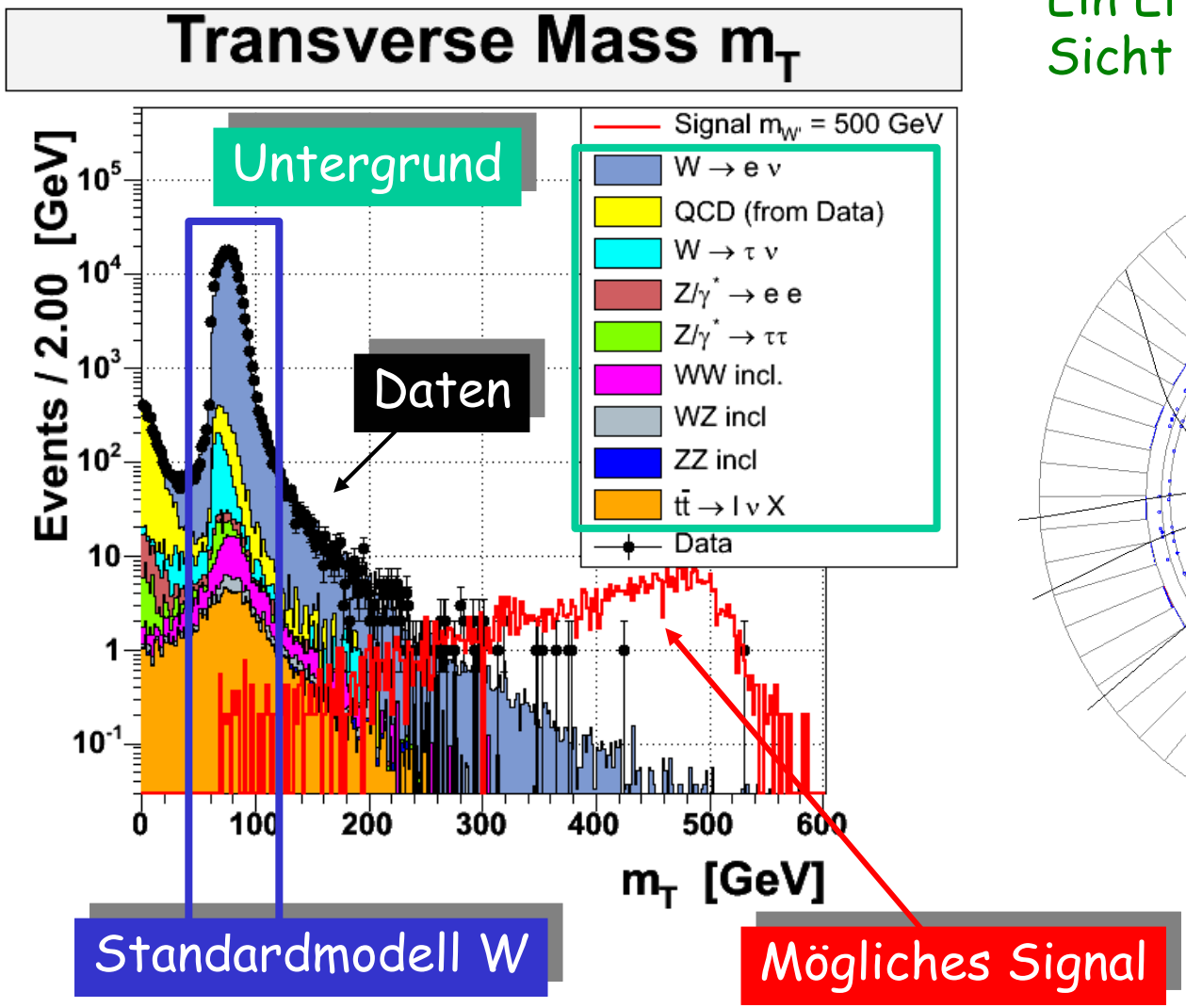
W´(m = 500 GeV) → e ν : 2500
W´(m = 700 GeV) → e ν : 300
W´(m = 900 GeV) → e ν : 50
W´(m = 1 TeV) → e ν : 20



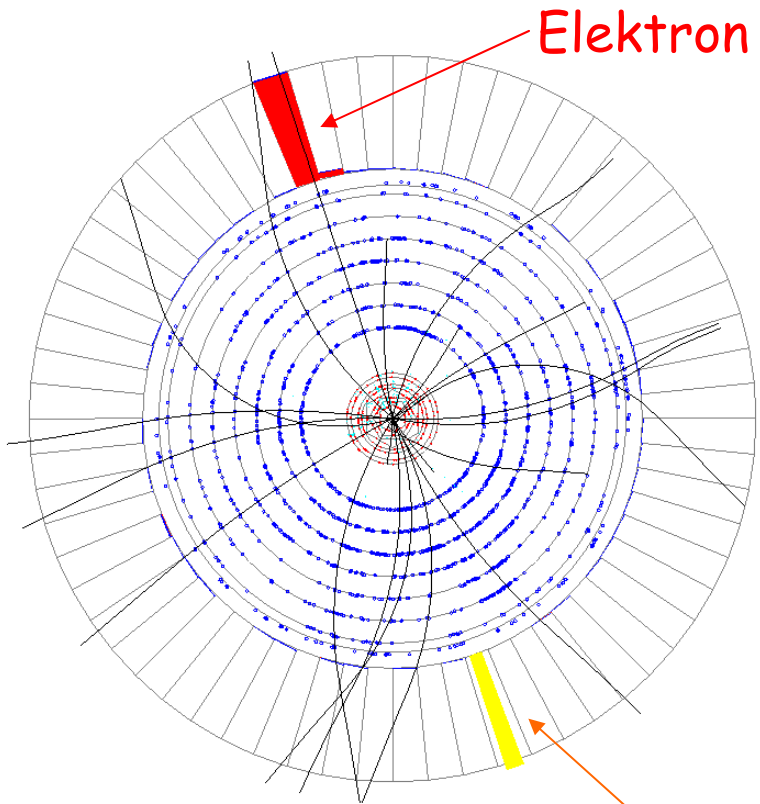
Prinzip einer Analyse (II)



Beispiel : W´ → e ν (500 GeV)



Ein Ereignis aus der Sicht des DØ - Detektors :



Viele technische Herausforderungen . . .

Tevatron : $p\bar{p}$ bei 1.96 TeV → 1.7 Millionen Ereignisse / Sekunde
technisch machbar (viele Faktoren) → 50 Ereignisse / Sekunde

nicht sinnvoll : schreibe erste 50 Ereignisse weg, verwerfe Rest
sinnvoll : schaue jedes Ereignis grob (= schnell) an,
und schreibe ‚interessante' Ereignisse weg

→ 3-stufiges Auswahlsystem (Trigger)

1.7 MHz —L1→ < 1.6 kHz —L2→ < 850 Hz —L3→ < 50 Hz Tape

Detektorverständnis :
- Rekonstruktion, Identifikation, Trigger, . . .
- Effizienzen
- Simulation des Detektors

We want you !

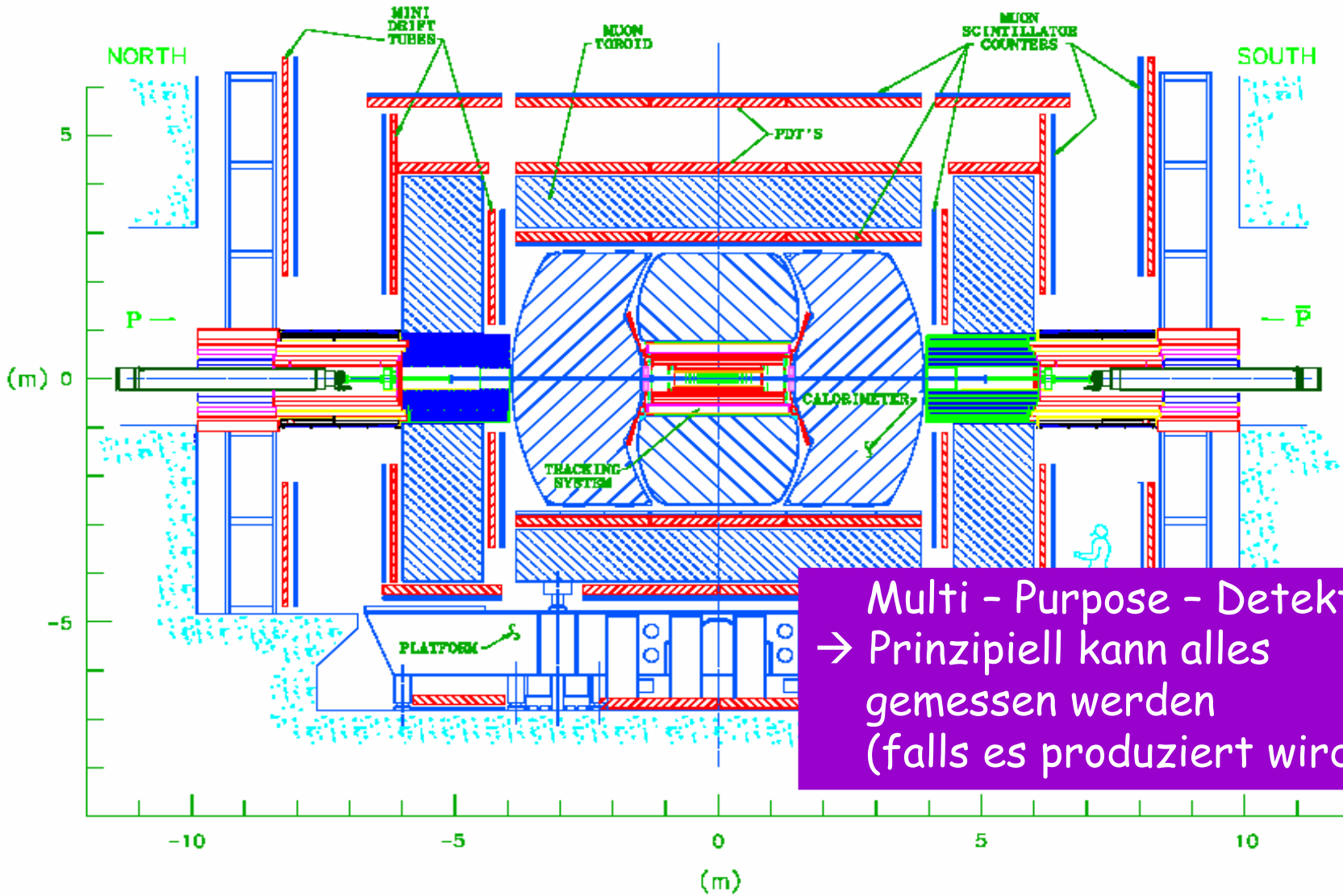
- Interesse an moderner Hochenergiephysik
- Interesse an Zusammenarbeit in einer Gruppe (Aachen) innerhalb einer großen internationalen Kollaboration
- Grundkenntnisse Programmieren, Englischkenntnisse

!!! Forschung an vorderster Front !!!

DØ - Schwerpunkt Neue Phänomene (Thomas Hebbeker) :
Christian Autermann, Jan Willem Coenen, Patrick Eraerds
Daniela Käfer, Carsten Magaß, Arnd Meyer, Volker Vorwerk

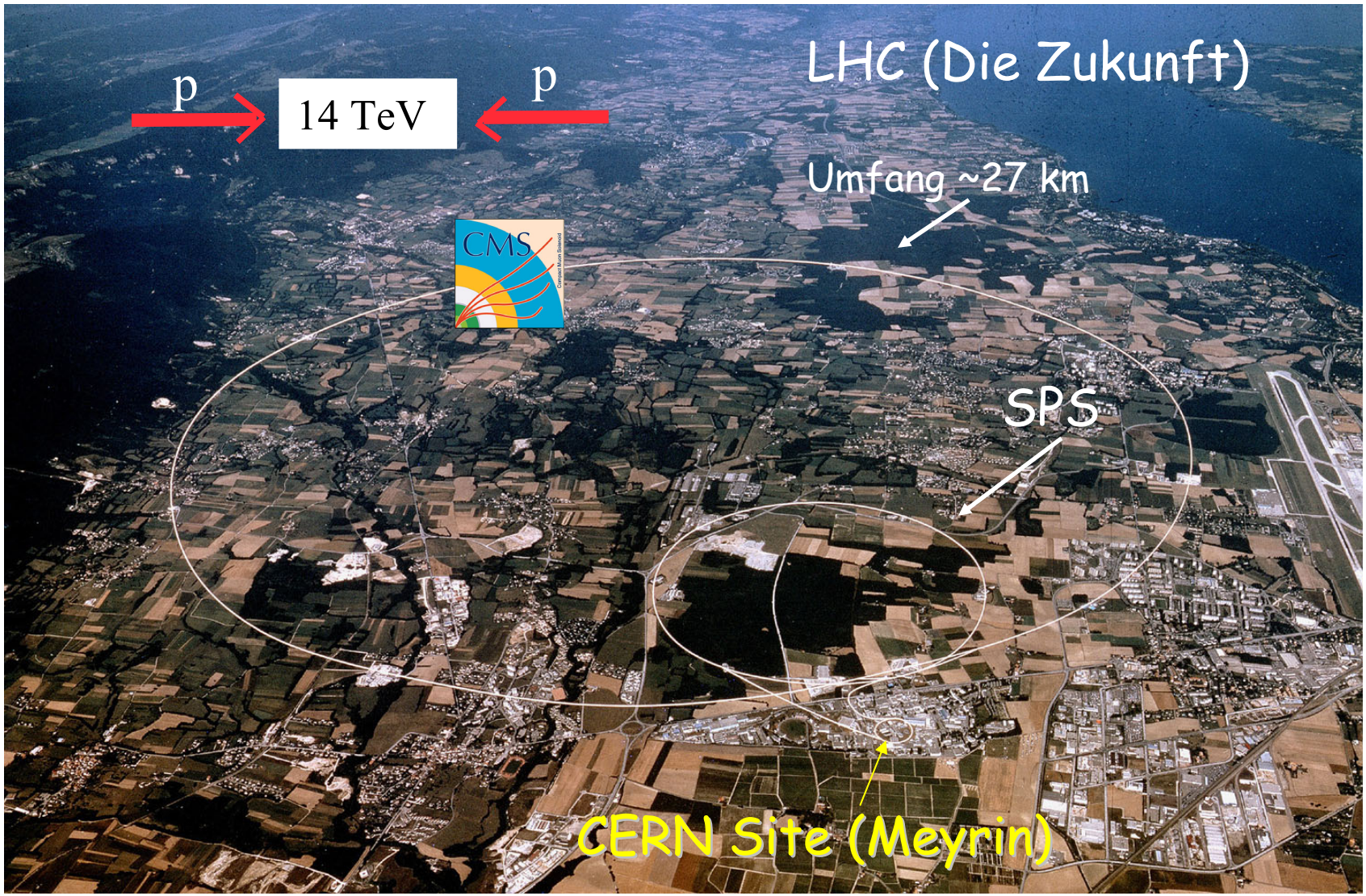
DØ – Schwerpunkte top Physik, Gridcomputing (Martin Erdmann) :
Steffen Kappler, Matthias Kirsch, Daniel Lenz

DØ - Detektor (I)



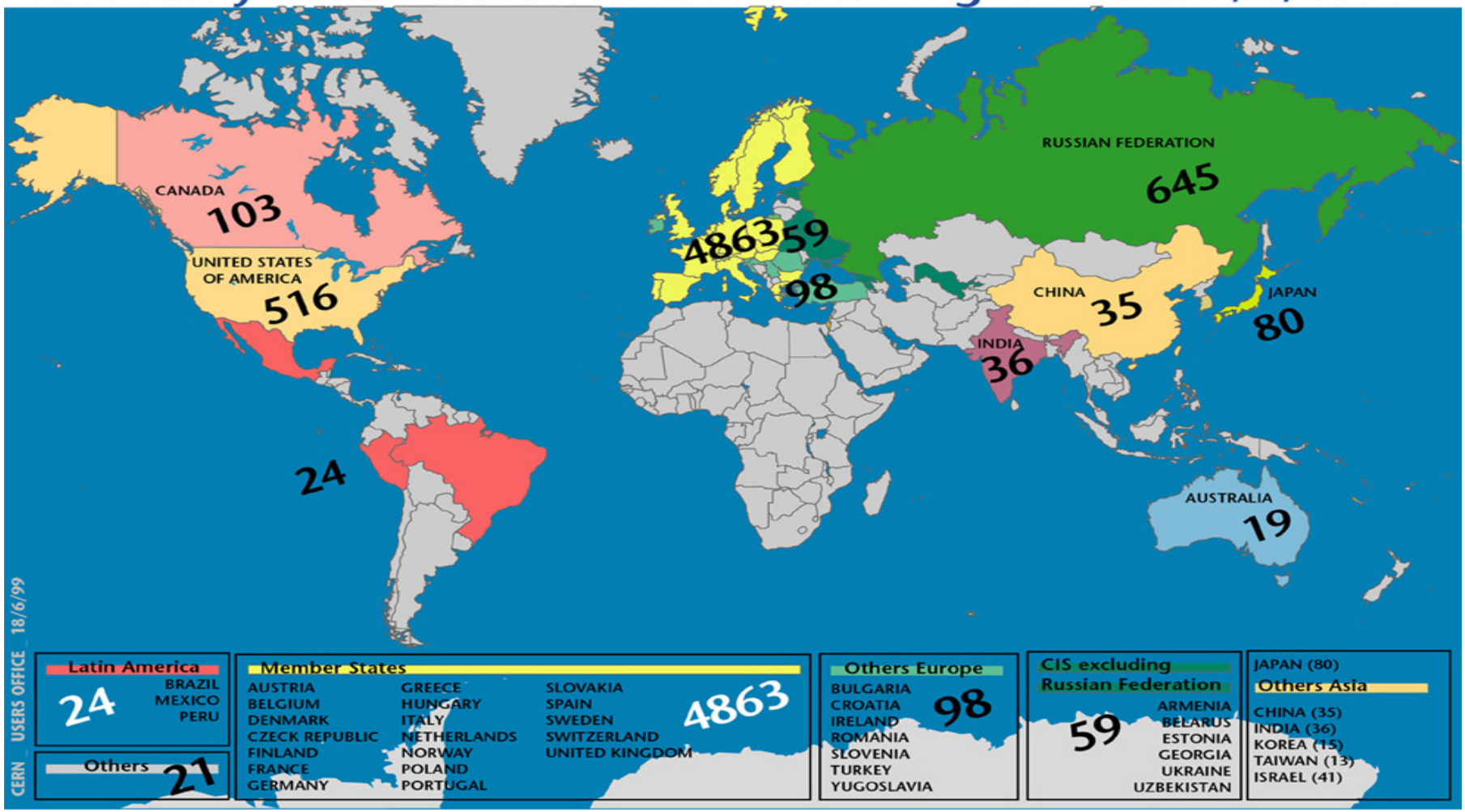
Multi - Purpose - Detektor
→ Prinzipiell kann alles gemessen werden (falls es produziert wird)

Suche nach neuer Physik am CMS Detektor

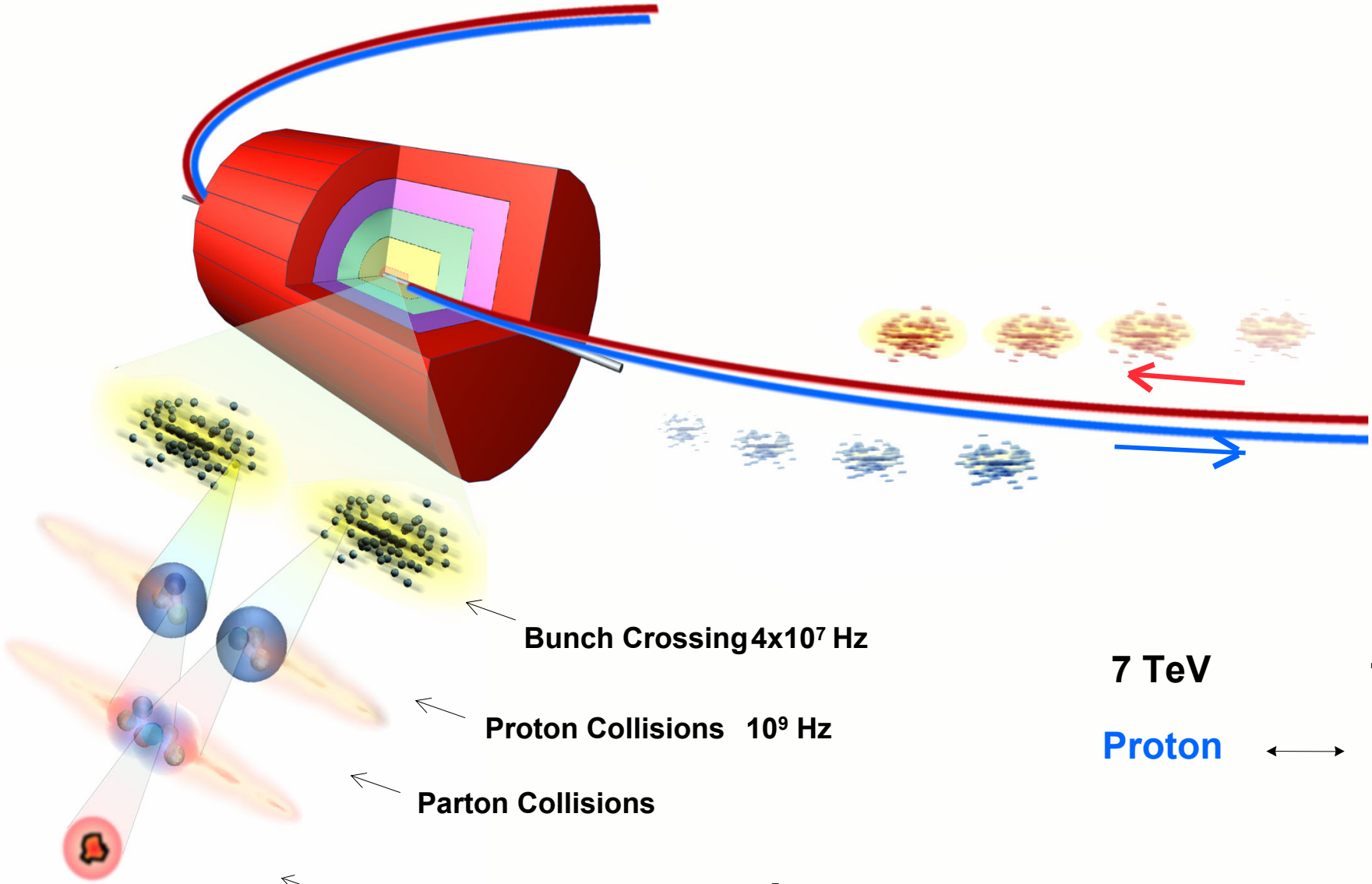


CERN

Nationality Distribution of CERN Users registred on 1/1/1999



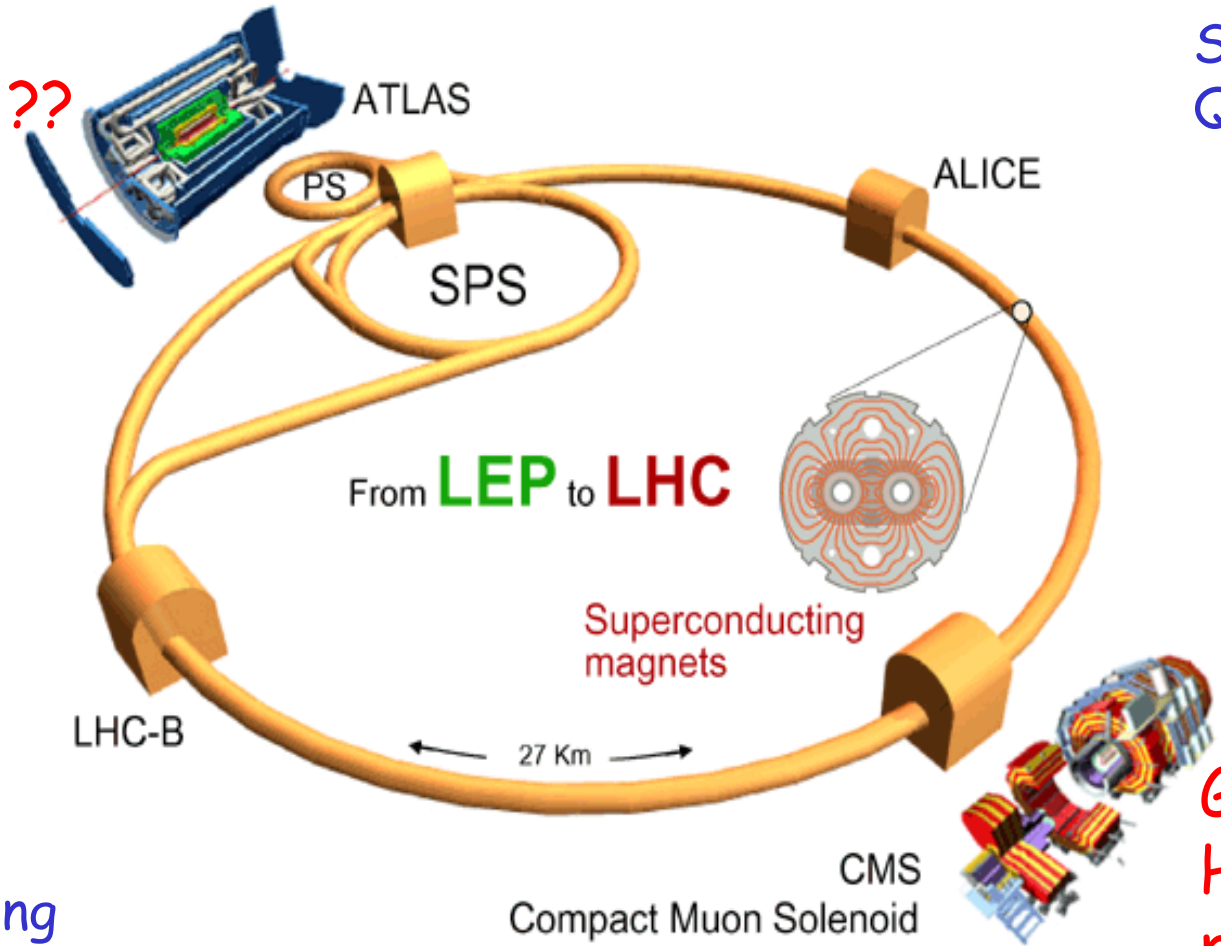
Kollisionen am LHC



Der LHC und seine Experimente

General-purpose
Higgs
neue Physik ??

Schwere Ionen
Quark-Gluon Plasma



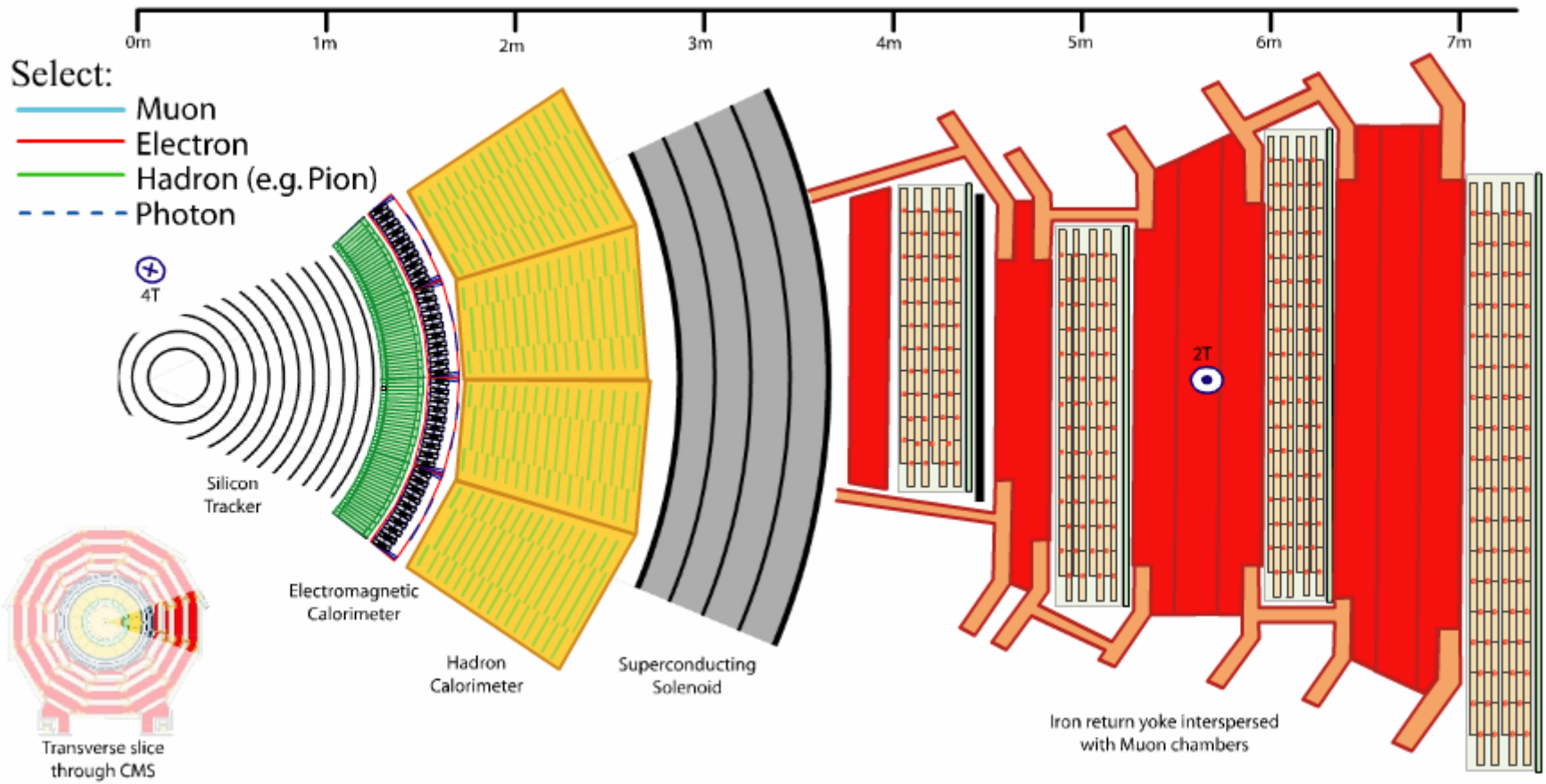
B-Physik
CP-Verletzung

General-purpose
Higgs
neue Physik ??

Datenanalyse ohne Daten?

Bis zur Inbetriebnahme des LHC vergehen noch mind. 2 Jahre.

Wie macht man also eine Analyse ohne echte Daten?



Man simuliert Detektor und Prozess !

Datenanalyse bei CMS

Wozu sollte man sich schon jetzt mit einer CMS Analyse beschäftigen ?

- Um ein Gefühl für die Physik bei diesen Energien zu bekommen
- Um die Software ´im Griff zu haben´ wenn der LHC startet
- Um Teil eines riesigen weltweiten Netzwerks von Menschen zu sein, die die Entwicklung des CMS Detektors vorantreiben
- Wenn ihr euch für eine Diplomarbeit bei CMS entscheidet, könnt ihr von Anfang an dabei sein wenn ´Terra Incognita´ betreten wird

Ihr habt eine realistische Chance wirklich neue Physik zu finden !!!

Datenanalyse

Was werden ihr im Jahr eurer Diplomarbeit lernen?

- Ihr werdet selbständig in die Tiefen einer Theorie vordringen
  Literaturrecherche betreiben und im direkten Kontakt mit Theoretikern und anderen Elementarteilchenphysikern aus aller Welt stehen

- Ihr werdet mit komplexen Programmpaketen arbeiten, die laufend weiterentwickelt werden

- Ihr werdet ein Gefühl für den betrachteten Prozess und für die Besonderheiten des Detektors entwickeln

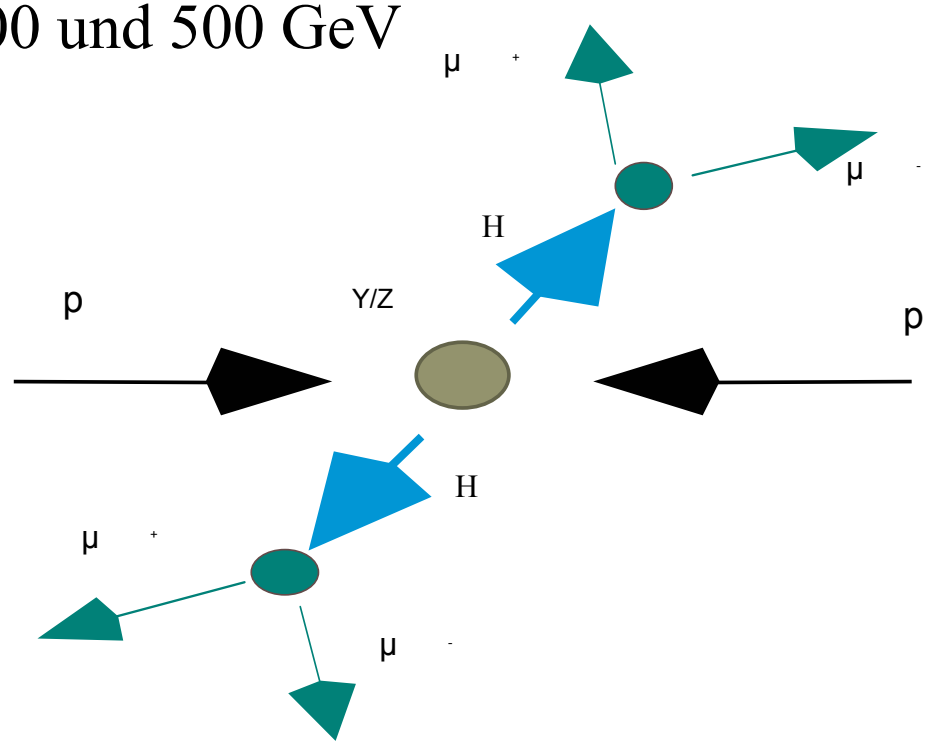
- Ihr werdet lernen wie man Vorträge hält ;-)

Ein Beispiel …

Doppelt geladene Higgs-Teilchen zerfallen in je 2 Myonen

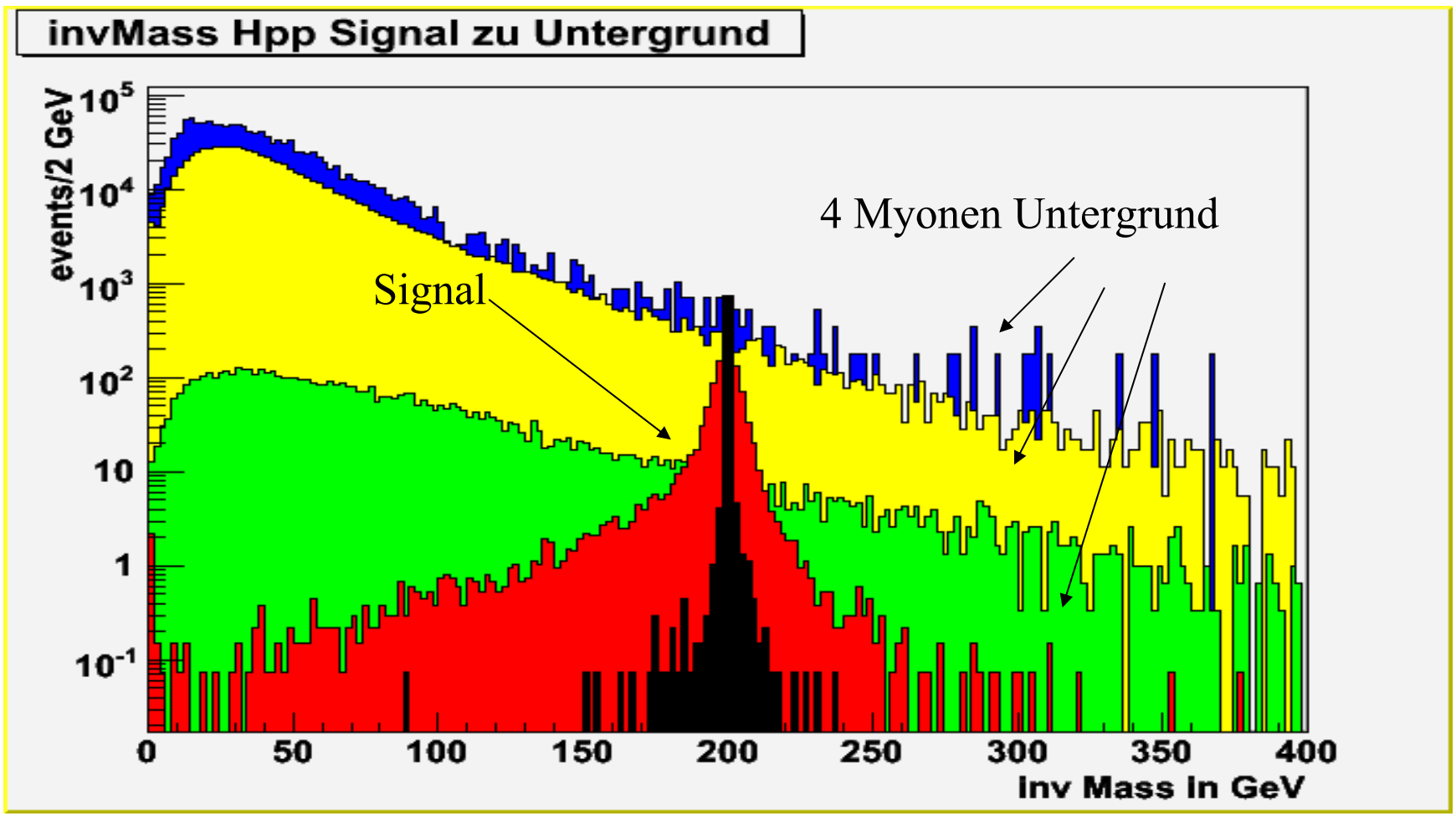
Prozess: doppelt geladenes Higgs wurde vom D0-Experiment bis zu einer Masse von 100 GeV ausgeschlossen

Wir suchen zwischen 100 und 500 GeV

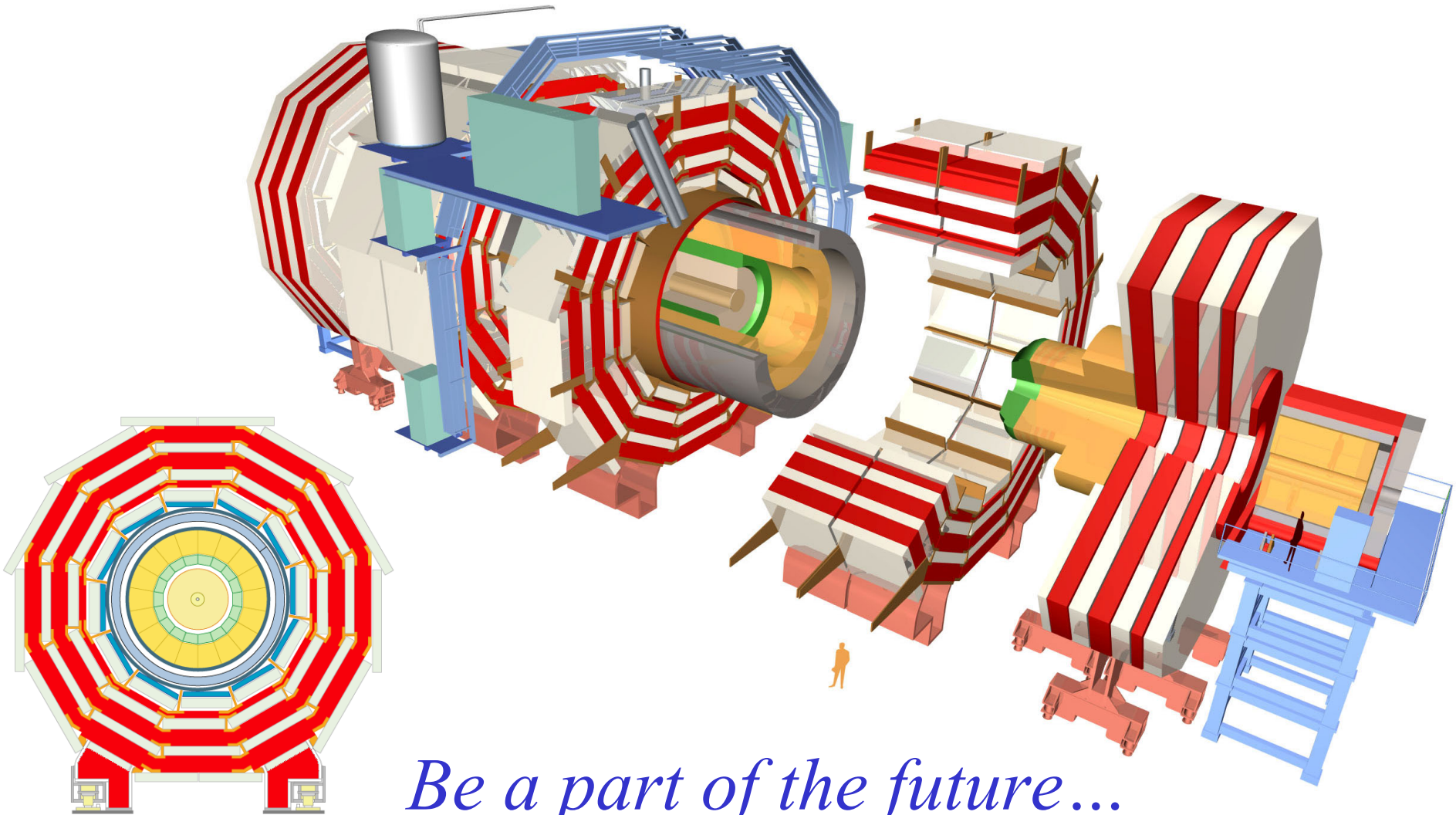


Vor der Selektion …

Aus den 4 Myonen lässt sich die Higgs-Masse rekonstruieren
… wenn man die richtigen findet



CMS – Suche nach dem Unbekannten



Be a part of the future…