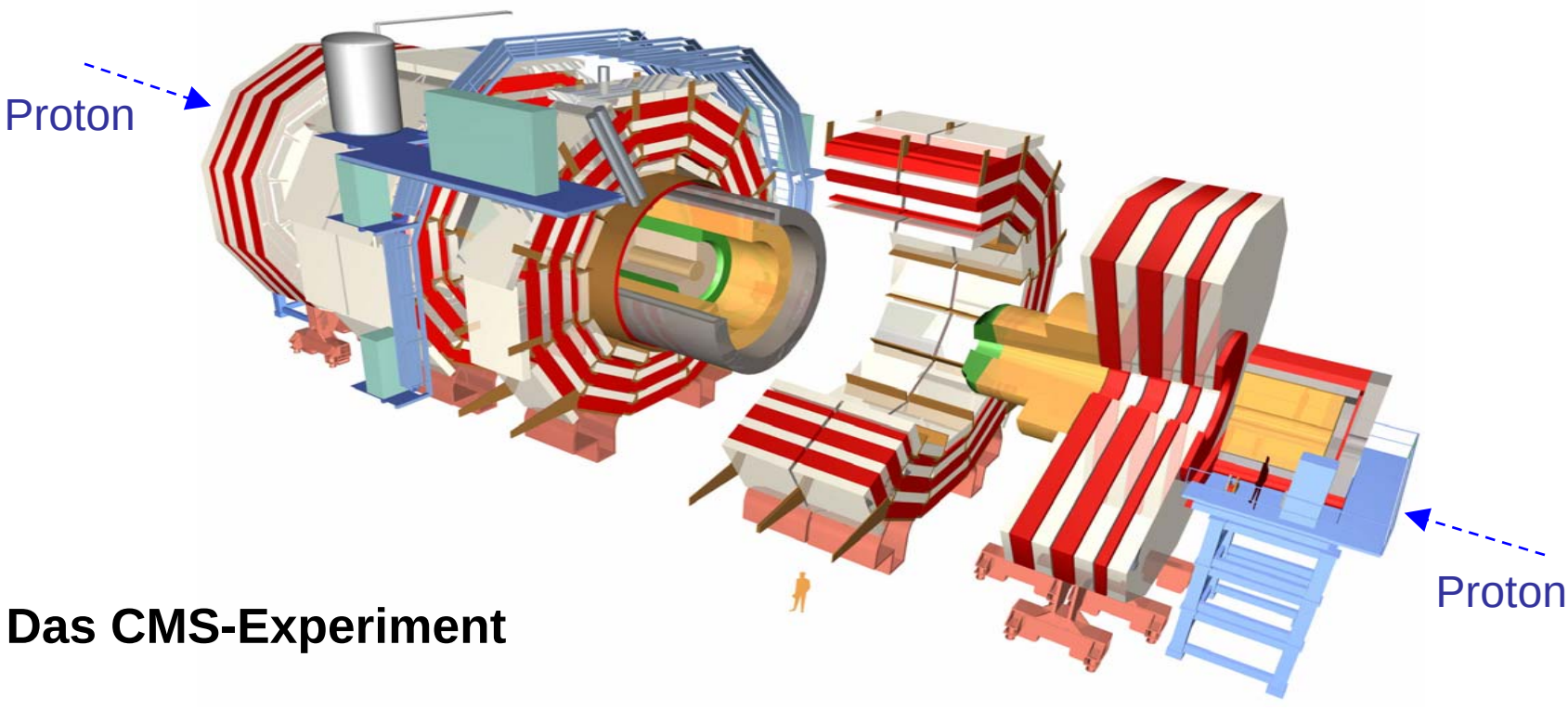
GEFÖRDERT VOM
Bundesministerium
für Bildung
und Forschung

BMBF FSP 102 – CMS

Compact Muon Solenoid



- **Das CMS-Experiment**

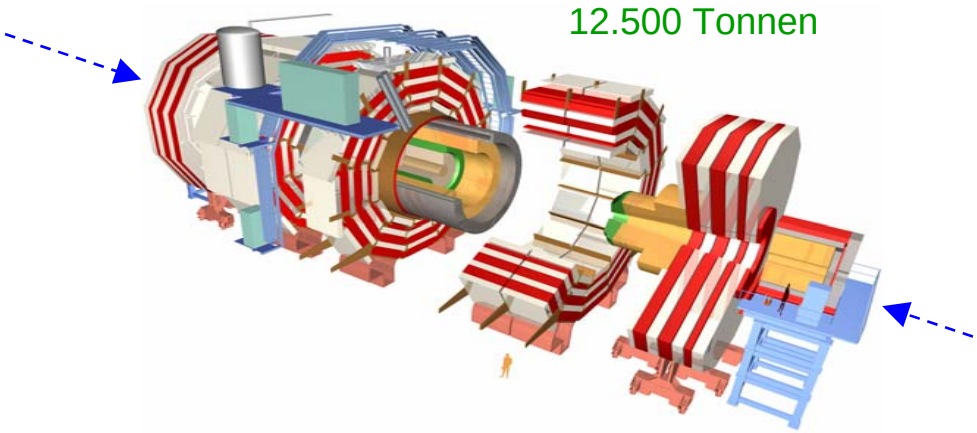
- **Deutsche Beiträge**
  - Detektorkomponenten
  - Computing
  - Physik-Datenanalyse (Supersymmetrie)

T. Hebbeker , RWTH Aachen

Bonn 02.02.2007

LHC = Large Hadron Collider

CMS = Compact Muon Solenoid



80 Mio Detektorelemente

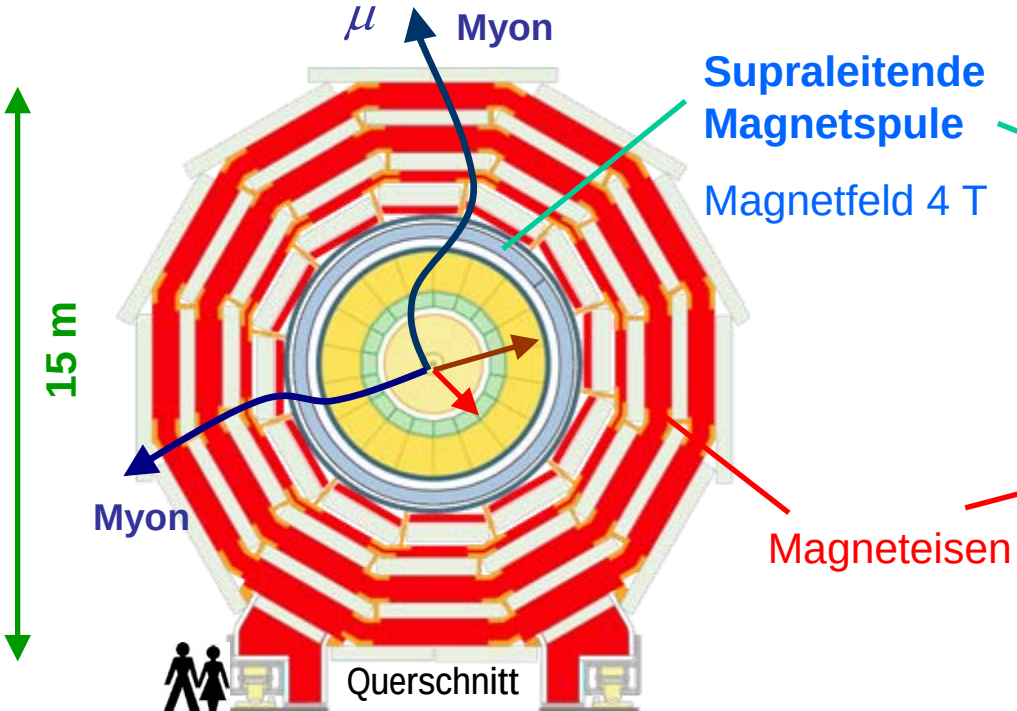
350 Mio €

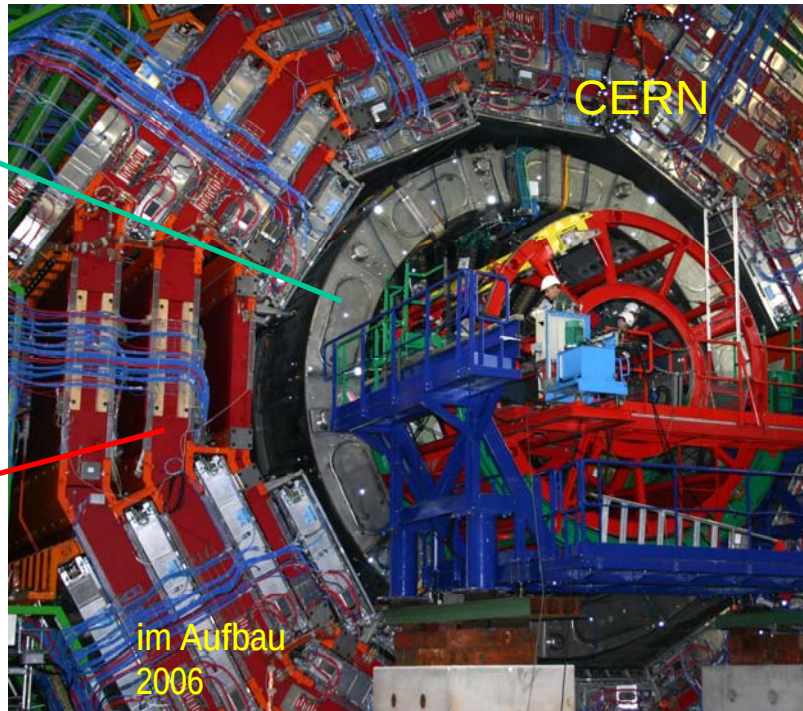
10 Jahre

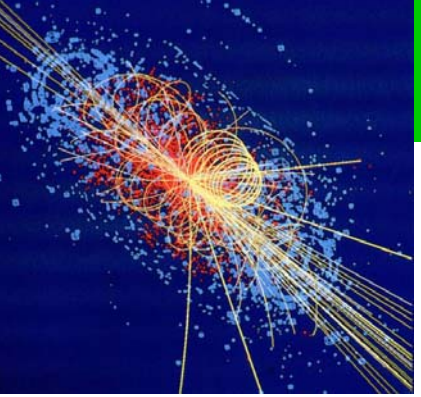
2250 Physiker+Techniker

1000 Teilchen

40 Millionen mal pro Sekunde



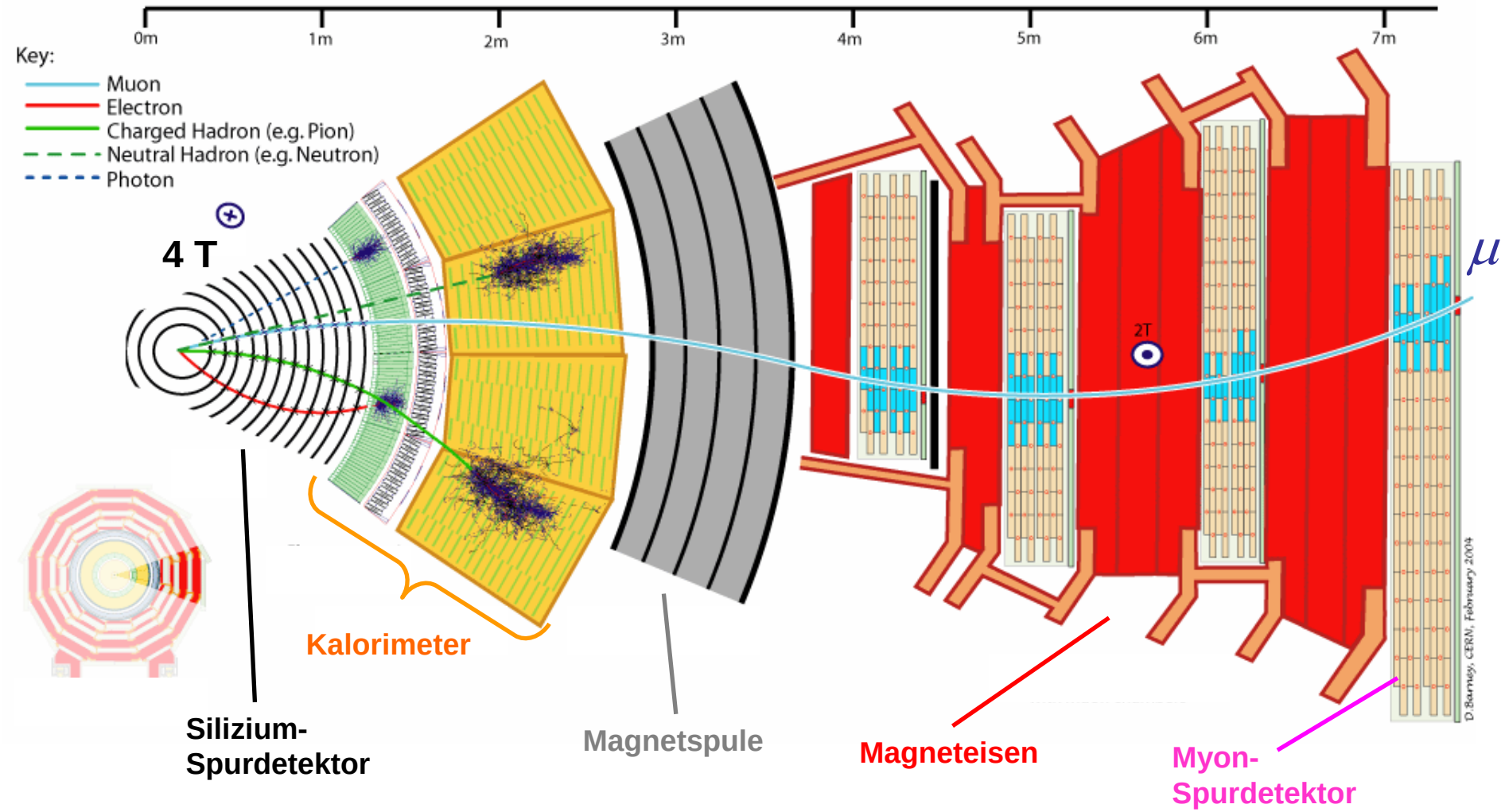




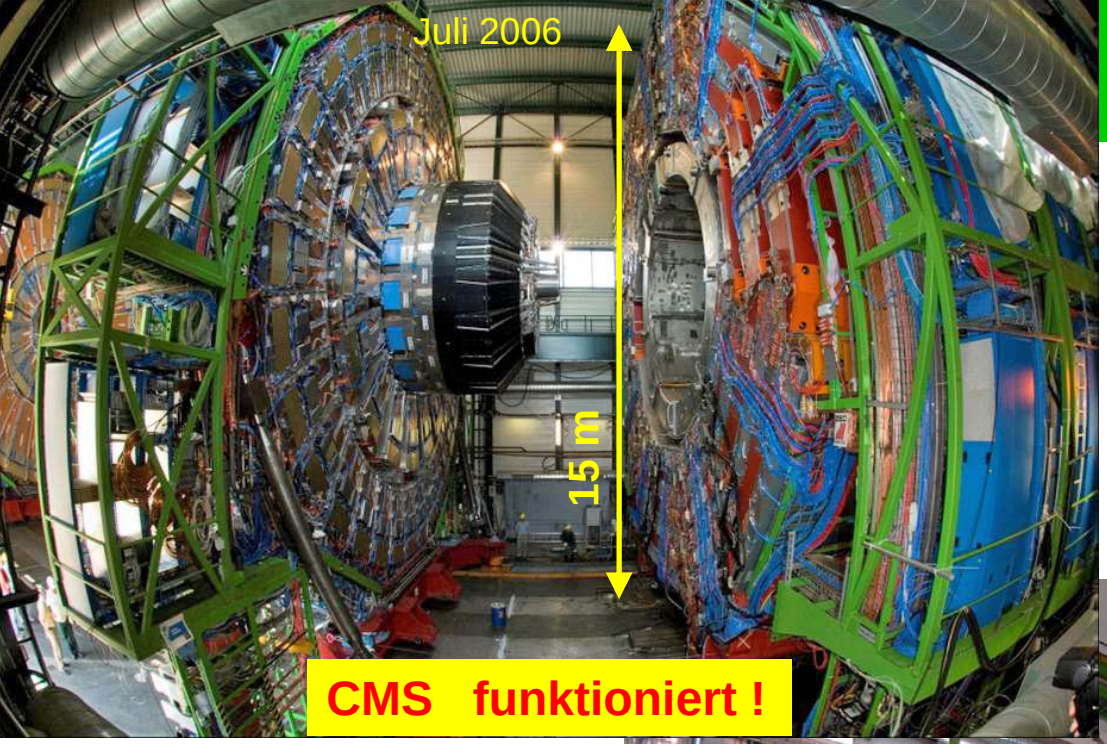
CMS - Teilchenmessung

Magnetfeld + präzise <u>Spurdetektoren</u>:

genaue Energiemessung



Status CMS-Detektor



CMS funktioniert !

Fertigstellung:

Sommer 2007

Vorinstallation, Tests in Halle an Oberfläche

Kaverne im LHC-Tunnel 90 m unter der Erde

FSP-CMS Deutsche Institute

CMS: 38 Nationen 174 Institute 2250 Mitglieder 350 Mio. €

Deutschland: 50 Physiker + 40 Doktoranden + 50 Ingenieure/Techniker

enge Zusammenarbeit !

I. Physikalisches Institut B der RWTH Aachen
L. Feld, S. Schael

III. Physikalisches Institut A der RWTH Aachen
M. Erdmann, T. Hebbeker *(Sprecher FSP)*

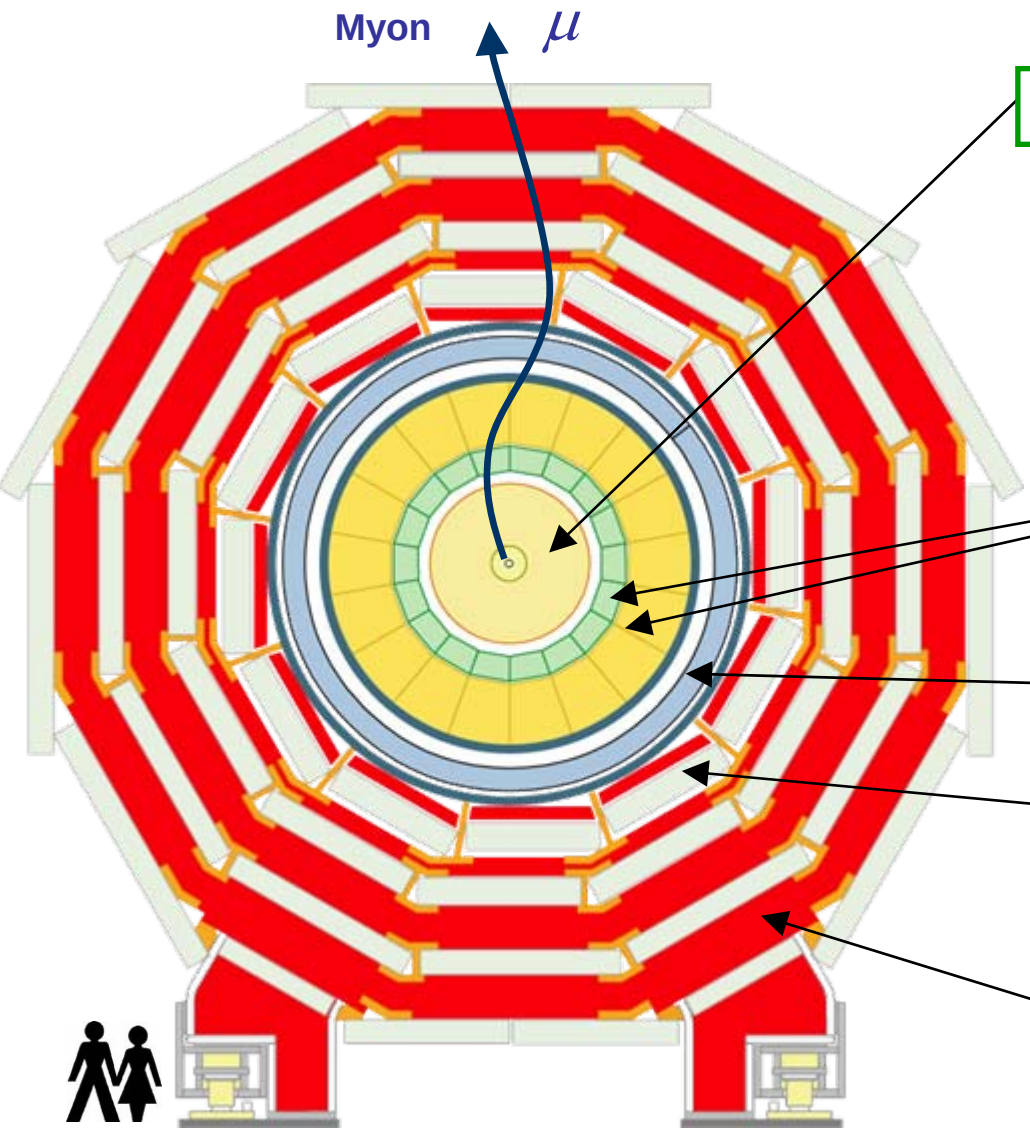
III. Physikalisches Institut B der RWTH Aachen
A. Stahl

DESY Hamburg und Zeuthen *(assoziiert)*
J. Mnich

Inst. für Experimentalphysik der Universität Hamburg
R. Klanner, P. Schleper

Institut für Exp. Kernphysik der Universität Karlsruhe
W. de Boer, M. Feindt, T. Müller, G. Quast

CMS-Detektor – Deutsche Beiträge



Silizium-Spurdetektor

Aachen I B,
Aachen III B,
Hamburg,
Karlsruhe

Kalorimeter

Supraleitender Magnet

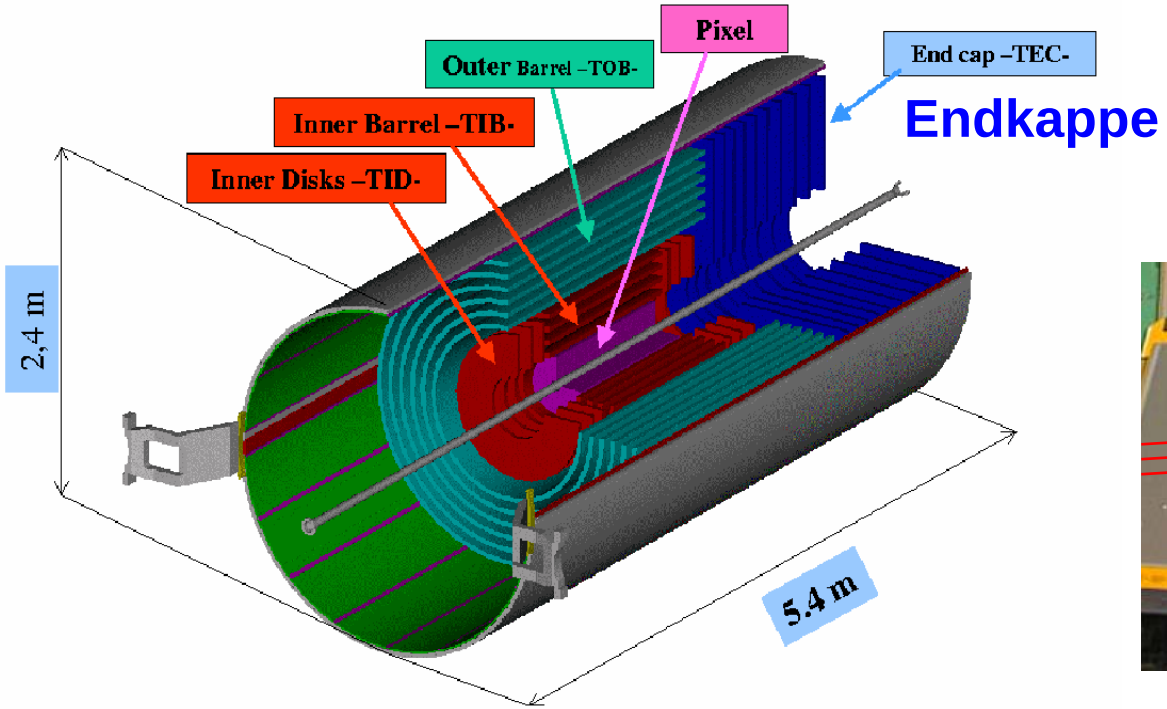
Myon-Spurdetektor

Aachen III A

Magneteisen

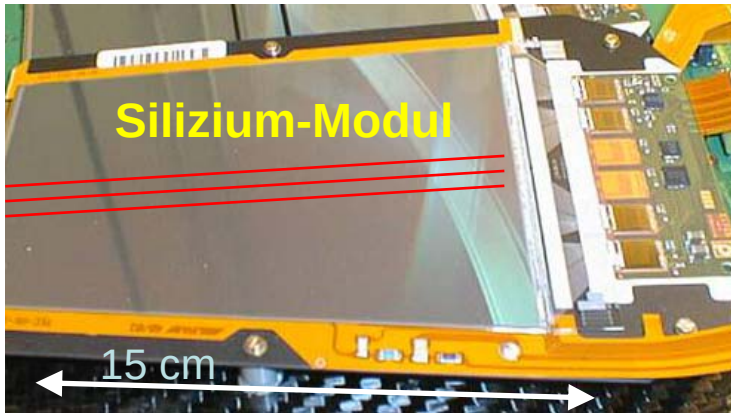
Online Computing **DESY**

CMS Siliziumstreifen-Spurdetektor



15000 Silizium-Module

10 Millionen Streifen



Endkappen ← Deutschland

Aachen IB, Aachen IIIB, Hamburg, Karlsruhe

Mit 210 qm Detektorfläche größter je gebauter Streifendetektor

Messgenauigkeit ~ 20 Mikrometer

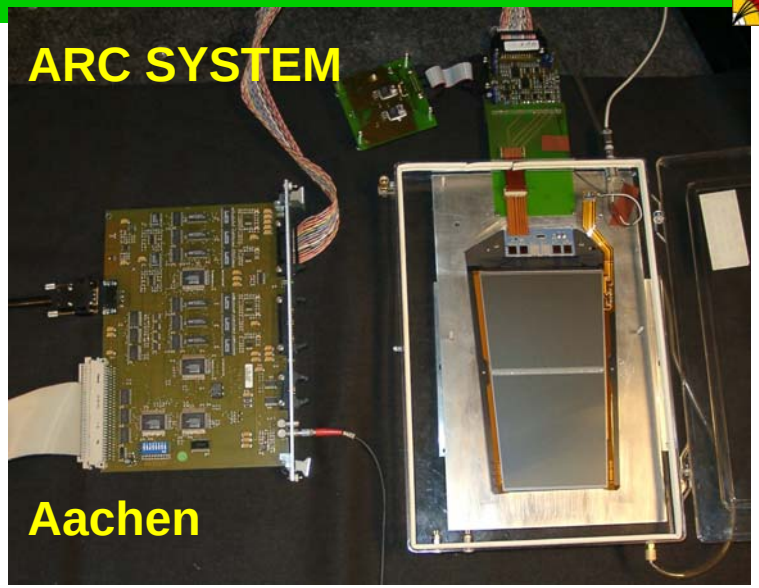
Deutscher Anteil: ein Viertel

CMS Siliziumstreifen-Einzelmodule

Qualitätskontrolle von Modulen (Karlsruhe)

8000 Silizium-Module wurden getestet

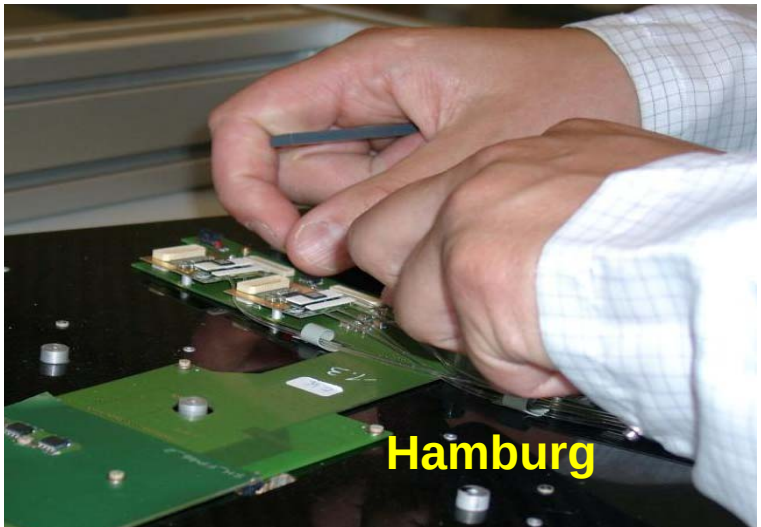
Alle Arbeiten in den Unis erfolgreich abgeschlossen !



Mess-Elektronik (Aachen III B)

wird von allen beteiligten Instituten weltweit verwendet.

S. Schael =
CMS-Endkappen-Koordinator
(bis 2006)

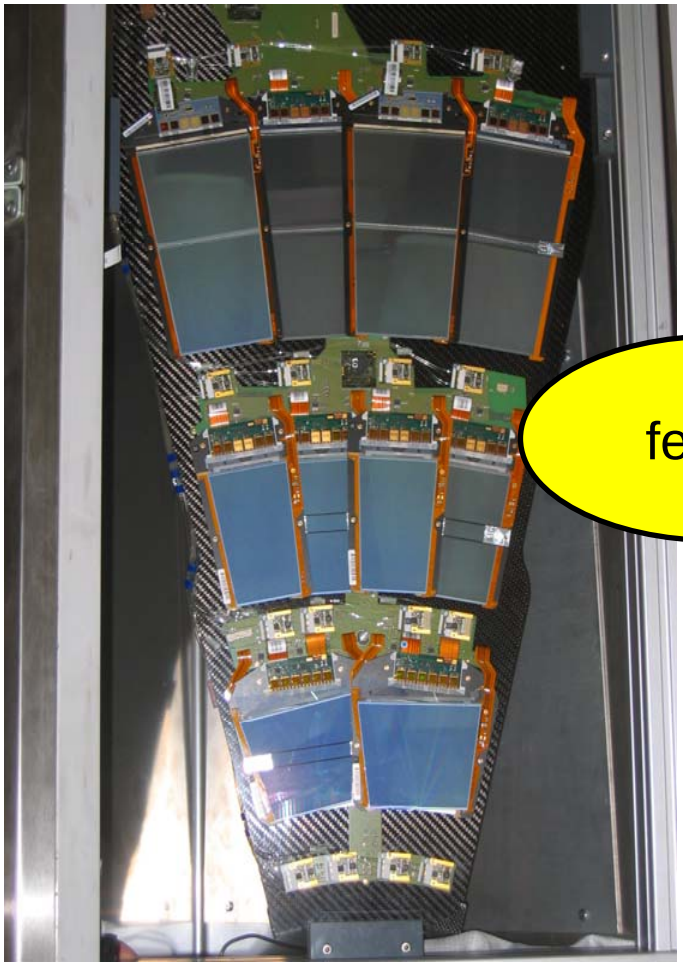


Optische Daten-Übertragung (Hamburg)

Montage von Elektronik für Optische Fasern

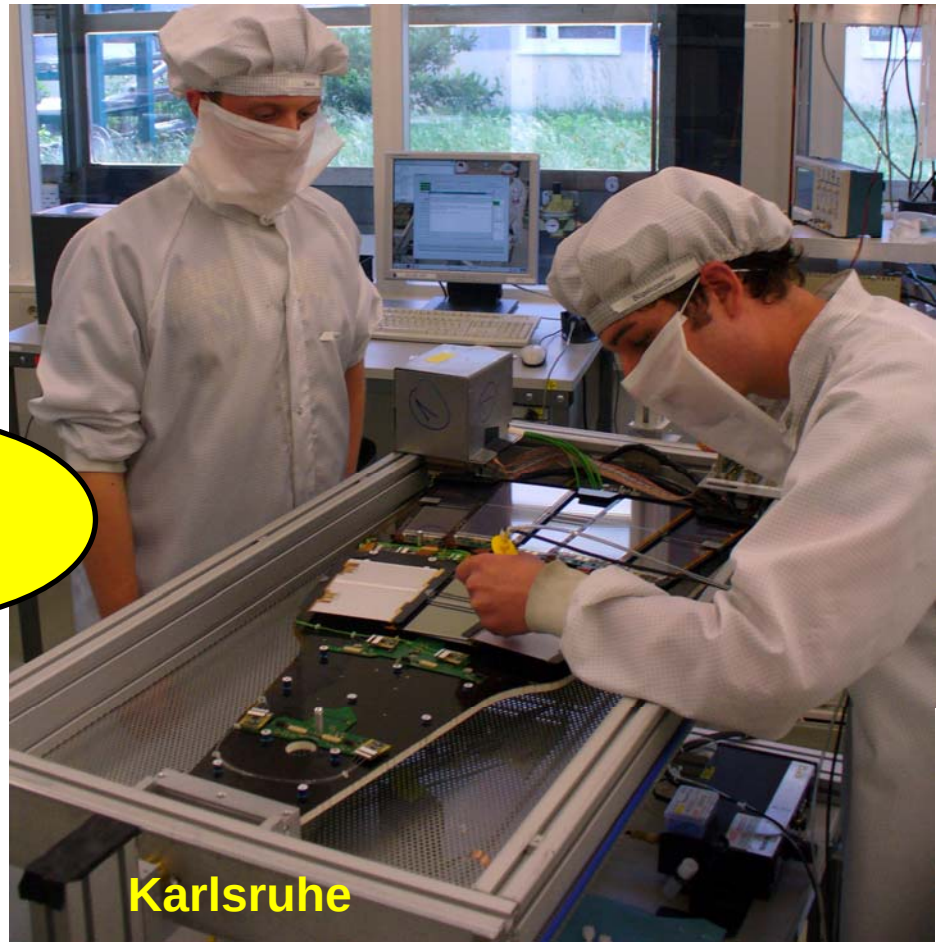
CMS Silizium-Großmodule

Zusammenbau und Tests Von Großmodulen



90cm

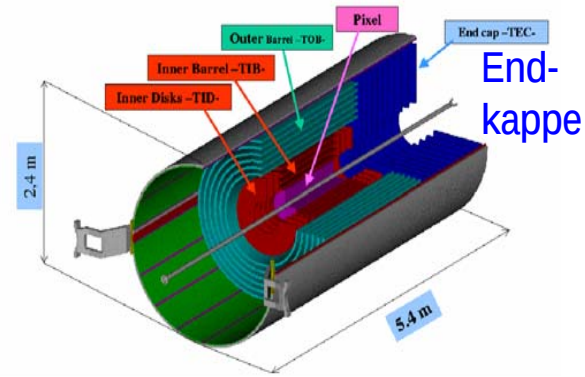
fertig !

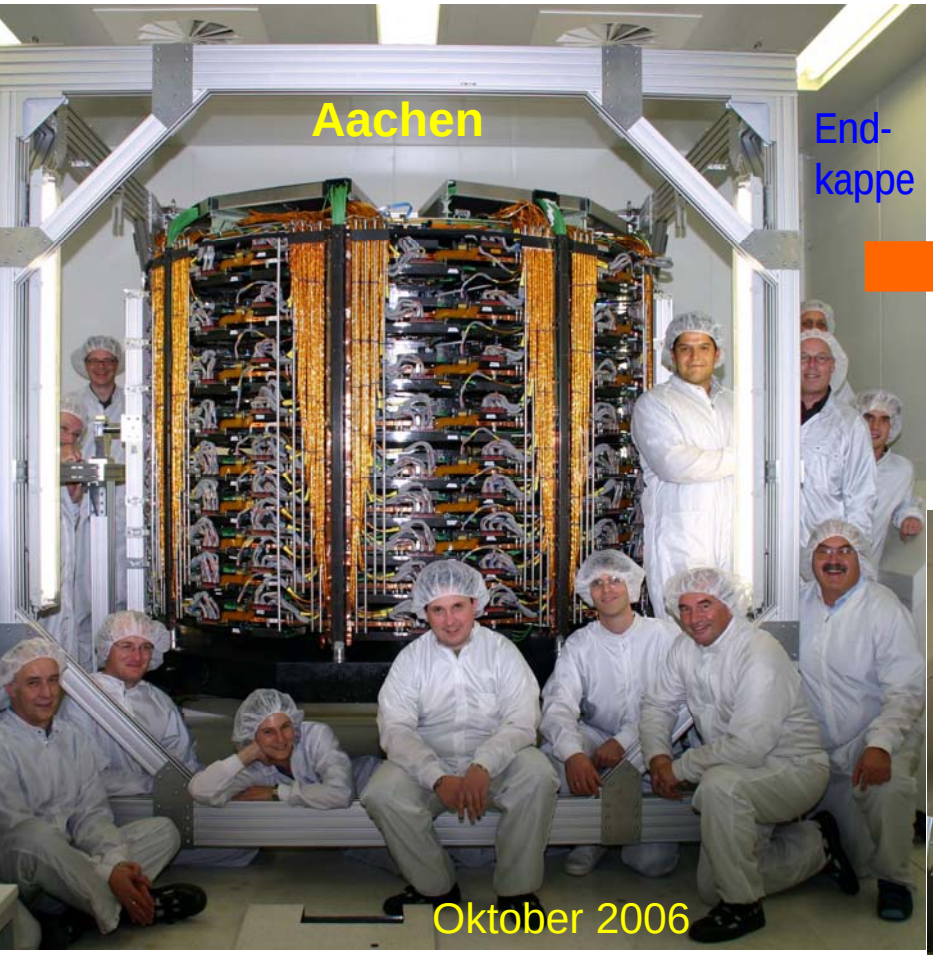


144 Großmodule pro Endkappe

Aachen I B, Aachen III B, Hamburg, Karlsruhe

CMS Siliziumdetektor-Endkappe

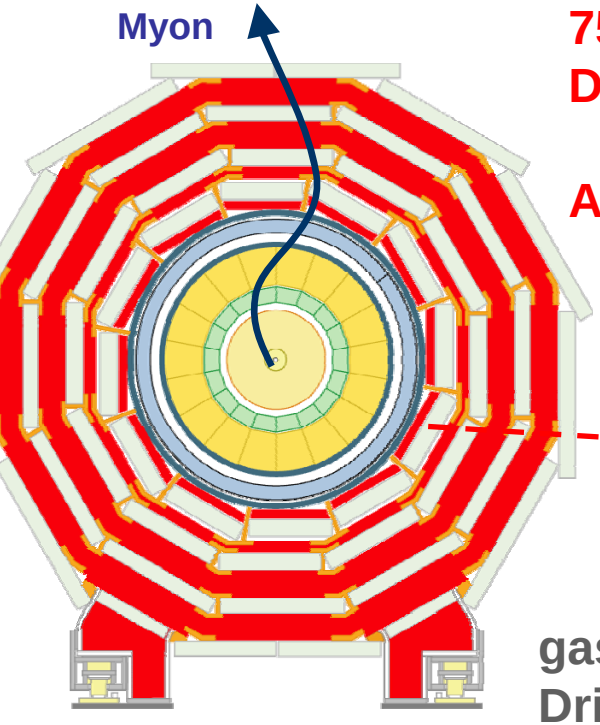




Zusammenbau der Silizium-Detektoren am CERN

Fertiggestellte Tracker-Endkappe vor dem Transport zum CERN (Aachen I B)

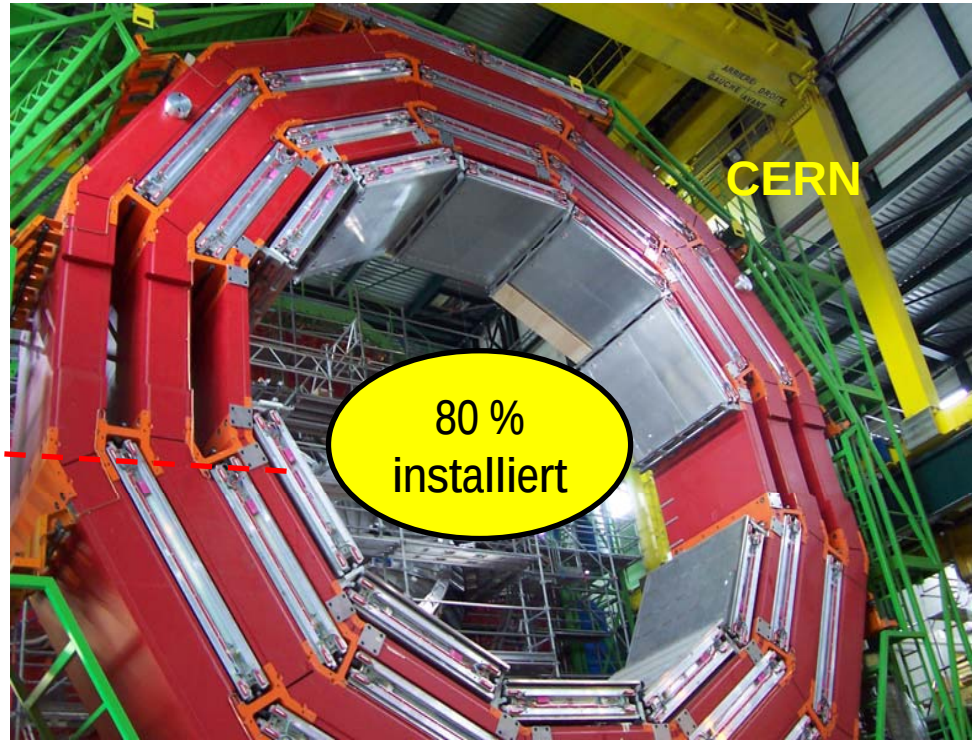
CMS Zentrale Myon-Spurdetektoren



75 Myon-Detektoren

Aachen III A

gasgefüllte Driftkammern



H. Reithler = Technischer Koordinator

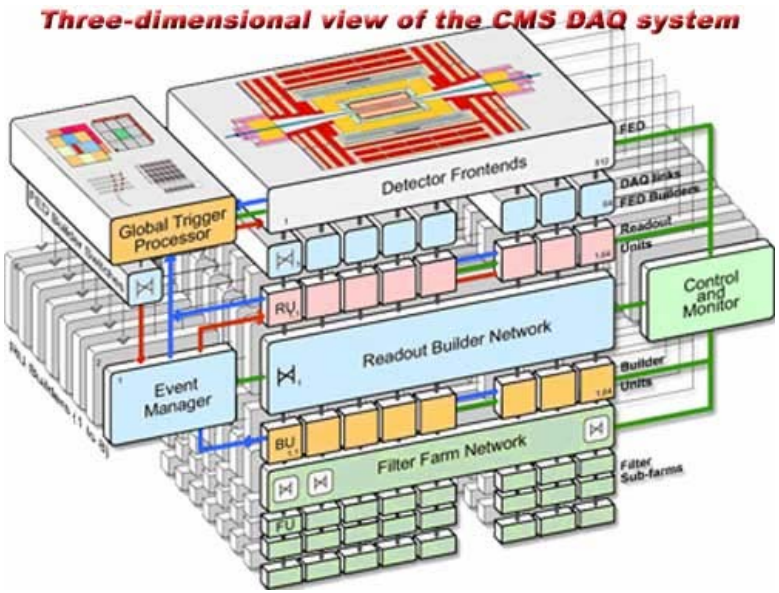
Detektorfläche insgesamt=18000 qm

Messgenauigkeit ~ 200 Mikrometer

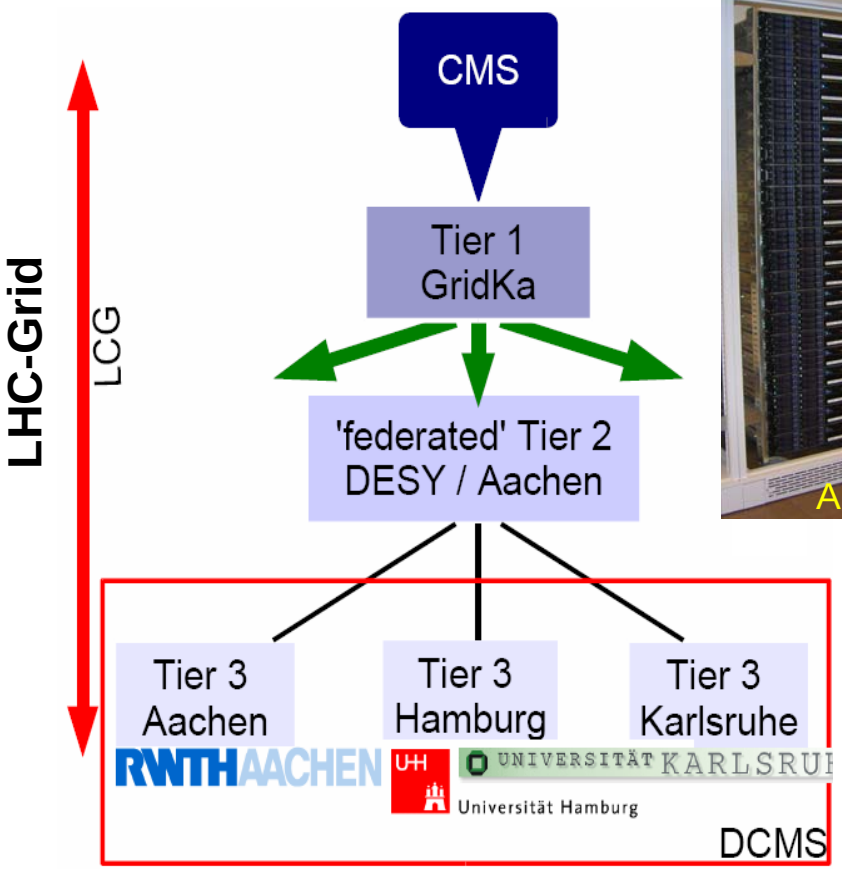
Deutscher Anteil: ein Viertel

CMS Datenverarbeitung in Deutschland

Online Computing (DESY)



Offline Computing FSP-CMS



M. Kasemann = CMS – Computing – Koordinator

CMS insgesamt:
50.000 TeraBytes pro Jahr
100.000 CPUs

CMS Physik-Programm

- **Higgs-Boson**
- **Neue Teilchen, z.B:**

  Supersymmetrische Teilchen

  schwere Eichbosonen
- **Schwere Quarks**

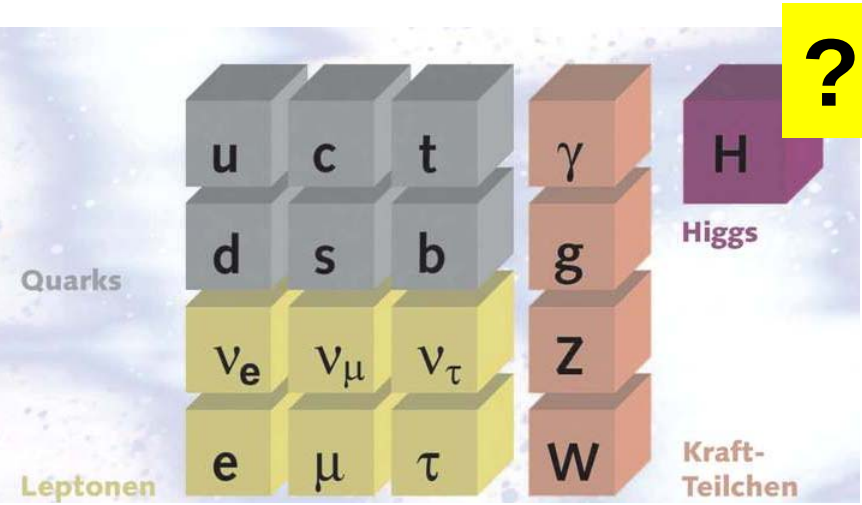
  Top

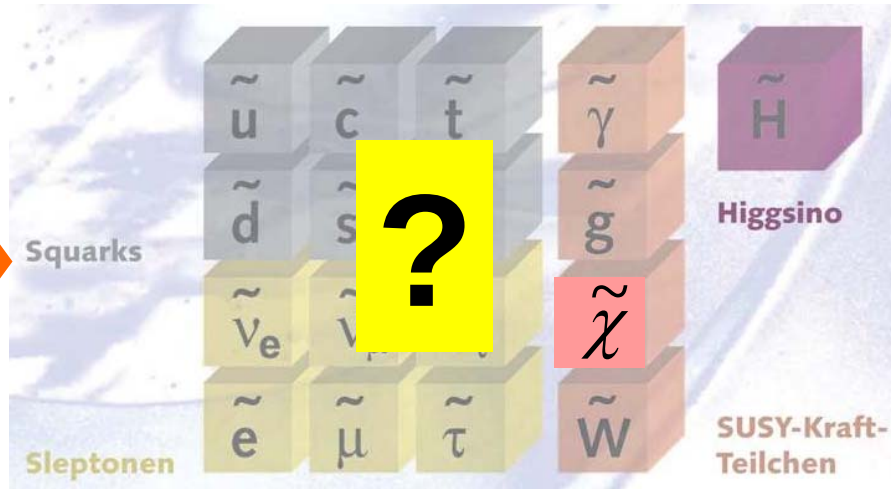
  Bottom
- **....**

J. Mnich = Analyse-Koordinator Top-Quarks

K. Rabbertz = Analyse-Koordinator Starke Kraft

SUSY = Supersymmetrie





Gut bekannte

Materie- und Kraft-Teilchen

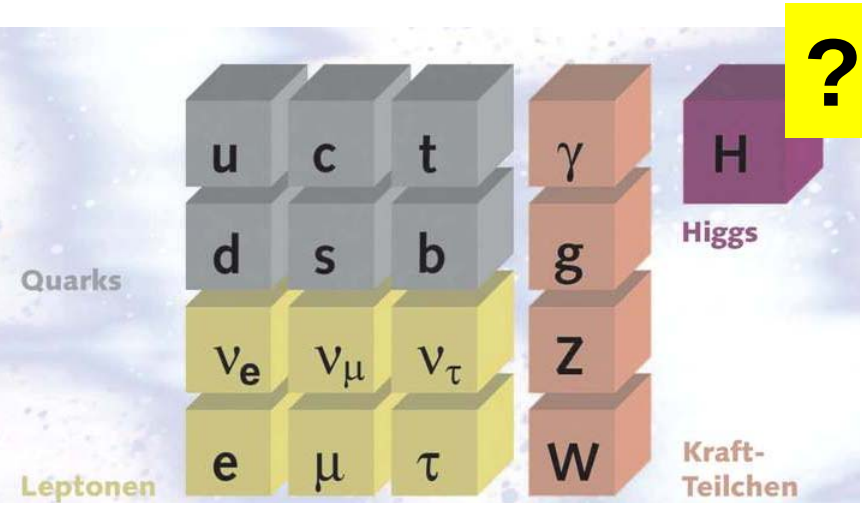
(frühere Beschleunigerexperimente)

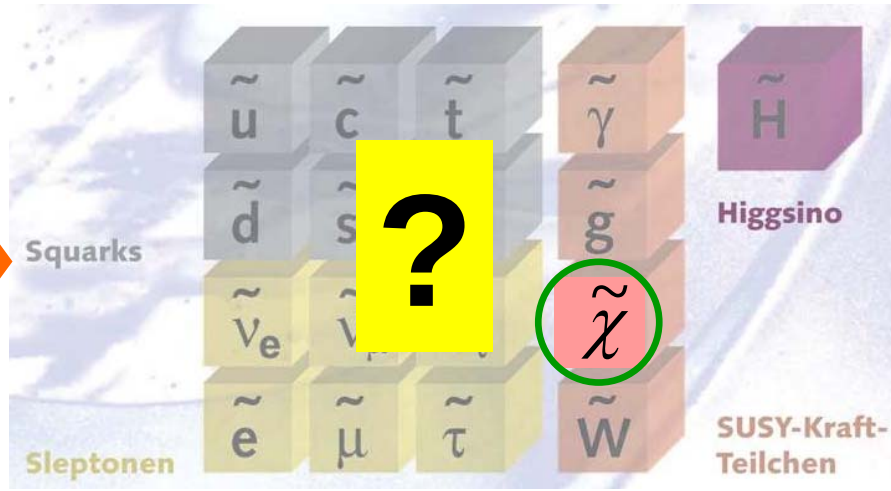
Theoretisch vorhergesagte

Supersymmetrische Partnerteilchen

(bisher nicht gefunden)

SUSY = Supersymmetrie



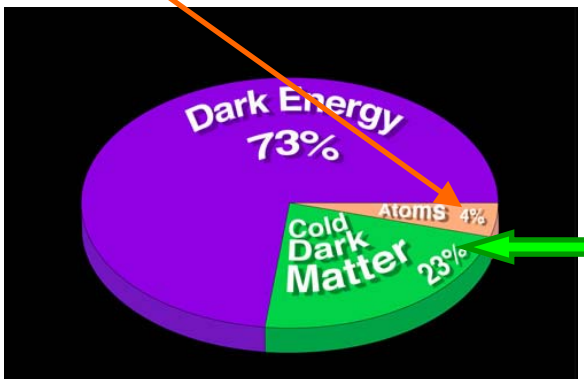


Gut bekannte

Materie- und Kraft-Teilchen

Theoretisch vorhergesagte

Supersymmetrische Partnerteilchen



$\tilde{\chi}$ = Neutralino

= dunkle Materie im Kosmos ?

Analyse-Vorbereitung: Beispiel Supersymmetrie

SUSY-Teilchen

viele normale Teilchen

$$p + p \rightarrow \tilde{\chi}_2 + \tilde{\chi}^+ + X$$

MONTE CARLO SIMULATION

Karlsruhe

Zerfall

Leptonen

(e, μ)

+ $\tilde{\chi}$

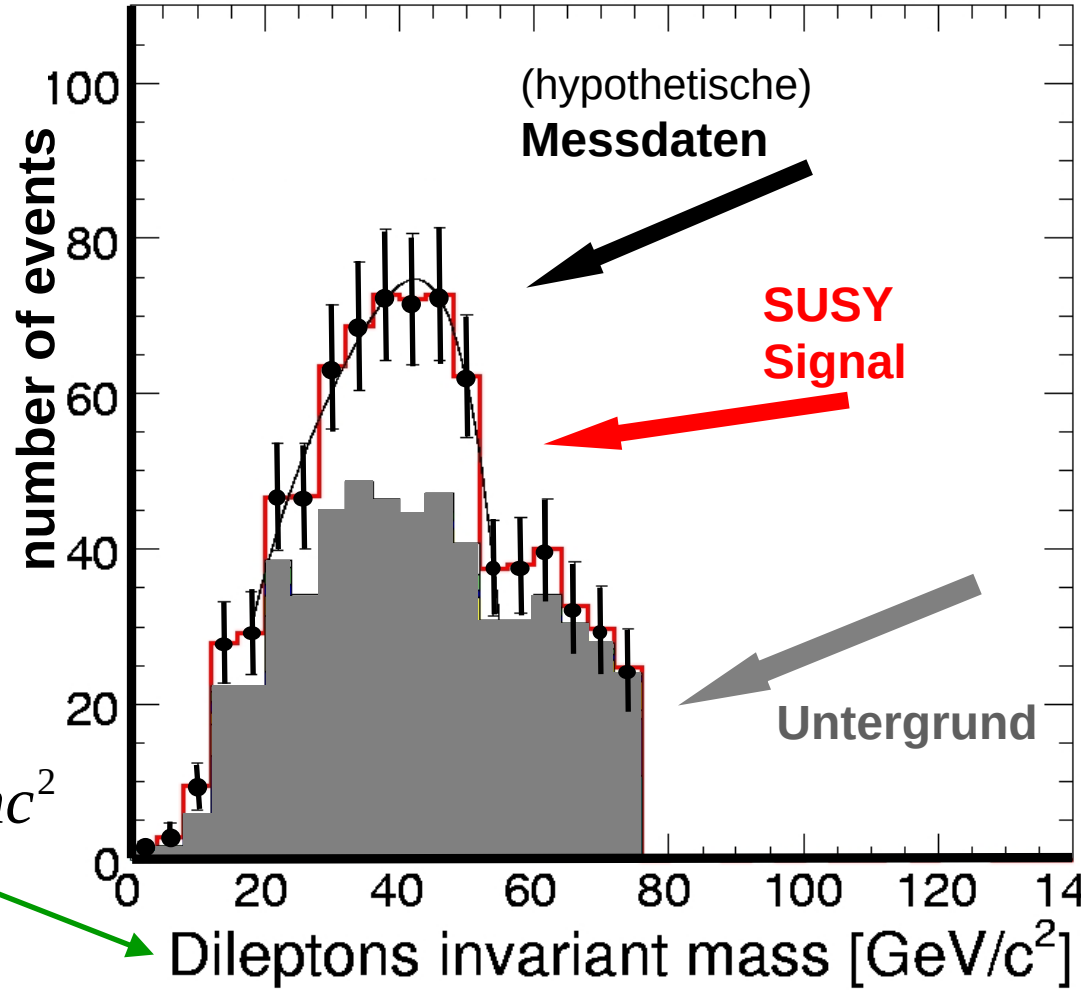
unsichtbar

Leptonen

(e, μ)

+ $\tilde{\chi}$

unsichtbar



- **Identifikation Leptonen**
- **Messung Leptonenergie**
- **„invariante Masse“**

$$E = mc^2$$

>> Entdeckung <<

Zusammenfassung FSP-CMS

CMS-Detektor:

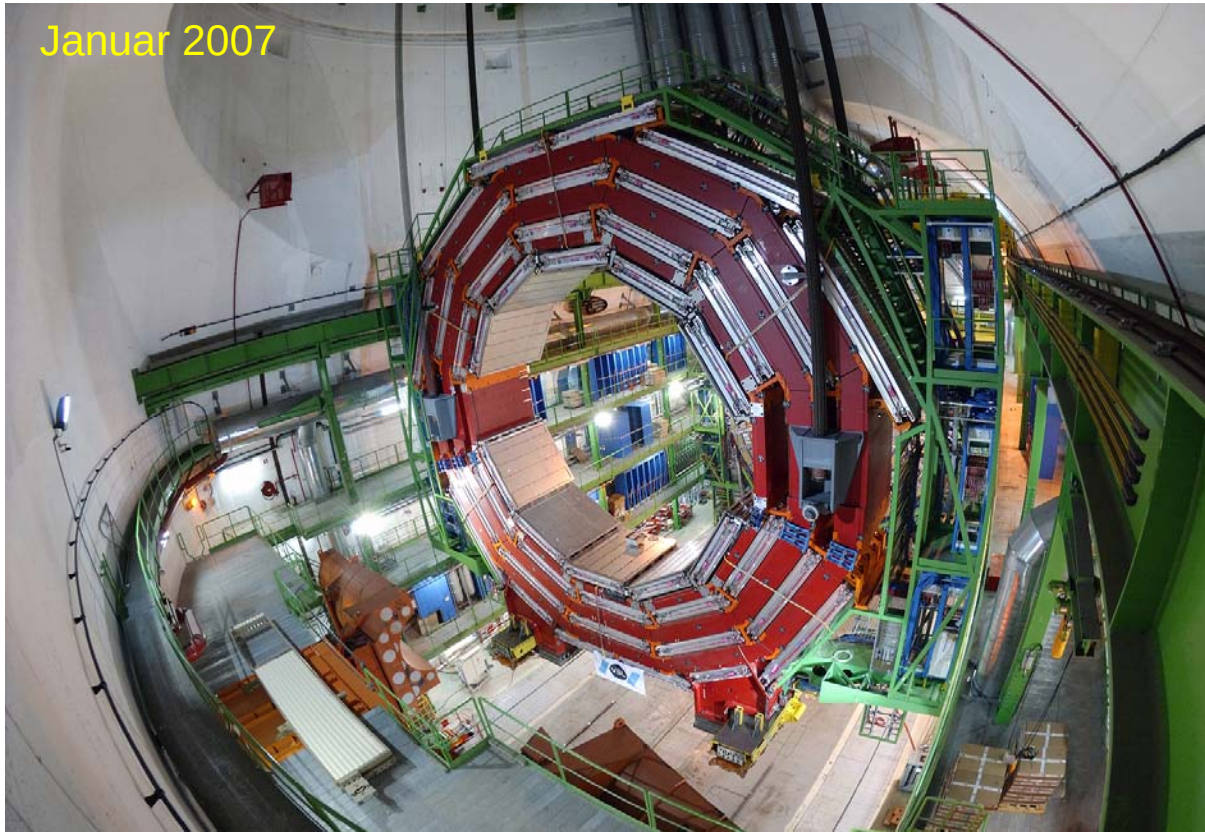
Präzisionsdetektor für Entdeckungen am LHC

zu 90% aufgebaut

Erste Tests erfolgreich bestanden

⇨ **betriebsbereit**

Sommer 2007

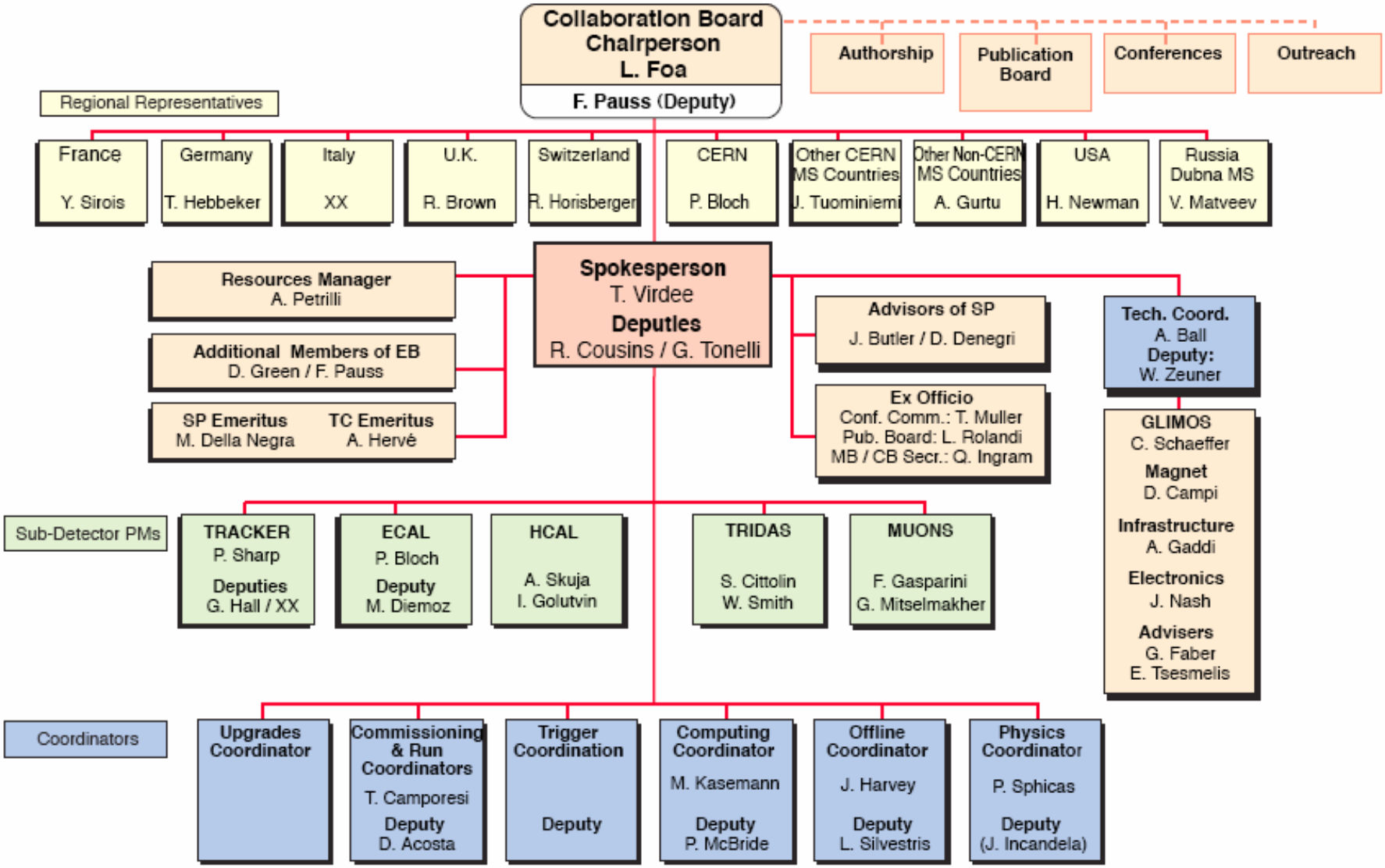


FSP-CMS:

- **Wichtige Detektorkomponenten entwickelt und konstruiert**
- **Computing und Datenanalyse werden vorbereitet**

ANHANG

CMS Management Board



CMS-Aufträge an Deutsche Firmen

Größere Aufträge an deutsche Firmen im Rahmen des CMS-Projektes

Stand 01.01.2007

CMS-Magnet:

5 Eisenräder a 2000 Tonnen	Deggendorfer Werft DWE	15 Millonen Euro

Silizium-Spurdetektor:

Kohlefaser-Tragestrukuren. CMS Alignment-System etc	Advanced Composites ADCO, Aachen	500.000 Euro
Entwicklung von strahlenresistenten Detektoren	Institut für Mikrosensorik CiS, Erfurt	250.000 Euro

Myon-System:

I-Profile für Myonkammern	Firma Erbslöh, Velbert	300.000 Euro
Rohre und Fittinge für die Gas- und Wasserverrohrung	Firma B.E.S.T., Bornheim	150.000 Euro
Klebedosiereinheit für das Verkleben der Kammerteile	Firma Rampf Klebetechnik, Schramberg	100.000 Euro
Crimp-Blöcke für die Enden der Anodendrähte	Firma Uhrenteile, Binzen	100.000 Euro