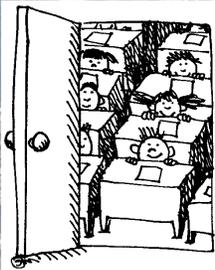
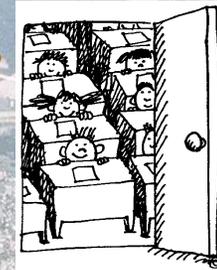


# Experimentelle Teilchenphysik RWTH Aachen



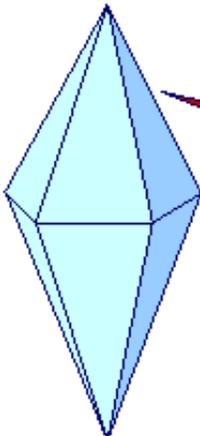
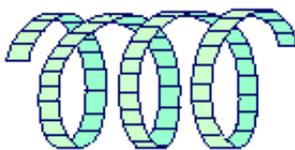
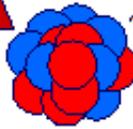
**Tag der offenen Tür**  
**16. Oktober 2007**



**Thomas Hebbeker**

- **Teilchenphysik = Elementarteilchenphysik + Astroteilchenphysik**
- **Institute und Ansprechpartner**
- **Forschungsprojekte Aachen**
- **Institutsbesichtigungen**

# Die Struktur der Materie

Kristall Molekuel	Atom	Atom-Kern	Elementar- teilchen	
 			<p><b>Hadronen</b></p> <p><b>Mesonen</b></p>  <p><b>Baryonen</b></p>  <p><b>Proton Neutron</b></p>	 <p><b>Leptonen</b> <math>e, \mu, \tau, \nu_e, \nu_\mu, \nu_\tau</math></p> <p>punktfoermig</p>  <p><b>Quarks</b> <math>u, c, d, s, b, t</math></p>
1 cm	$10^{-8}$ cm	$10^{-12}$ cm	$10^{-13}$ cm	?

Elementarteilchenphysik:

Erforschen „was die Welt im Innersten zusammenhält“

# Das Standardmodell der Teilchenphysik

Materie: Spin  $\frac{1}{2}$  - Fermionen:

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

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

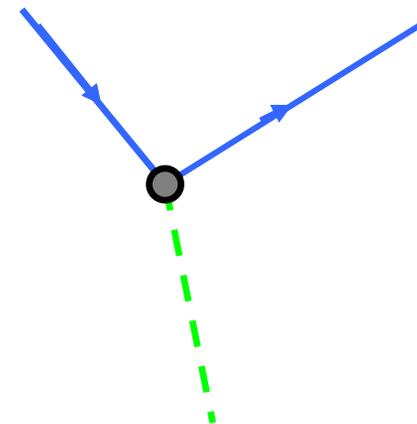
Wechselwirkungen: Spin 1 – Eichbosonen:

elektroschwach:

Photon	$\gamma$	masselos
Z-Boson	Z	91 GeV
W-Boson	$W^+$ $W^-$	80 GeV

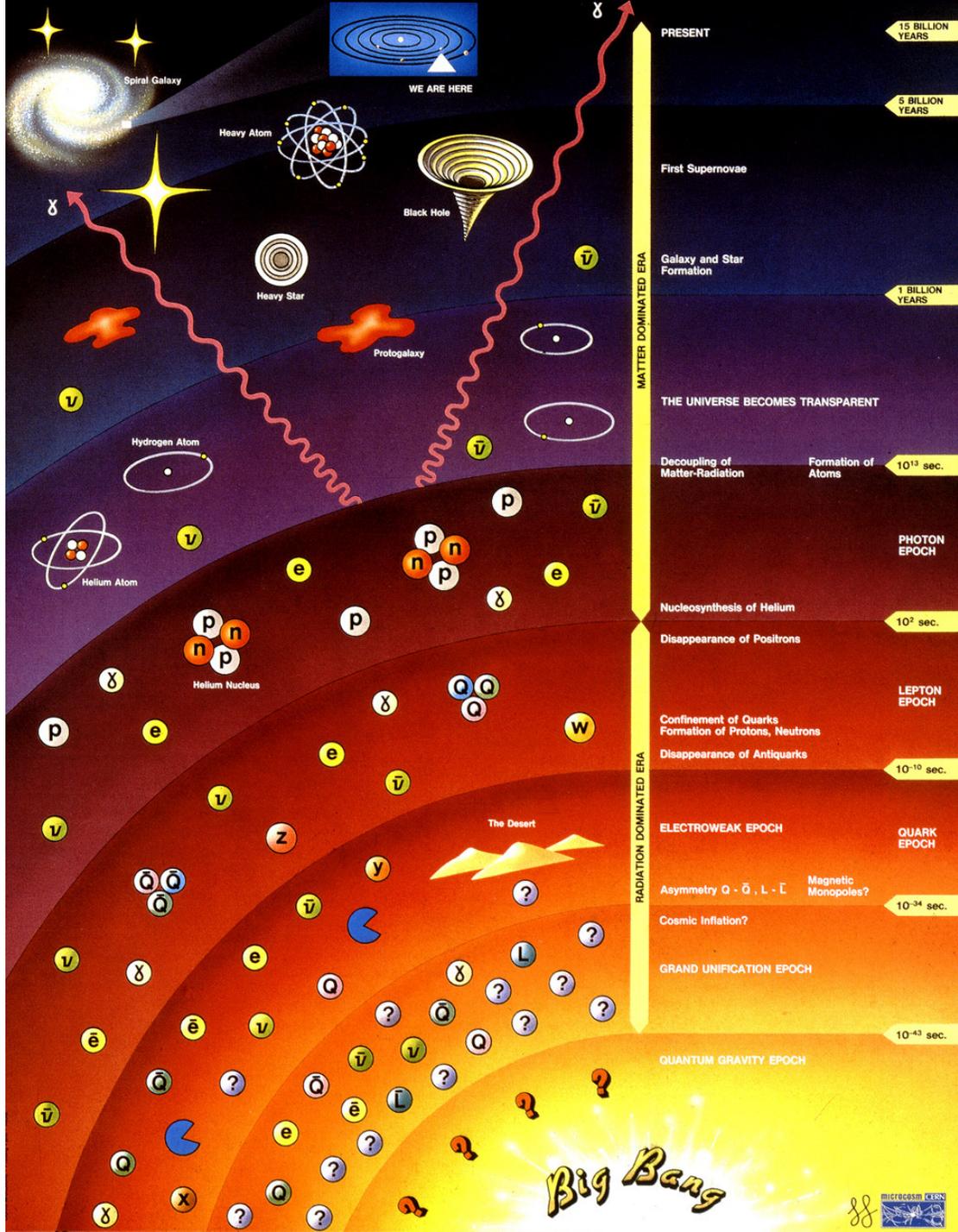
stark:

Gluon	g	masselos
-------	---	----------



Die experimentellen Daten werden akkurat beschrieben!

# Teilchenphysik und Kosmologie



Dunkle Materie =  
Neutralino ?  
(Supersymmetrie)

Teilchenbeschleuniger  
untersuchen Prozesse  
 $10^{-10}$  s nach dem Urknall

Materie- Antimaterie-  
Asymmetrie ?

# Teilchenphysik und Astrophysik

- Dunkle Materie
- hochenergetische Strahlung

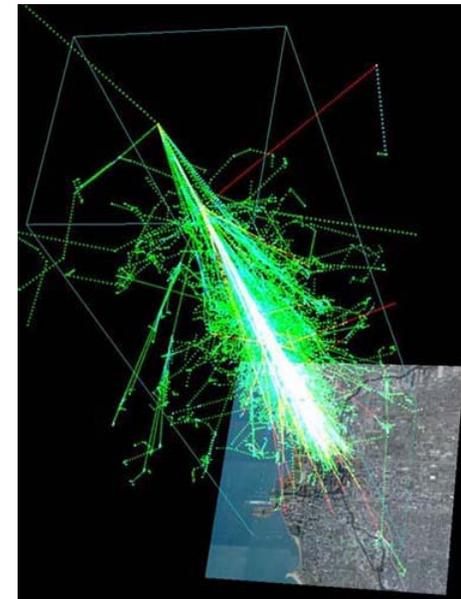


Zusammensetzung Universum

# Fundamentale Fragen und Antworten

## In den letzten Jahren beantwortet:

- Top-Quark ? **Ja! 175 GeV**
- Zahl der Lepton/Quark – Familien ? **3**
- Standardmodell = genaue Beschreibung der Natur ? **Ja < %**
- Neutrino-Masse ? **Ja!  $\nu_\tau \sim 0.05 eV$**
- Hochenergetische Nukleonen  
aus dem Universum?  **$10^{11} GeV!$**



# Fundamentale Fragen

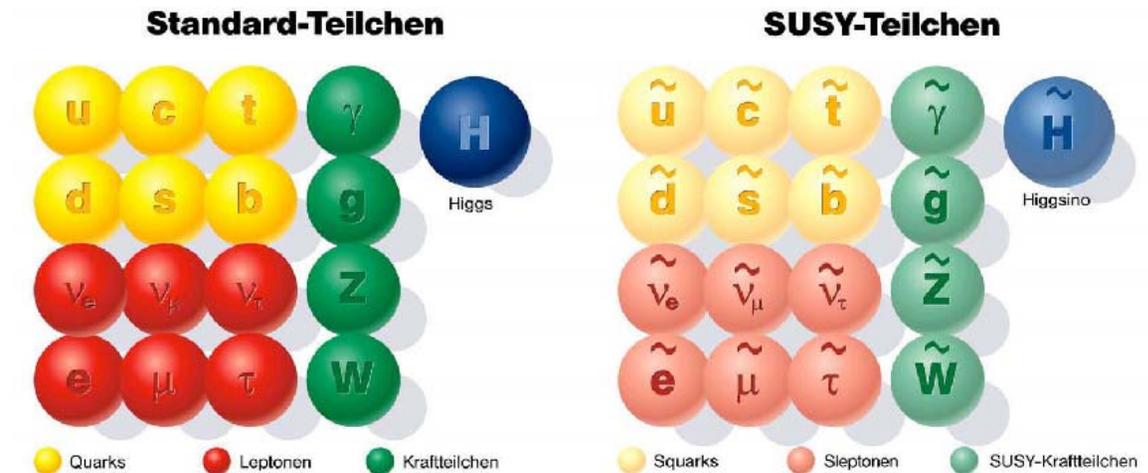
## Offene Fragen:

- Higgs-Boson ? (verantwortlich für alle Massen)

- Supersymmetrie ?

(Symmetrie

Materie-Kräfte)



- Dunkle Materie ? (unsichtbare Teilchen im Universum)

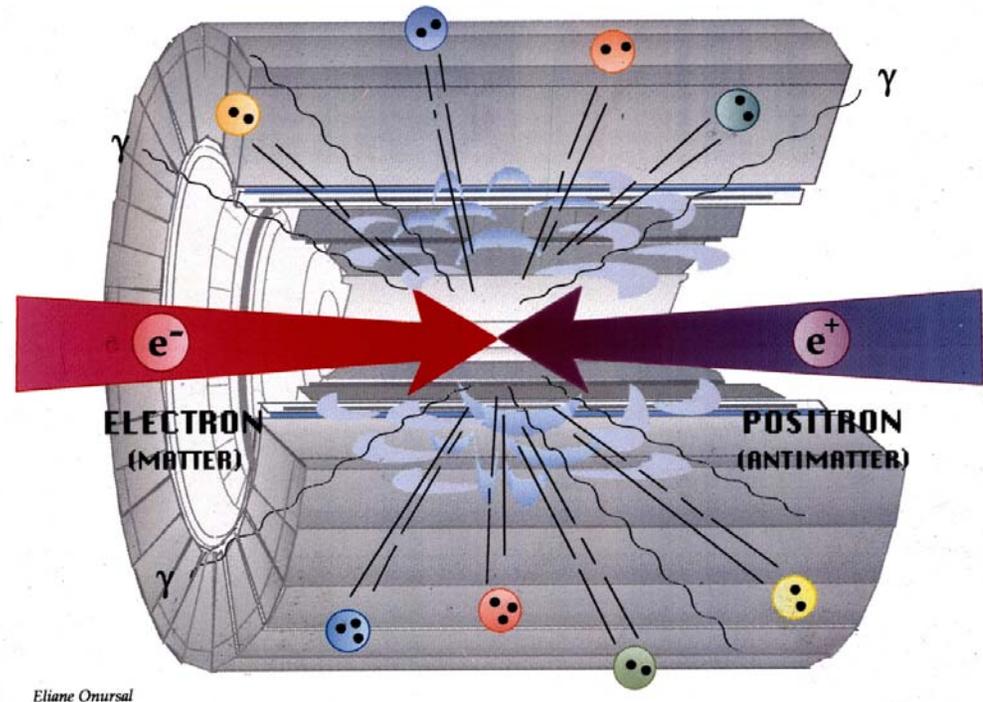
- Hochenergetische Neutrinos aus dem Kosmos ?

- Antimaterie im Universum ?

# Methoden der Teilchenphysik

## Werkzeuge:

- Teilchenbeschleuniger
- Teilchendetektoren



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

Neue schwere Teilchen (Masse  $m$ ):

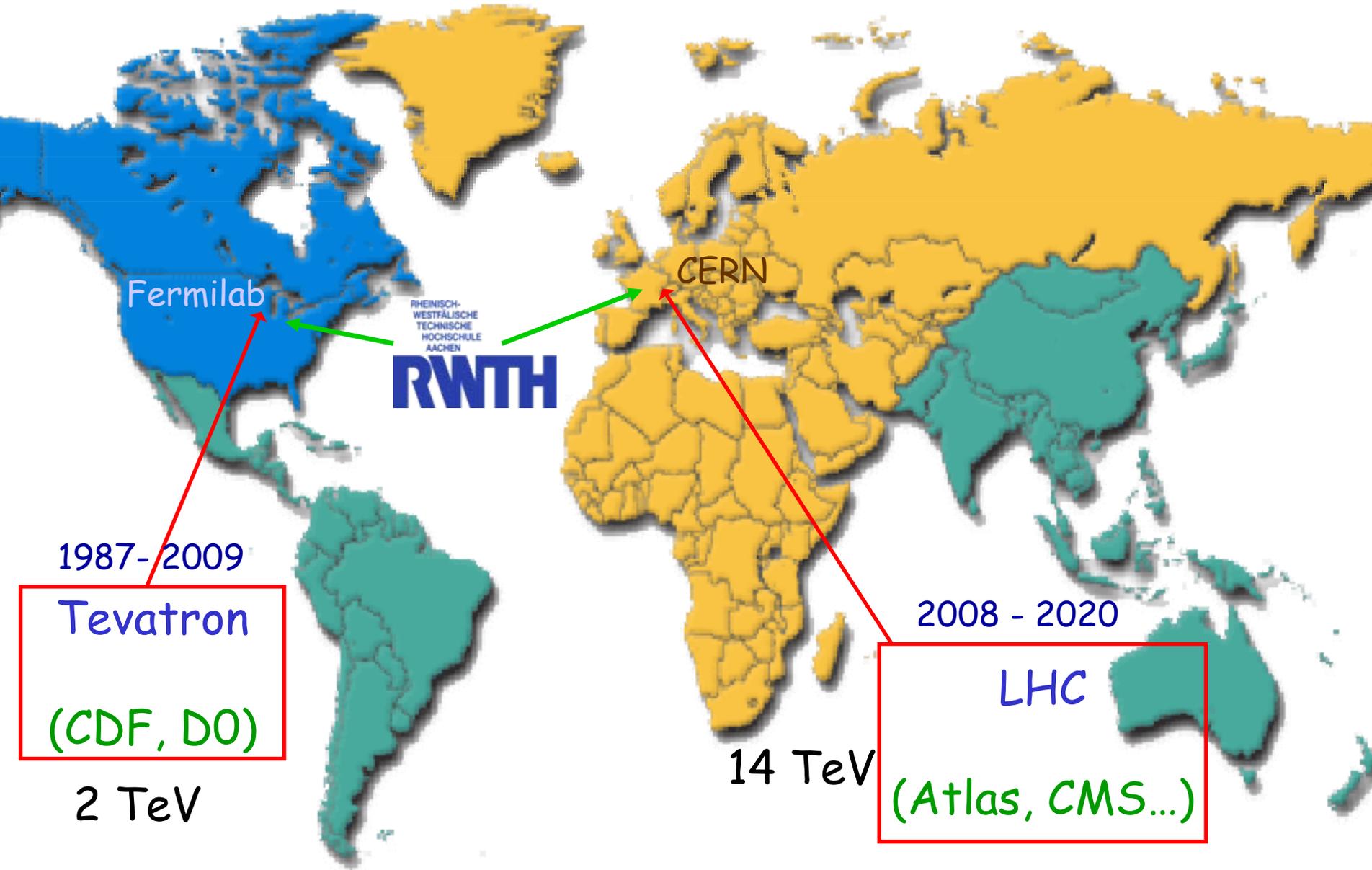
Studium der Kräfte bei hohen Energien:

(Big Bang!)

**HOHE**

**ENERGIE !**

# Hochenergie - Beschleuniger



Fermilab

RHEINISCH-  
WESTFÄLISCHE  
TECHNISCHE  
HOCHSCHULE  
AACHEN  
**RWTH**

CERN

1987-2009

Tevatron

(CDF, D0)

2 TeV

2008 - 2020

LHC

(Atlas, CMS...)

14 TeV

Large Hadron Collider

# Experimentelle Teilchenphysiker Aachen

## Institute, Ansprechpartner:

- **I. Phys. Inst. B**

- Prof. S. Schael



- Prof. L. Feld



- **III. Phys. Inst. A**

- Prof. T. Hebbeker



- Prof. M. Erdmann



- **III. Phys. Inst. B**

- Prof. A. Stahl



- Prof. C. Wiebusch



~ 50 Physiker

~ 20 Diplomanden/innen

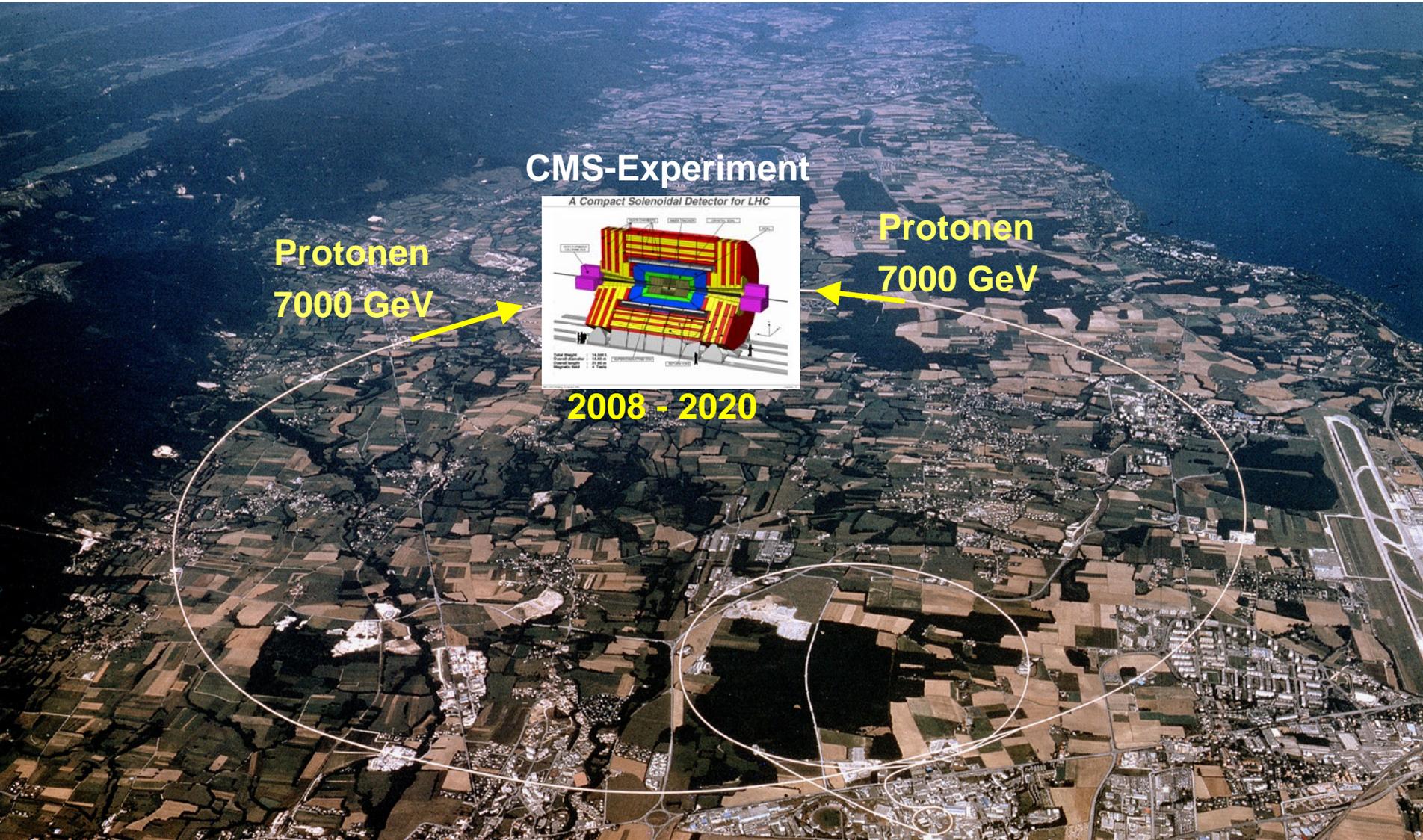
~ 30 Ing./Techniker

# Experimentelle Teilchenphysik Aachen

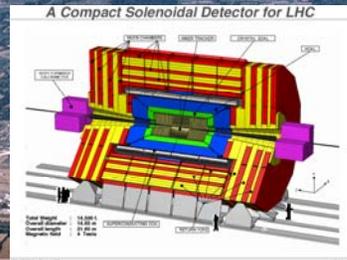
- **CMS-Experiment am Proton-Kollider LHC/CERN**  
(Erdmann, Feld, Hebbeker, Schael, Stahl)
- **D0-Experiment am Proton-Antiproton-Kollider Tevatron/Fermilab**  
(Erdmann, Hebbeker)
- **Neutrino-Experimente**  
(Stahl, Wiebusch)
- **AMS-Detektor auf der ISS und PEBS-Ballon-Experiment**  
(Schael)
- **Auger-Observatorium: höchstenergetische Teilchen aus dem Universum**  
(Erdmann, Hebbeker)
- **IceCube-Teleskop: Suche nach Neutrinos aus dem Weltall**  
(Wiebusch)



# LHC = Large Hadron Collider



## CMS-Experiment



Protonen  
7000 GeV

Protonen  
7000 GeV

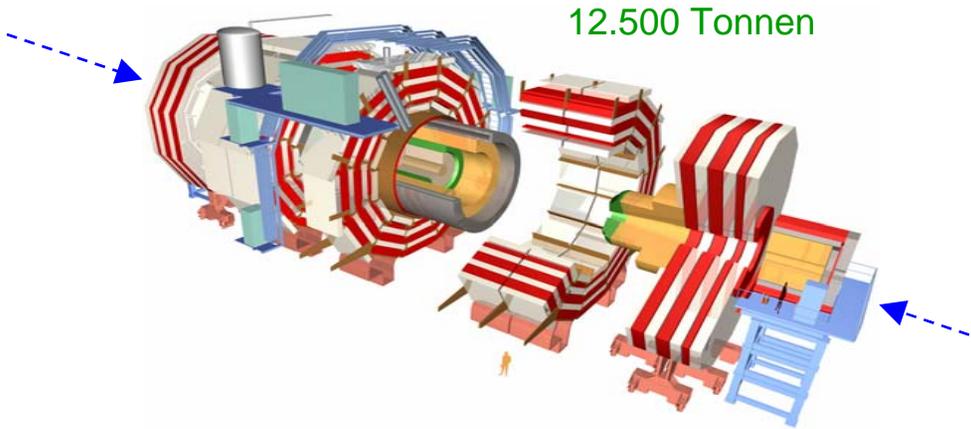
2008 - 2020

# LHC accelerator

Strahlenergie 7 TeV  
Supraleitende Magnete 8T 2K 14m



# CMS - Detektor



**80 Mio Detektorelemente**

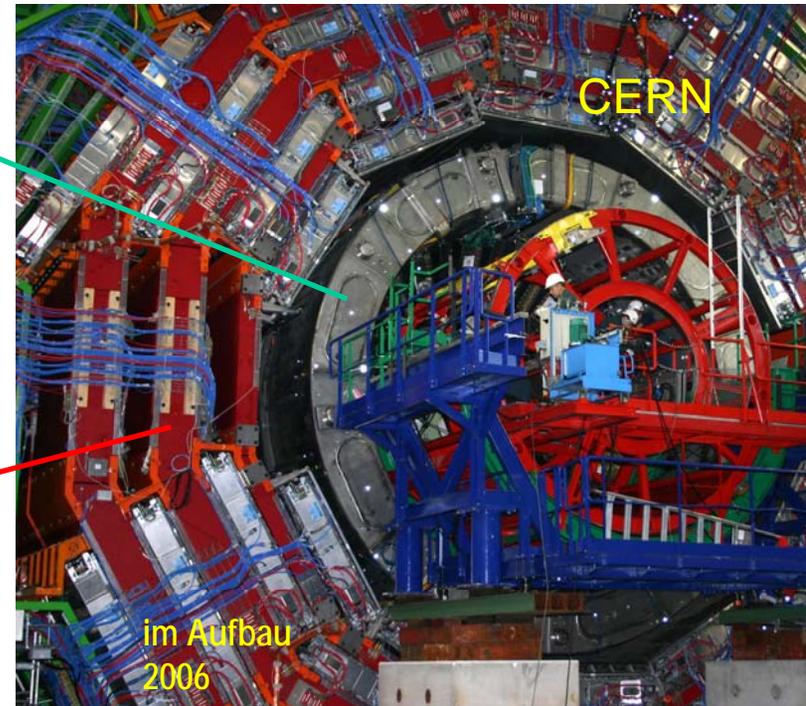
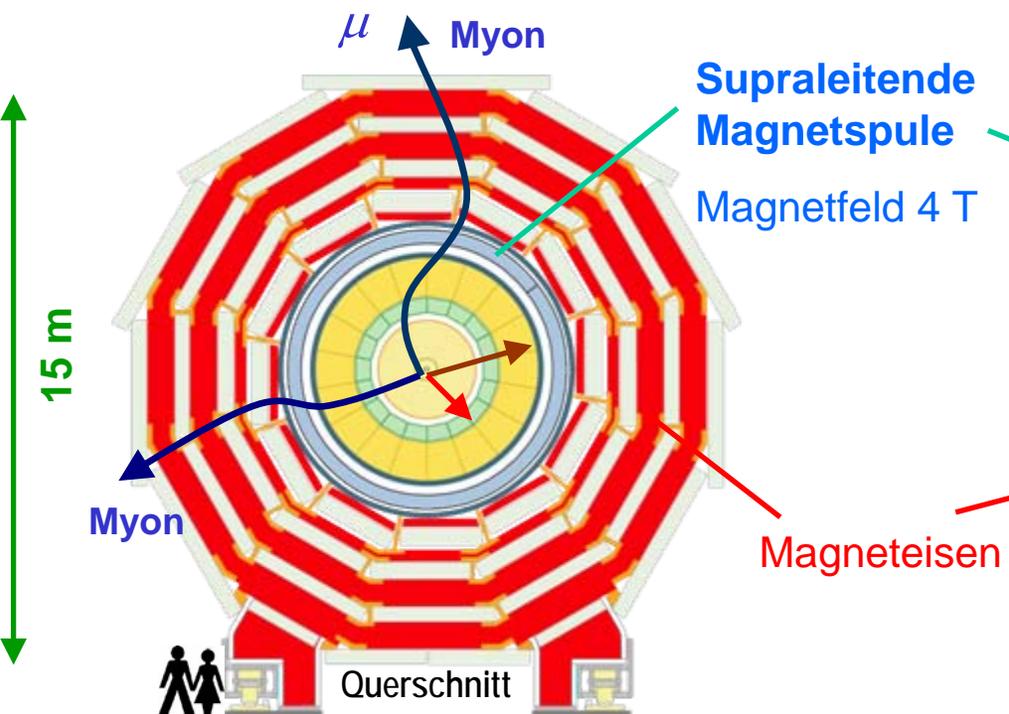
**350 Mio €**

**10 Jahre**

**2250 Physiker+Techniker**

**1000 Teilchen**

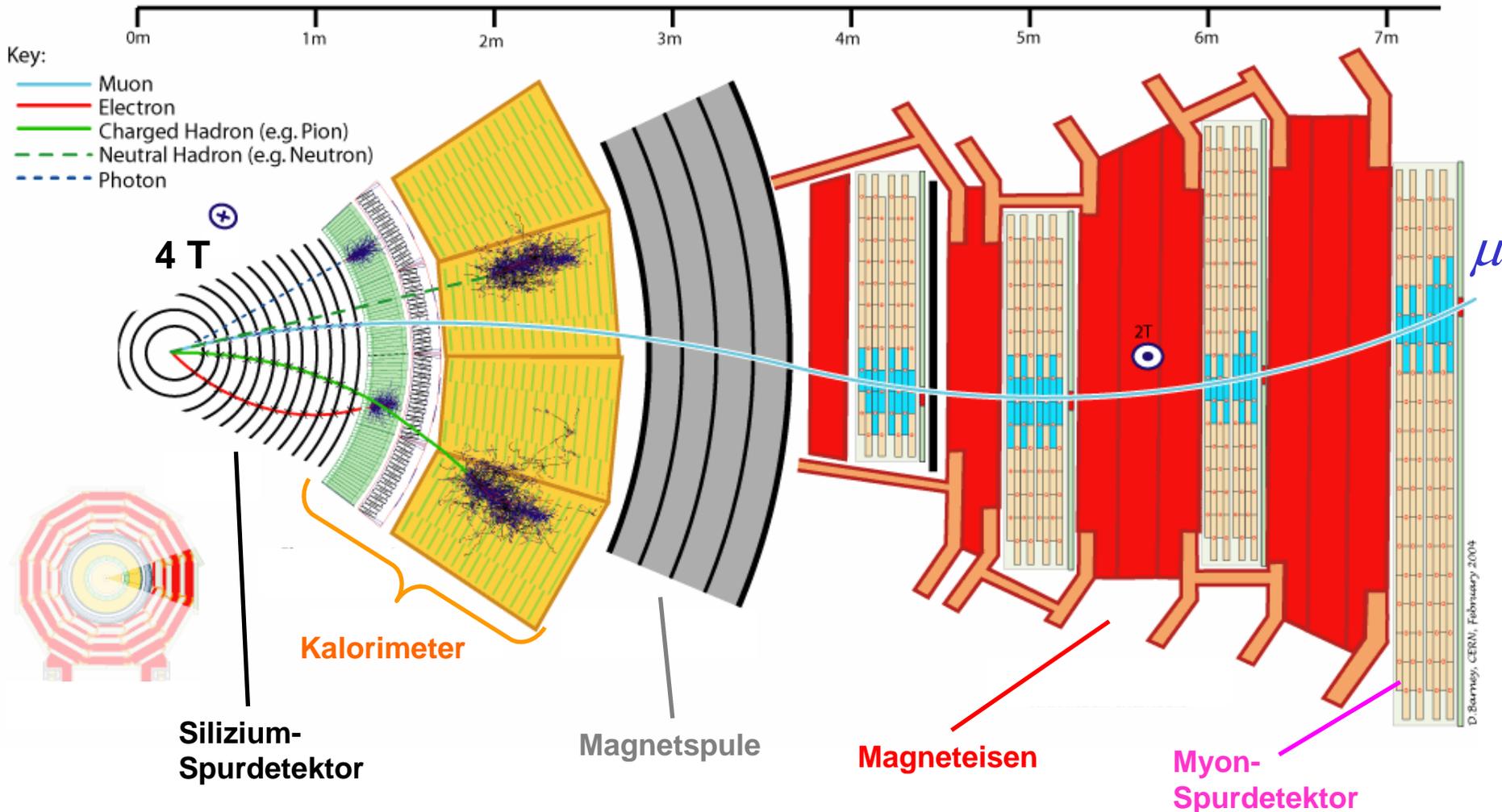
40 Millionen mal pro Sekunde



# CMS - Teilchenmessung

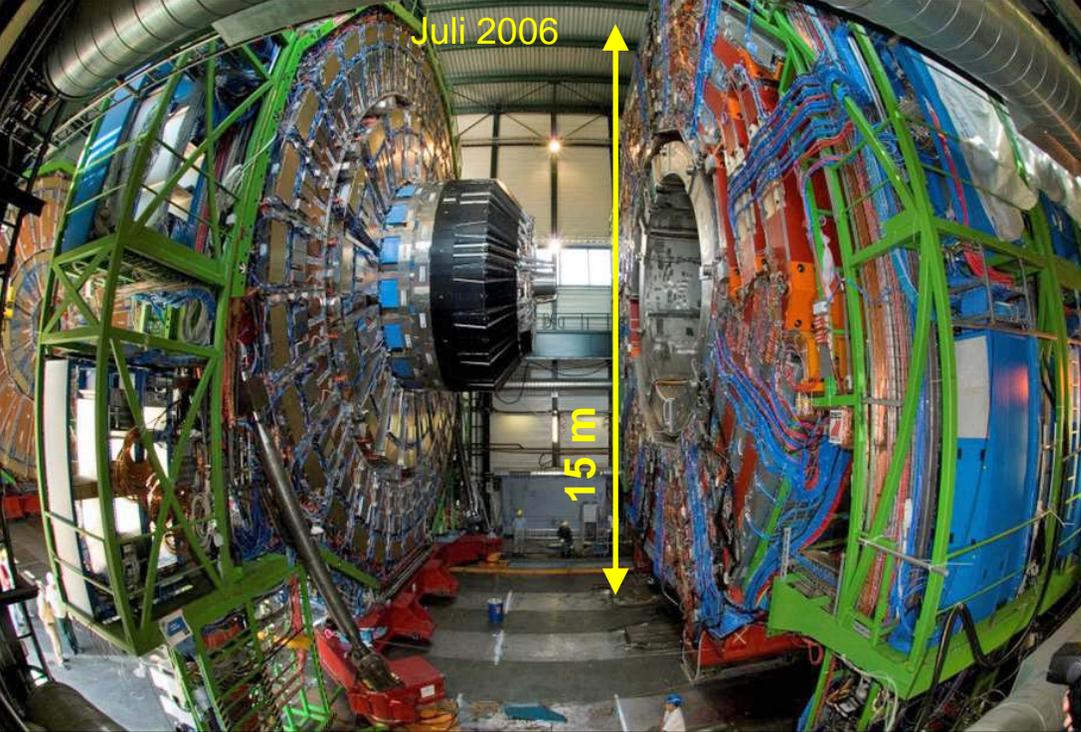
Magnetfeld + präzise Spurdetektoren:

genaue Energiemessung



# Status CMS

Fertigstellung:  
2008



Vorinstallation, Tests in  
Halle an Oberfläche



Kaverne im LHC-Tunnel  
90 m unter der Erde

# CMS: RWTH- Beiträge



Myon  $\mu$

Silizium-Spurdetektor

Aachen I B,  
Aachen III B

Kalorimeter

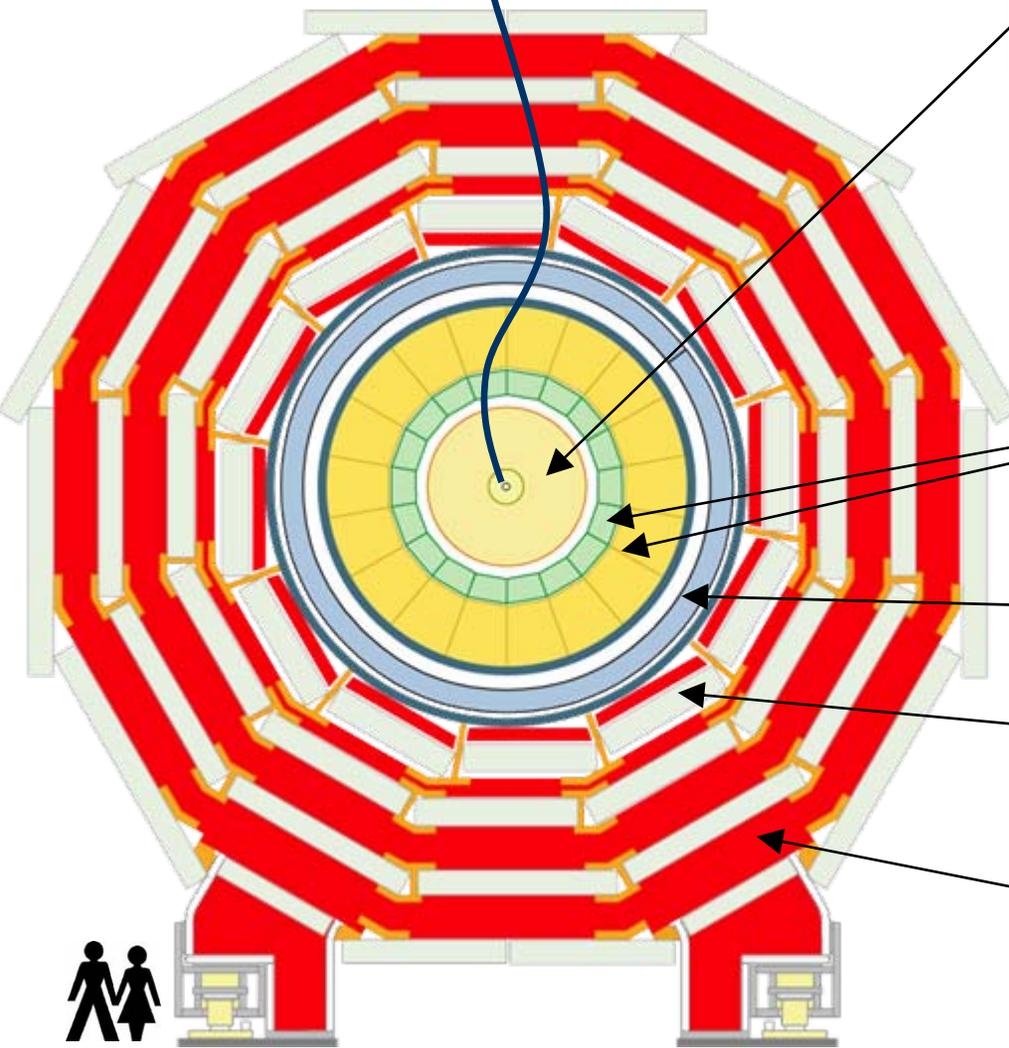
Supraleitender Magnet

Myon-Spurdetektor

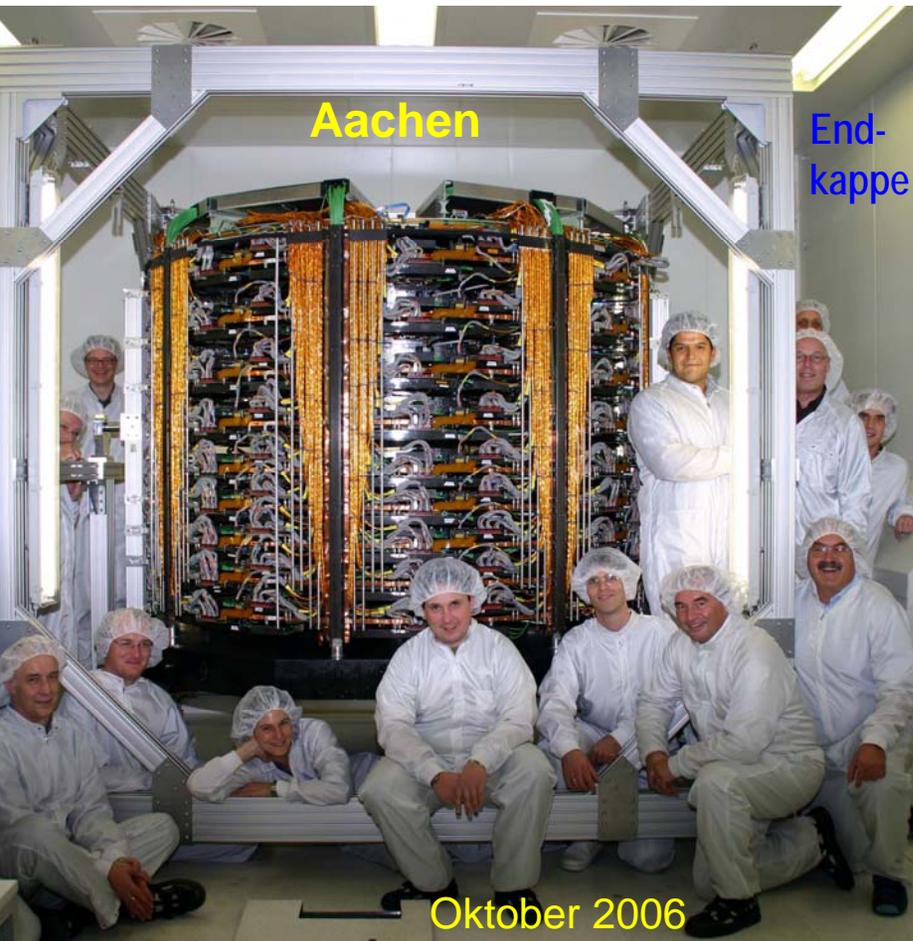
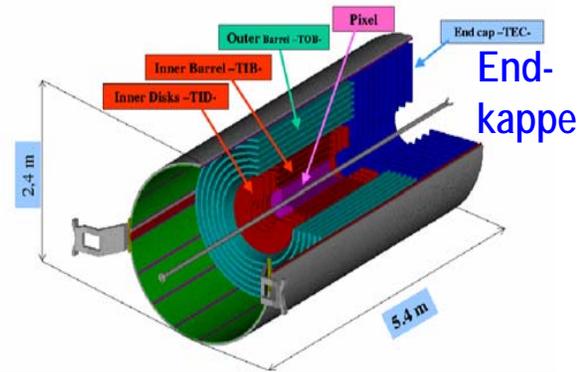
Aachen III A

Magneteisen

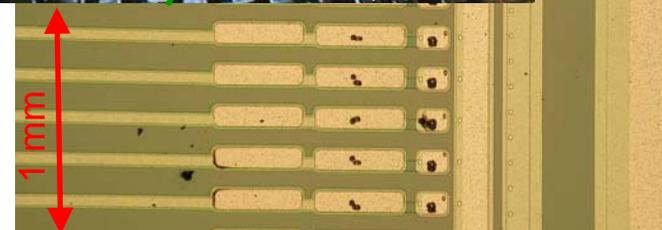
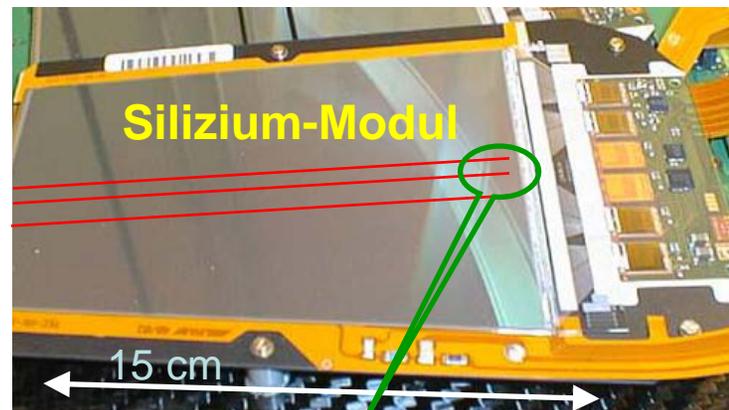
Vorbereitung Datenauswertung  
GRID Computing



# CMS Siliziumdetektor

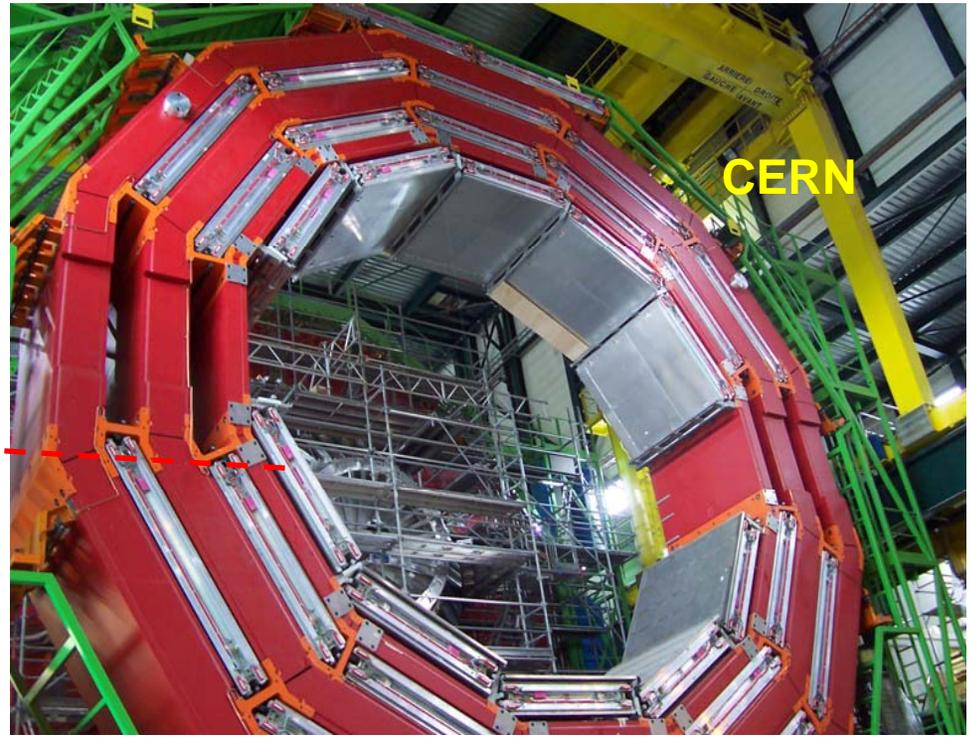
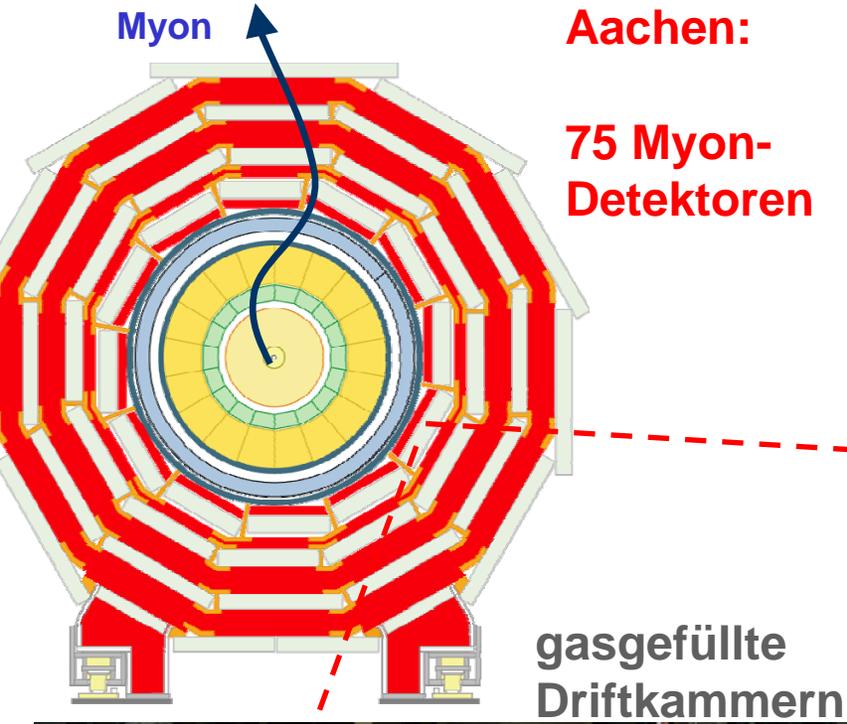


**15000 Silizium-Module**  
**10 Millionen Streifen**



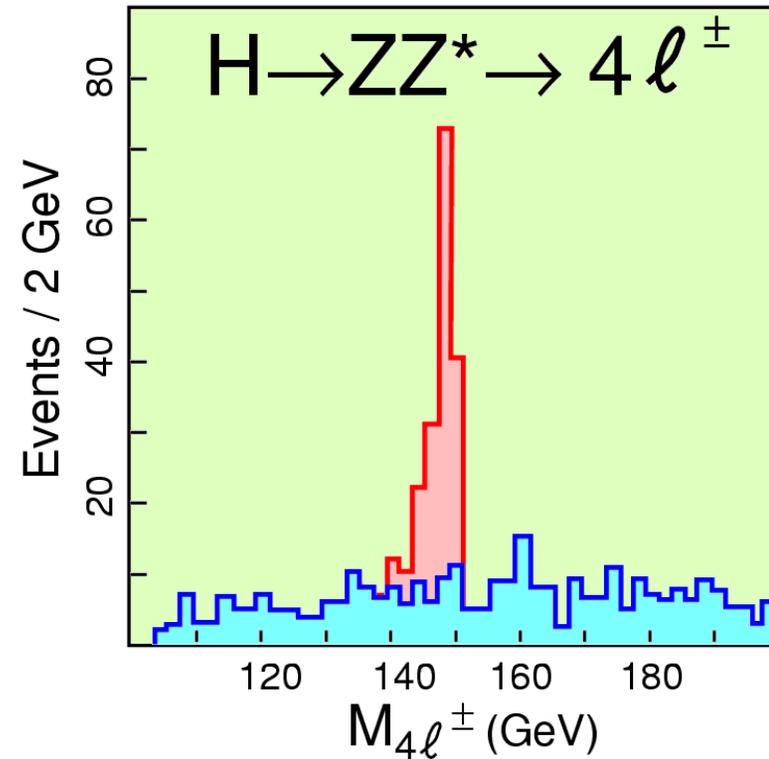
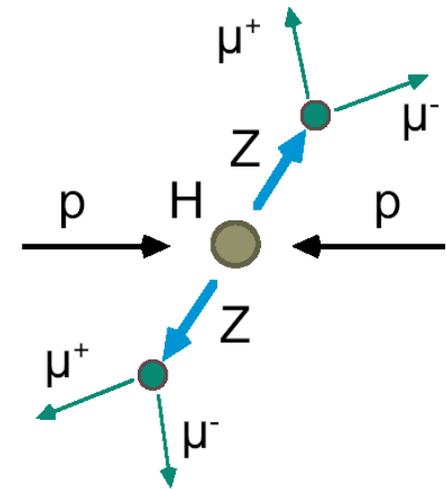
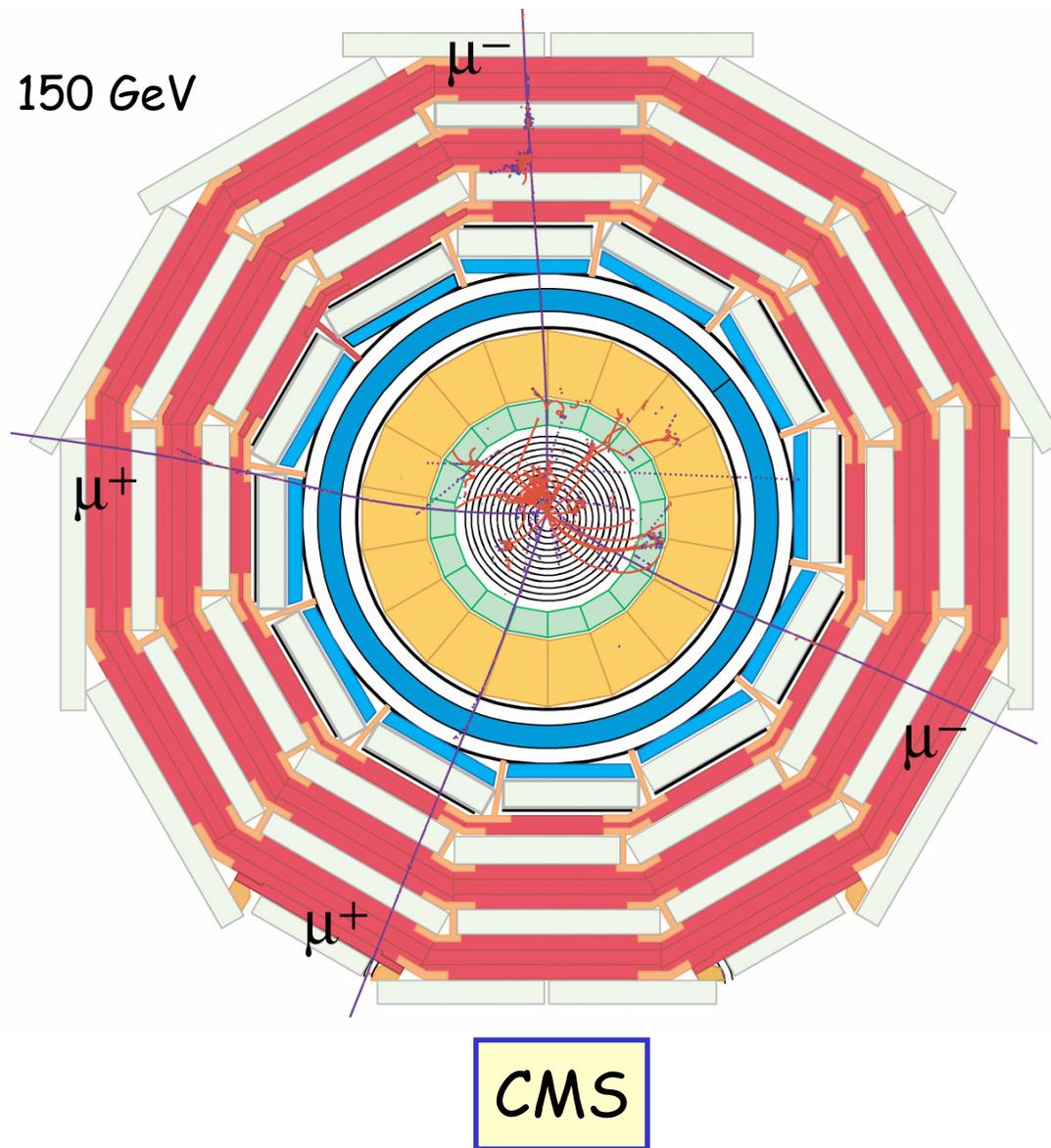
**Fertiggestellte Tracker-Endkappe  
vor dem Transport zum CERN**

# CMS Zentrale Myon-Spurdetektoren



Detektorfläche insgesamt=18000 qm  
Messgenauigkeit ~ 200 Mikrometer

# Higgs - Entdeckung ?



# DØ - Experiment

Protonen (Energie 1000 GeV) + Antiprotonen (Energie 1000 GeV)

Tevatron Collider

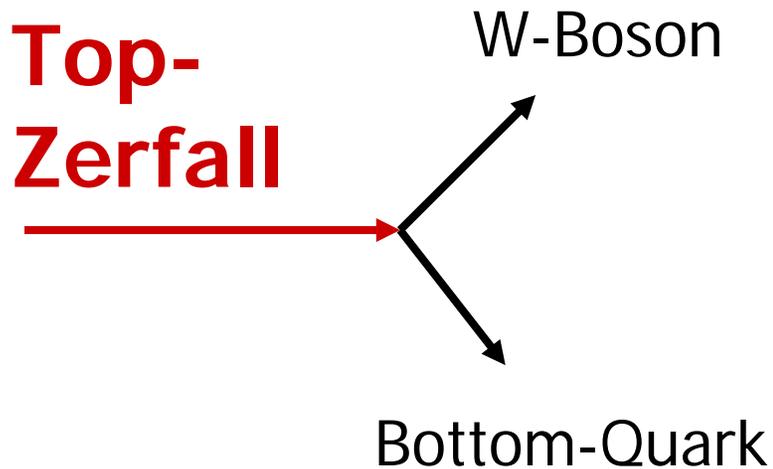
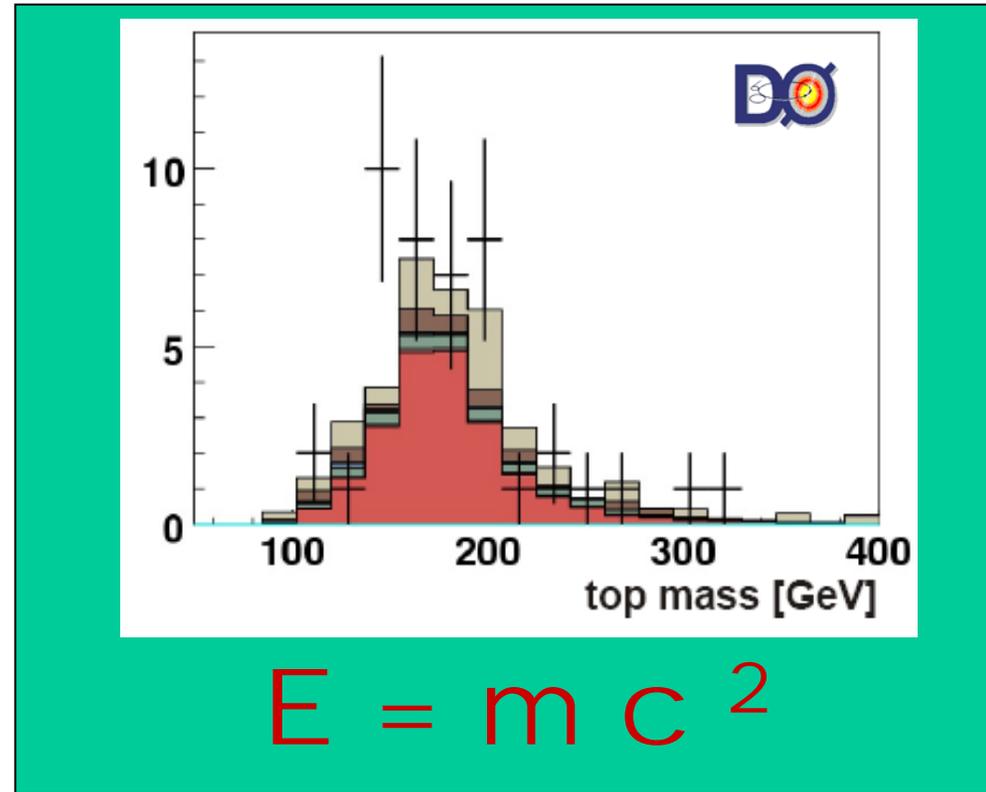
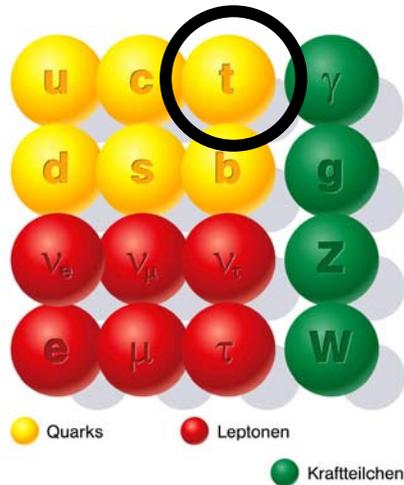
Fermilab (Chicago)



- Suche nach neuen Teilchen
- Messungen an schweren Quarks

...

# Das schwerste Quark: Top

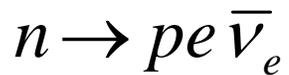
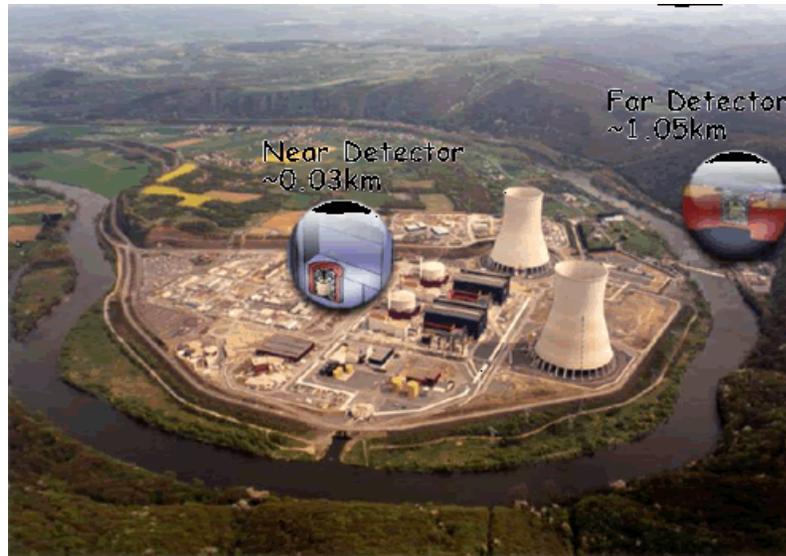


$$m_{top} = 180 \cdot m_{Proton}$$



# Double-Chooz Experiment

## Messung von Neutrino-Umwandlungen

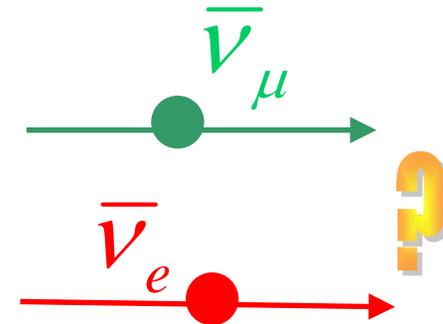


Reaktor

Umwandlung ?



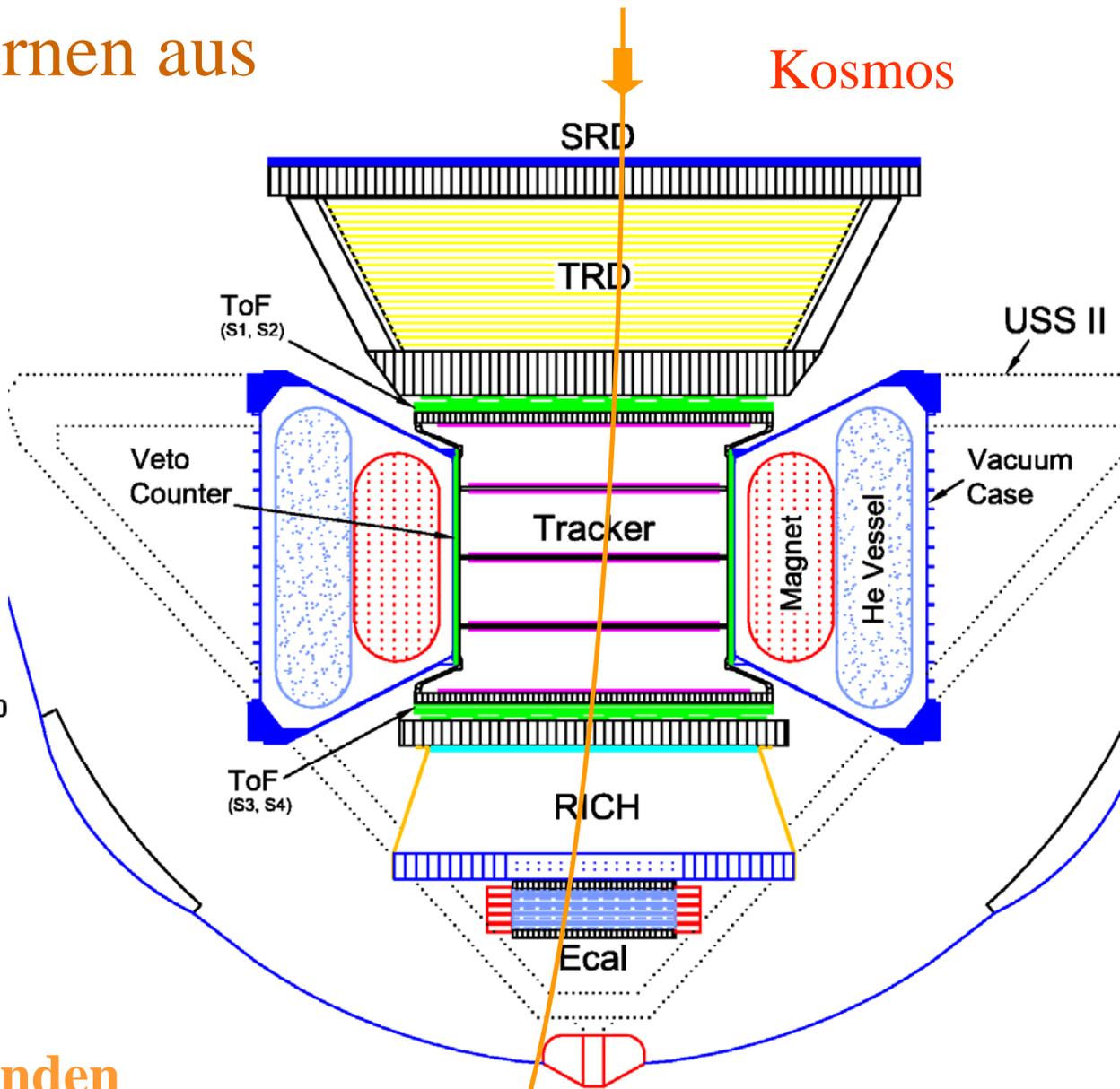
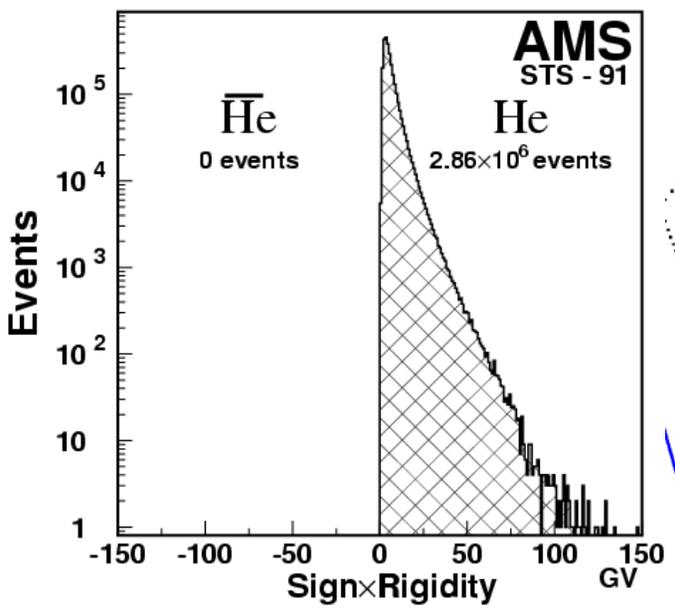
nur wenn Neutrinos massiv



# AMS=Alpha Magnetic Spectrometer

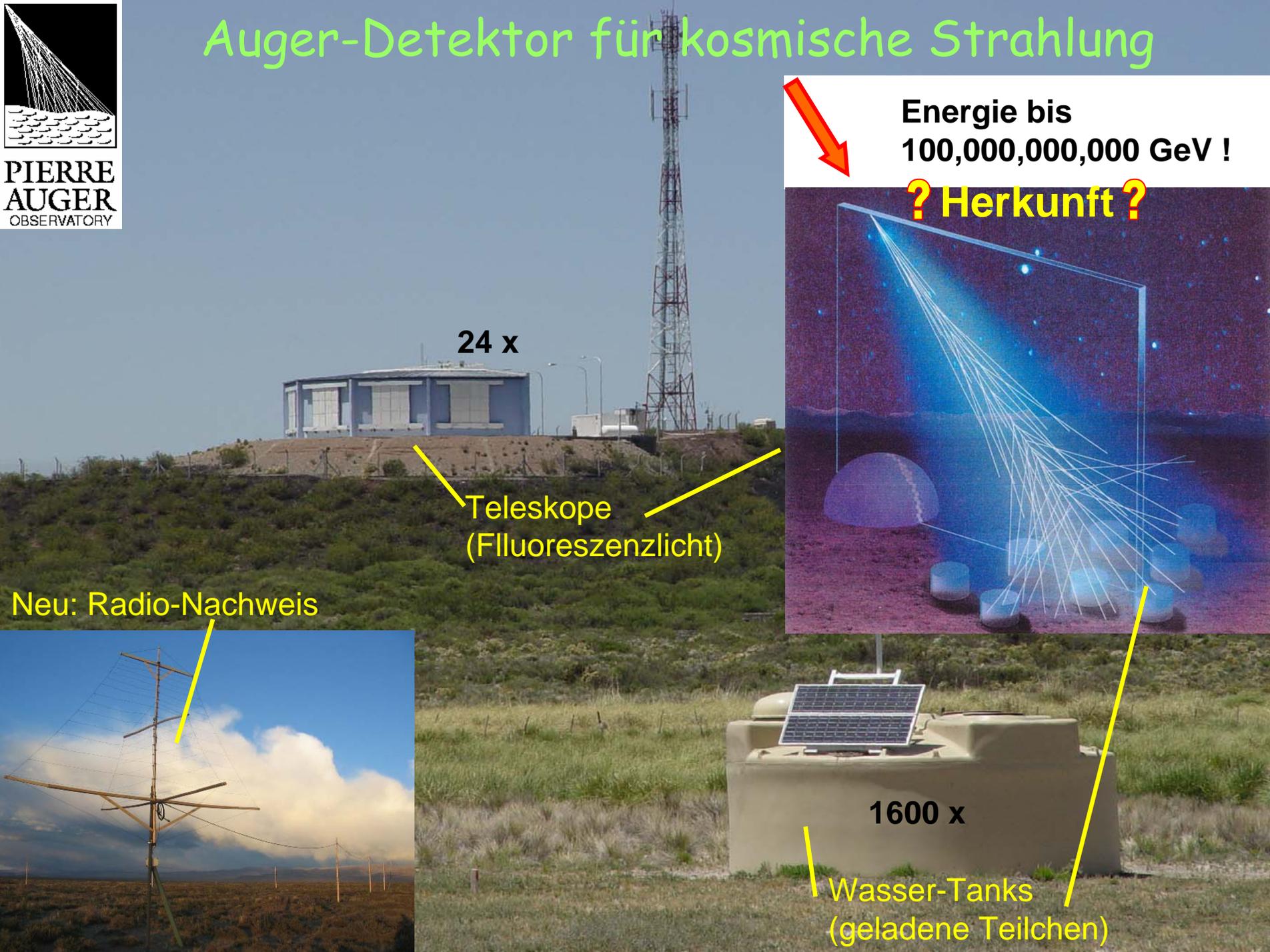
aus dem  
Kosmos

Suche nach Antikernen aus  
Antigalaxien (u.a.)



Kein Antihelium gefunden

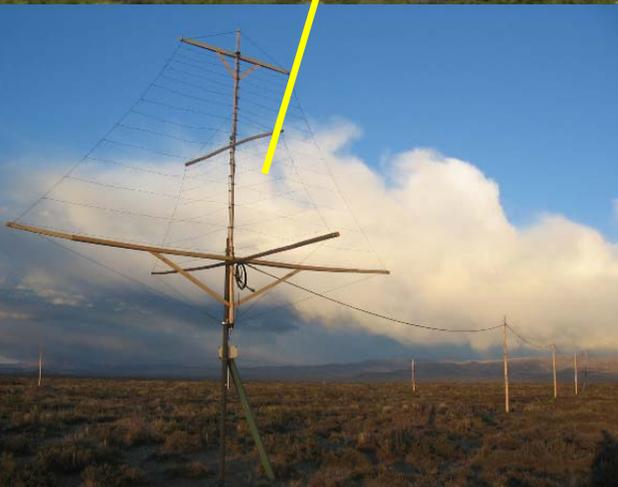
# Auger-Detektor für kosmische Strahlung



24 x

Teleskope  
(Fluoreszenzlicht)

Neu: Radio-Nachweis



Energie bis  
100,000,000,000 GeV !

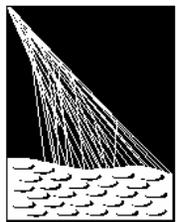
? Herkunft ?



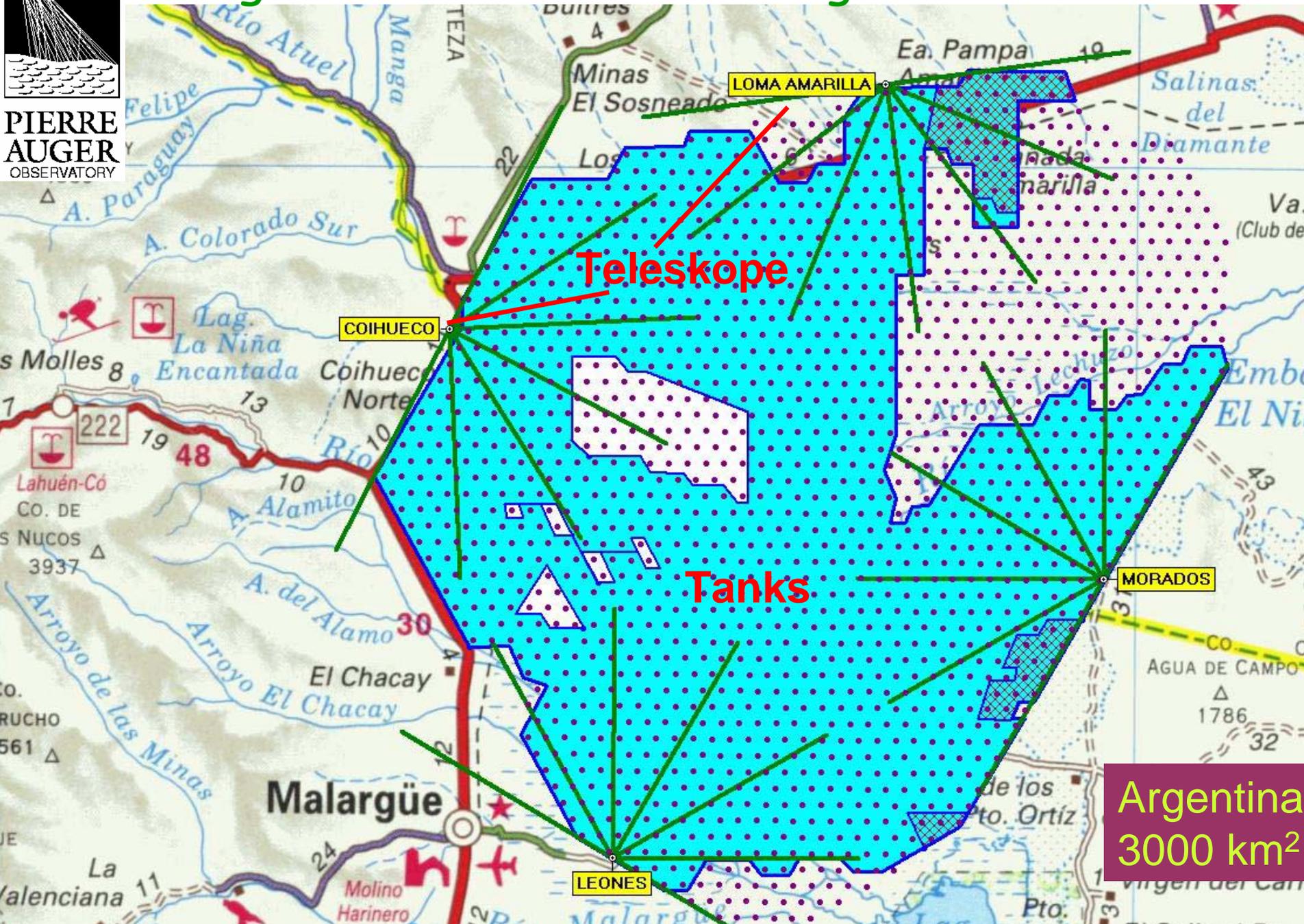
1600 x

Wasser-Tanks  
(geladene Teilchen)

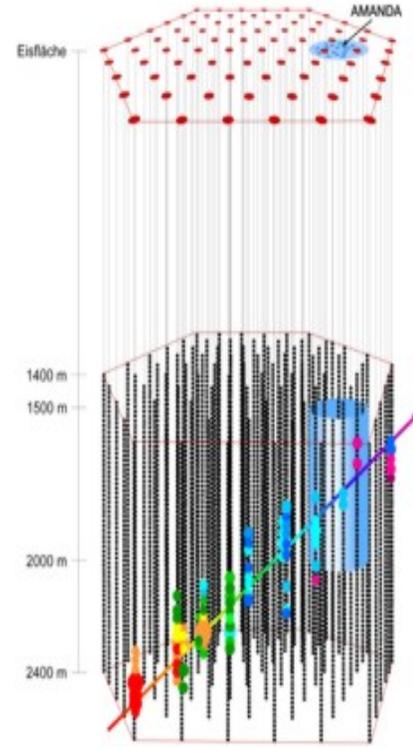
# Auger-Observatorium in Argentinien



PIERRE AUGER OBSERVATORY



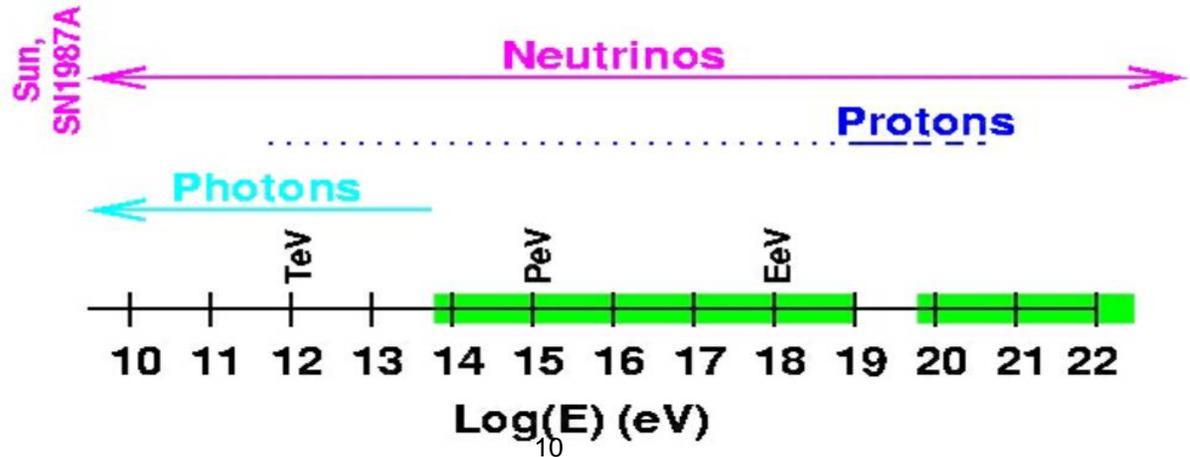
# Neutrino Astronomie IceCube Neutrinoobservatorium



bisher noch keine  
Quellen entdeckt

**Grün: Astronomie  
nur mit Neutrinos  
möglich**

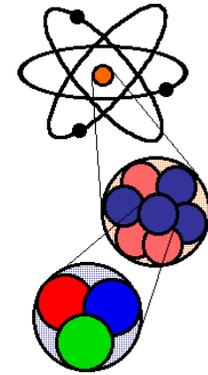
(keine Absorption  
oder Ablenkung in  
Magnetfeldern)



# Teilchen- und Astroteilchenphysik

- Physik:

- fundamental
- spannend



- Organisation:

- Forschungszentren
- internationale Kollaborationen

Reisen !

english !

- Vielfältige Arbeitsgebiete

- „Hardware“ (Detektoren)
- Elektronik
- Computing
- Datenanalyse
- ...

teamwork !

# Besichtigungsprogramm

## Experimentelle Elementarteilchenphysik

Physikzentrum Seffent/Melaten heute 16.10.2007 14:00 – 16:00

**Führungen 14:00, 15:00**

**Treffpunkt Turm 28, 2. Stock**

**I B:** AMS

CMS - Silizium-Spurkammer

**III A:** Auger

CMS - Suche nach neuen Teilchen

**III B:** } GRID Computing