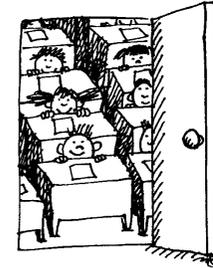


**Tag der offenen Tür
12. Oktober 2004**



**Joachim Mnich
III. Phys. Inst. B**

- **Elementarteilchenphysik/Astroteilchenphysik**
- **Beschleuniger und Detektoren**
- **Institute und Ansprechpartner**
- **Forschungsprojekte Aachen**
- **Institutsbesichtigungen**

J. Mnich

12.10.2004

Folie 1

*Erforschen, was die Welt im Innersten zusammenhält
(Goethe, Faust)*

- I) Was sind die fundamentalen Bausteine der Materie?
- II) Welches sind ihre fundamentalen Wechselwirkungen (Kräfte)?



Demokrit (ca. 400 vor Christus) führte den Begriff Atom ein als Bezeichnung der unteilbaren Bausteine der Materie

Elementarteilchenphysik heute

Tag der offenen Tür
 in der Physik 2004

- Alle bekannte Materie des Universums besteht aus 4 Teilchen:

		Ladung	Spin
Leptonen	ν_e Elektron-Neutrino	0	1/2
	ν_μ Myon-Neutrino	0	1/2
	ν_τ Tau-Neutrino	0	1/2
Quarks	e^- Elektron	-1	1/2
	μ^- Myon	-1	1/2
	τ^- Tau	-1	1/2
	u Up-Quark	+2/3	1/2
	d Down-Quark	-1/3	1/2
	c Charm-Quark	+2/3	1/2
	s Strange-Quark	-1/3	1/2
	t Top-Quark	+2/3	1/2
	b Bottom-Quark	-1/3	1/2

- Die fundamentalen Wechselwirkungen (Kräfte) werden durch Austauschteilchen vermittelt:

<u>Wechselwirkung</u>	<u>Teilchen</u>
Gravitation	???
elektromagnetisch	Photon
schwach	W- und Z-Bosonen
stark	Gluonen

Higgs-Boson ?

- Higgs-Boson ist letztes noch nicht nachgewiesenes Teilchen
- Dieses Standardmodell lässt aber noch viele Fragen offen
 ⇒ Neue Teilchen und neue Phänomene bei hohen Energien

Kosmologie und Elementarteilchenphysik

Die Geschichte des Universums

Temperatur Alter
 2.7 K 15 Milliarden Jahre



Wir sind hier

Zeit

erste Supernovae

Entstehung von
 Sternen und Galaxien

11 K 1 Milliarde Jahre

UNIVERSUM WIRD TRANSPARENT

Entstehung von
 Materie.

1.000 K 300 000 Jahre

Nukleosynthese
 von Helium

Positronen verschwinden

Formation von
 Protonen und Neutronen

Antiquarks verschwinden

10^{15} K 10^{-10} sec

Asymmetry $\bar{u} \bar{d} \bar{l} \bar{\nu}$

Lepton

Quark

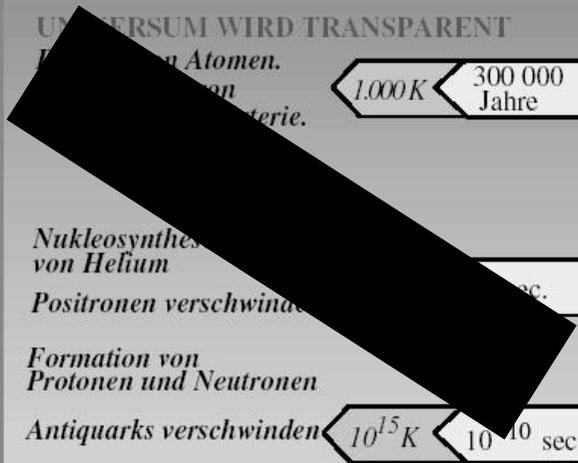
Photon

Graviton

Neutrino

Urknochen

materiedominierte Ära



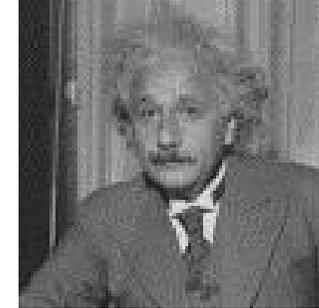
Tag der offenen Tür
 in der Physik 2004

J. Mnich
 12.10.2004
 Folie 4

▪ Relativitätstheorie:

Äquivalenz von Energie und Masse
Erzeugung von Teilchen mit großen
Massen erfordert hohe Energie

$$E = mc^2$$



Albert Einstein

▪ Quantentheorie:

- Teilchen-Welle-Dualismus
Großer Impuls (Energie) entspricht
kleiner Wellenlänge

$$\lambda = h/p$$



Max Planck

- Unschärferelation
Ort und Impuls sind nicht
beliebig genau messbar

$$\Delta x \approx \hbar / \Delta p$$



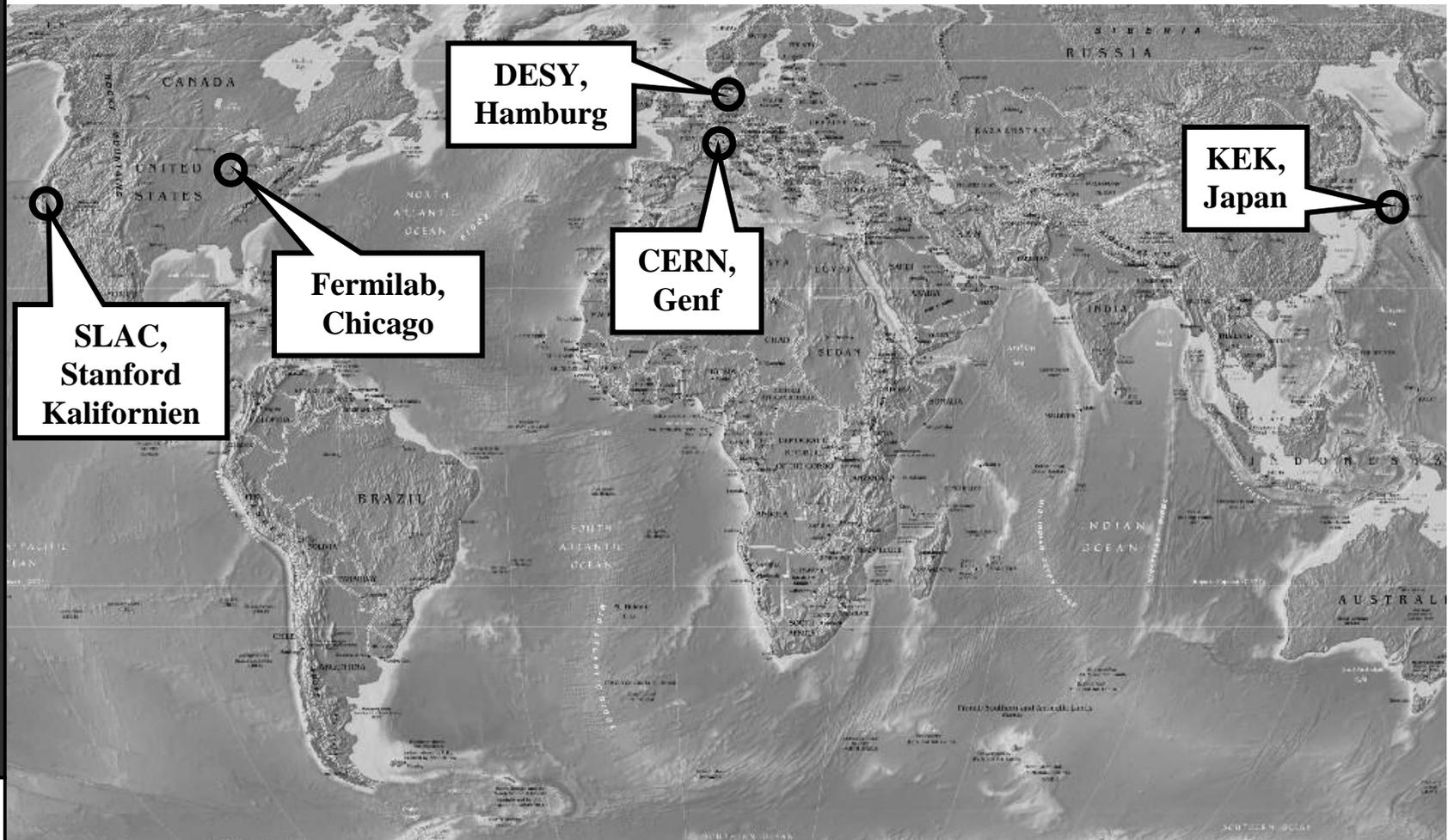
Werner Heisenberg

▪ Elementarteilchenphysik = Hochenergiephysik

- Teilchenbeschleuniger
oder kosmische Strahlung
- Teilchendetektoren

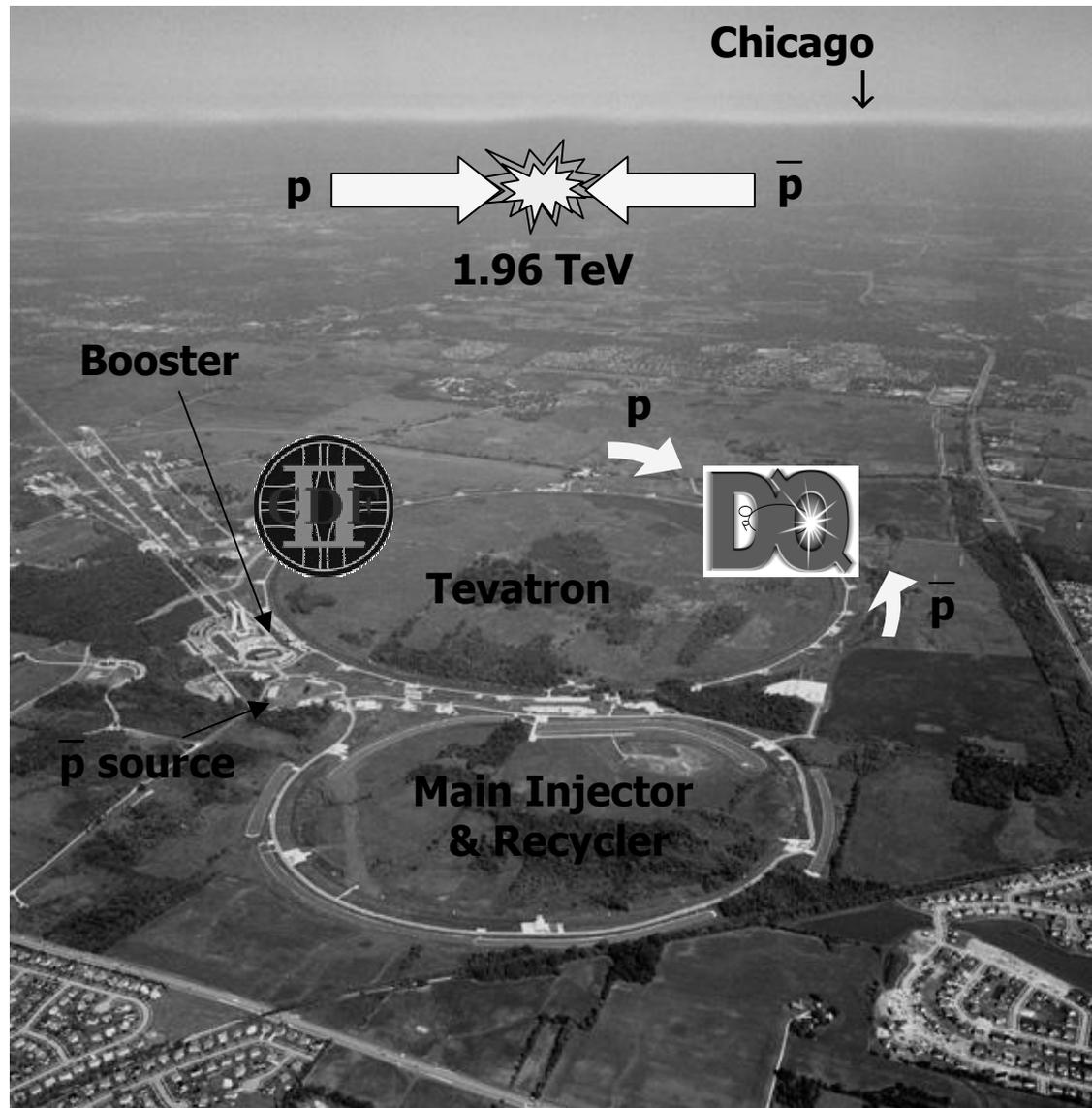
Große Beschleunigerzentren weltweit

Tag der offenen Tür
in der Physik 2004



J. Mnich
12.10.2004
Folie 6

○ mit Aktivitäten der Aachener Physik Institute

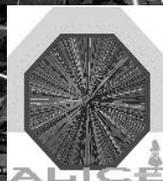
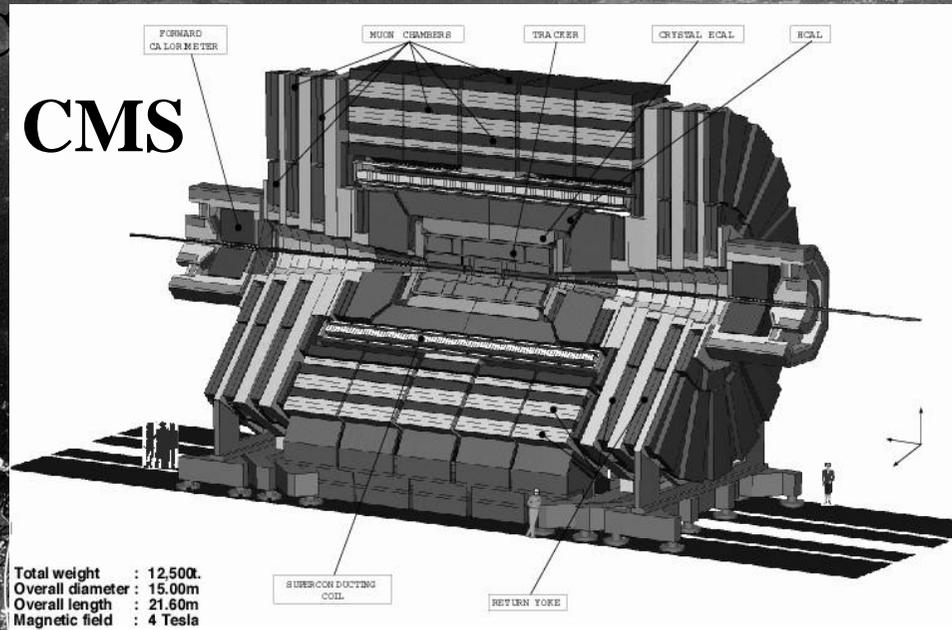


- In Betrieb seit 1992
- Proton-Antiproton-Kollisionen
- Energie:
 $2 \text{ TeV} = 2 \cdot 10^{12} \text{ eV}$
- 2 Detektoren:
CDF
D0

Beschleuniger: Large Hadron Collider (LHC)

Tag der offenen Tür
in der Physik 2004

- Betrieb ab 2007
am C



Protonen

Protonen

LHCb
LHCp

J. Mnich

12.10.2004

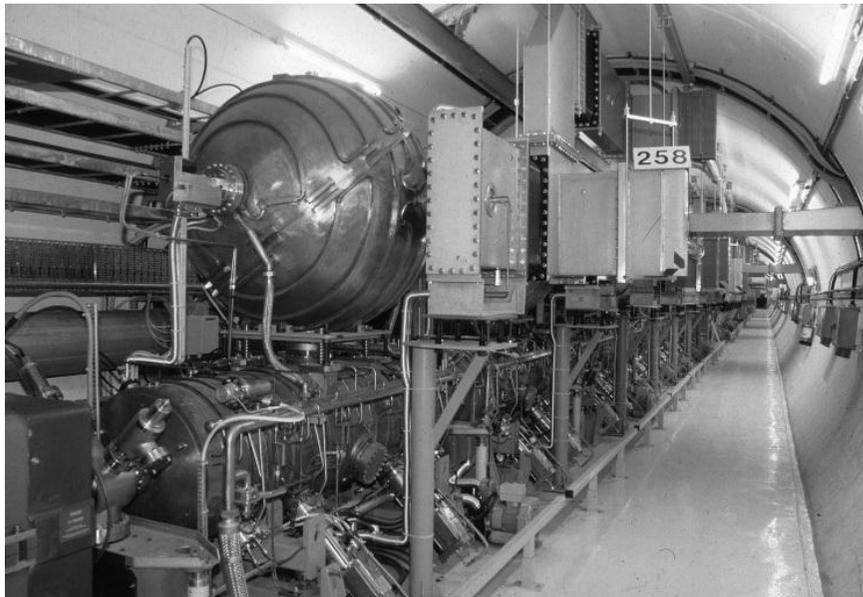
Folie 8

Bilder aus einem Teilchenbeschleuniger

Tag der offenen Tür
in der Physik 2004

- **LEP:**
Elektron-Positron-Beschleuniger
bis zum Jahr 2000 im LHC Tunnel

Beschleunigungsstruktur:



Ablenkmagnete:



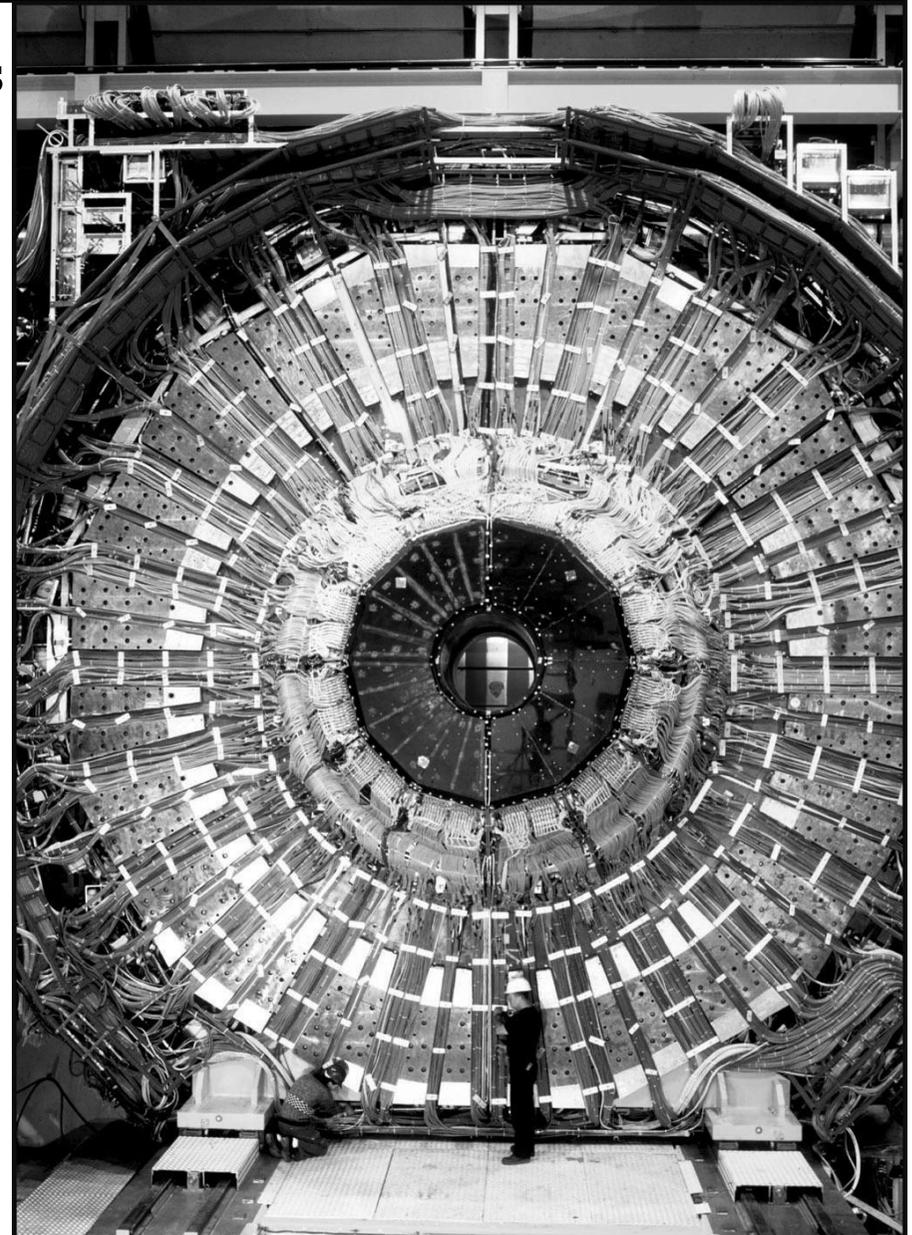
J. Mnich

12.10.2004

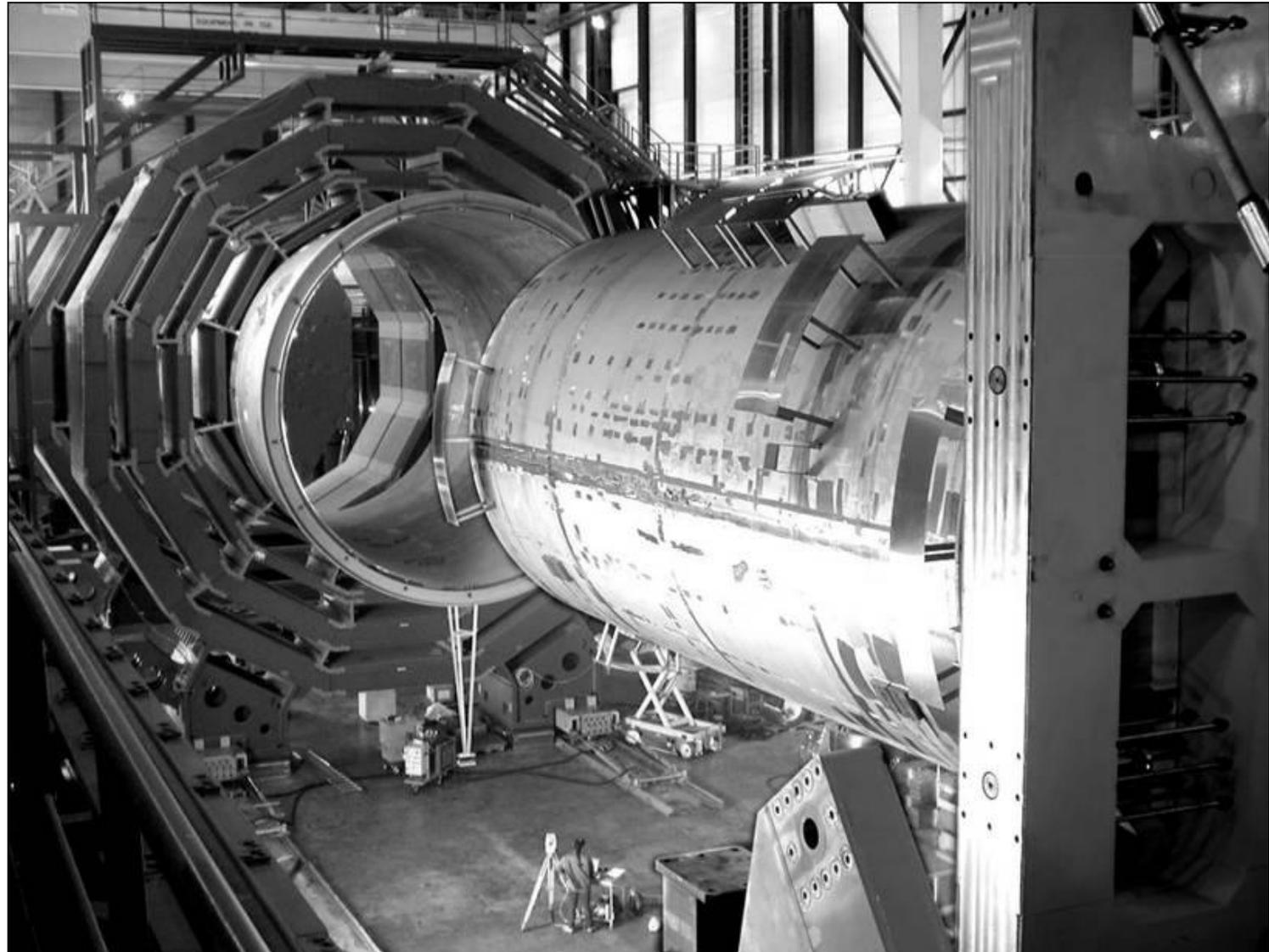
Folie 9

- **Große Apparate zum Nachweis der erzeugten Teilchen (typisch $10\text{ m} \times 10\text{ m} \times 10\text{ m}$)**
- **Internationale Kollaborationen mit mehreren hundert Physikern und Ingenieuren**

- **Beispiel:
DELPHI-Detektor
am LEP-Speicherring**



- Das im Aufbau befindliche CMS Experiment am CERN (Genf)



Tag der offenen Tür
in der Physik 2004

J. Mnich

12.10.2004

Folie 11

▪ Institute und Anprechpartner

- **I. Phys. Inst. B**
 - Prof. Stefan Schael
 - Prof. Lutz Feld

- **III Phys. Inst. A**
 - Prof. Thomas Hebbeker
 - Prof. Martin Erdmann

- **III. Phys. Inst. B**
 - Prof. Günter Flügge
 - Prof. Joachim Mnich

≈ 50 Physiker/innen

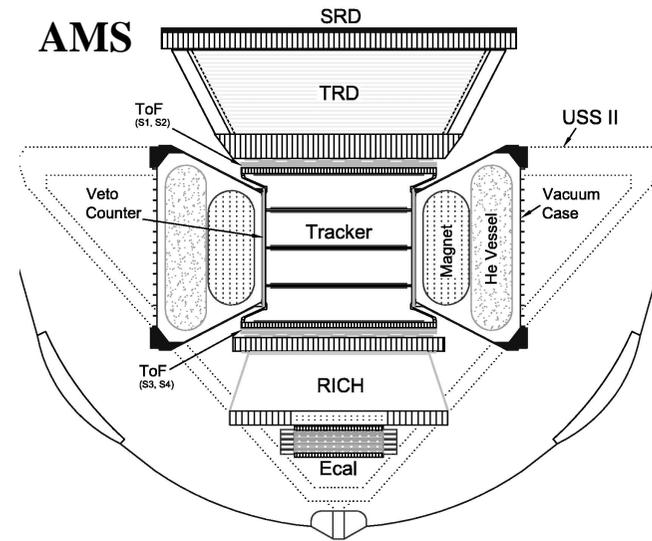
≈ 20 Diplomanden/innen

≈ 30 Ing./Techniker/innen

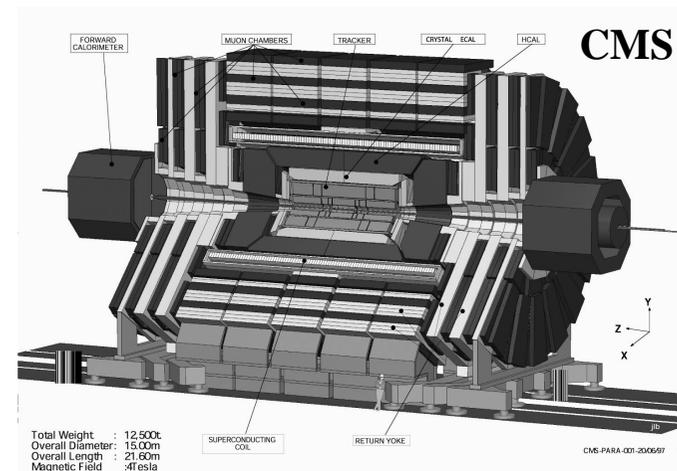
▪ **I. Physikalisches Institut
 Lehrstuhl I A:**



- **Prof. Dr. Stefan Schael**
- AMS Experiment,
 ISS im Weltraum
- CMS Experiment,
 CERN, Genf



- **Prof. Dr. Lutz Feld**
- CMS Experiment,
 CERN, Genf



J. Mnich

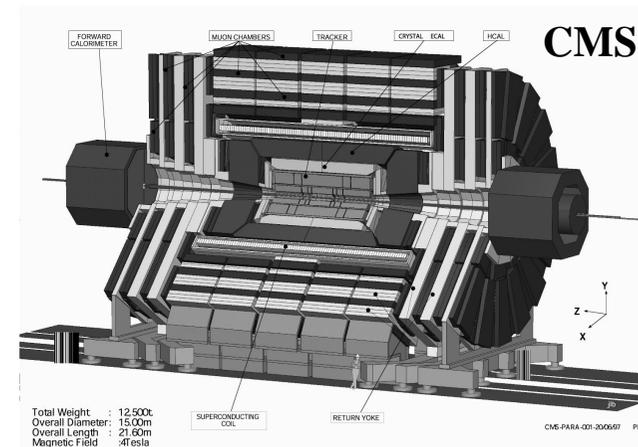
12.10.2004

Folie 13

III. Physikalisches Institut Lehrstuhl III A:



- Prof. Dr. Thomas Hebbeker
 - CMS Experiment, CERN, Genf
 - D0 Experiment, Fermilab, Chicago



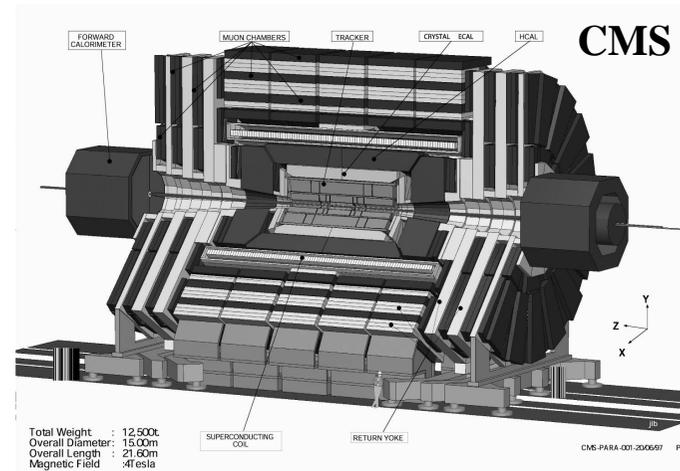
- Prof. Dr. Martin Erdmann
 - CMS Experiment, CERN, Genf
 - CDF Experiment, Fermilab, Chicago



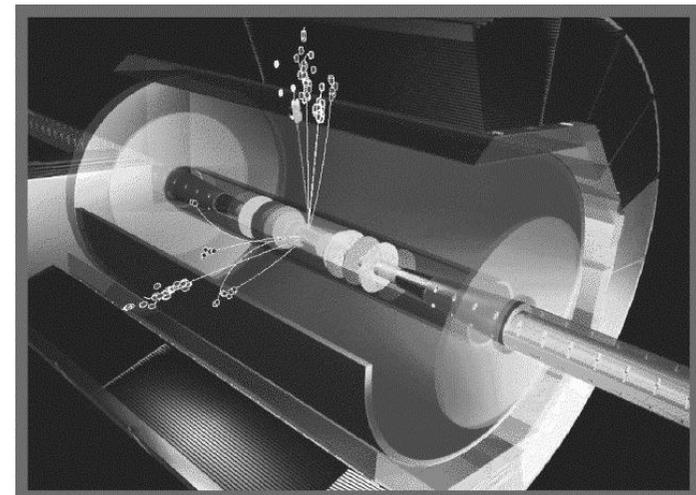
III. Physikalisches Institut Lehrstuhl III B:



- Prof. Dr. Günter Flügge
- CMS Experiment,
CERN, Genf



- Prof. Dr. Joachim Mnich
- CMS Experiment,
CERN, Genf
- ILC Detektorentwicklung

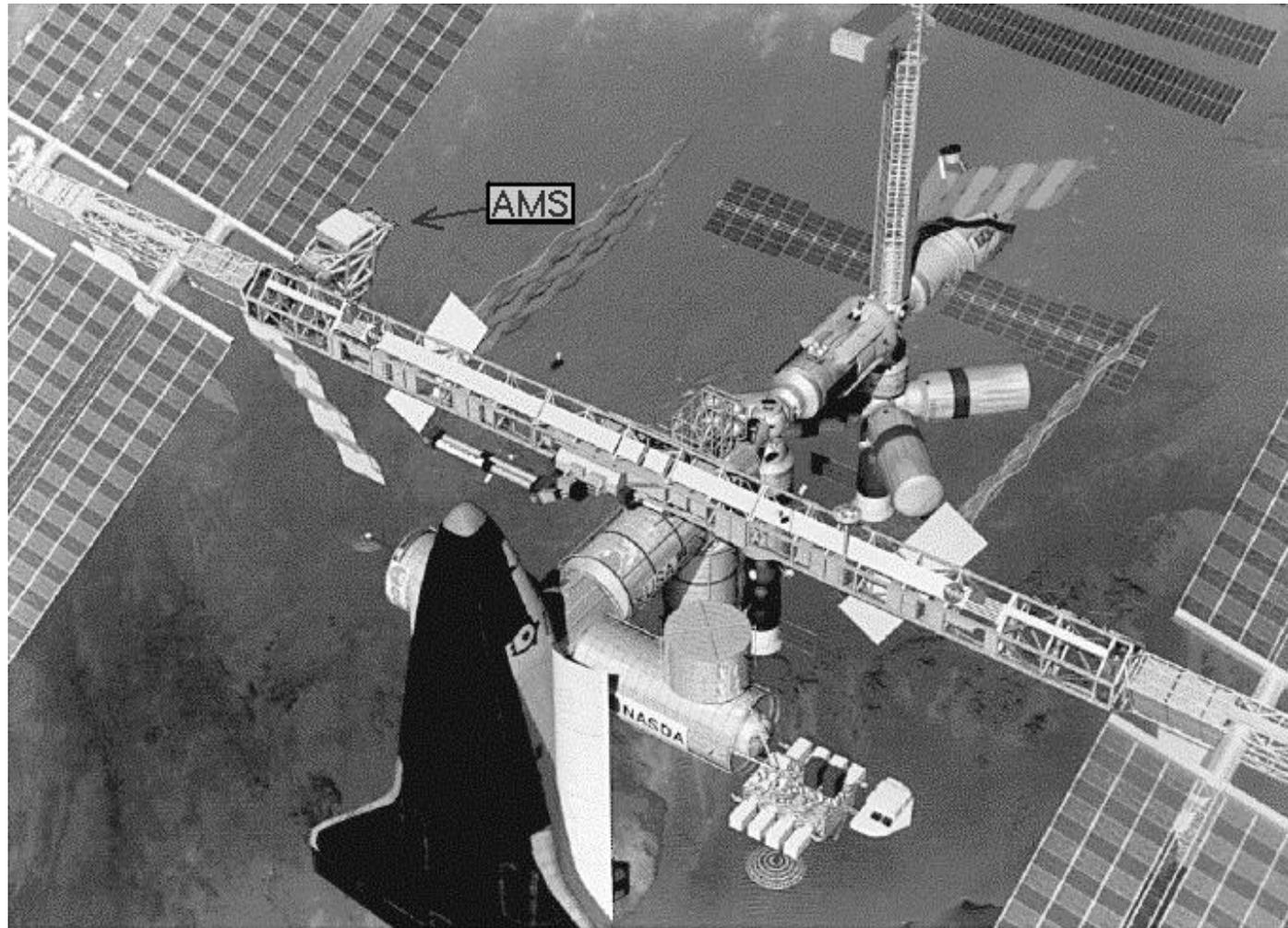


J. Mnich

12.10.2004

Folie 15

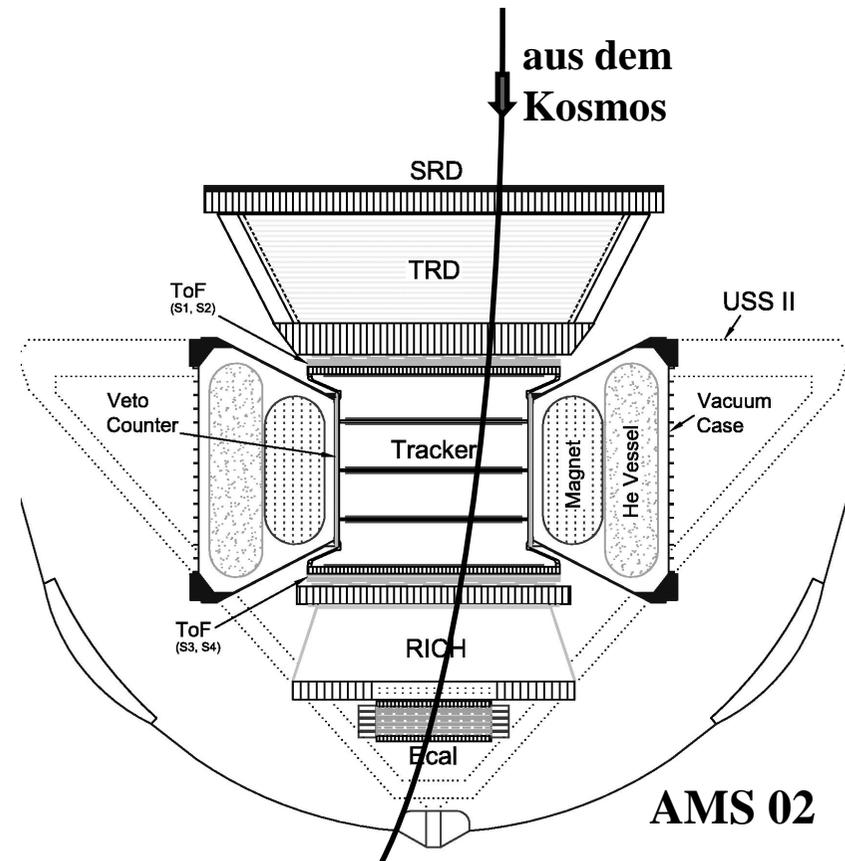
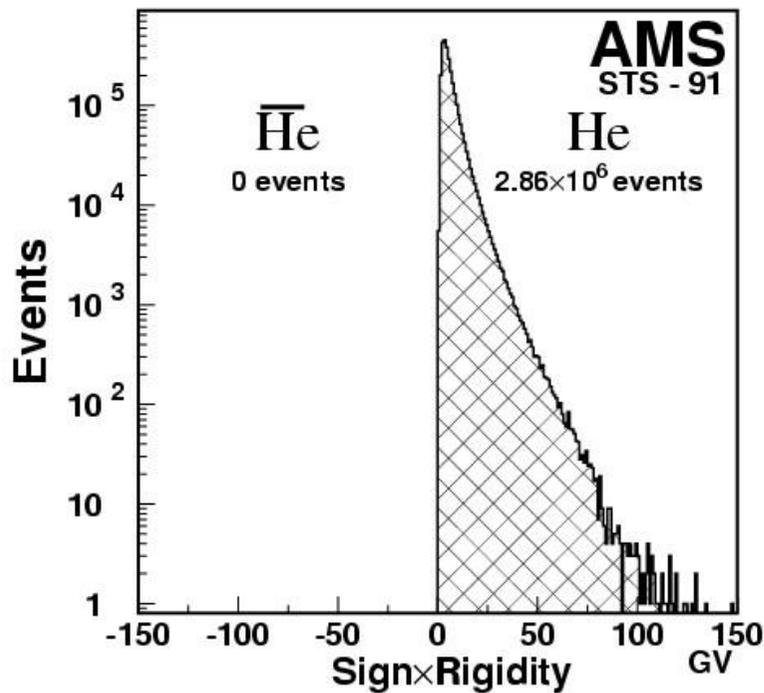
- **AMS: Alpha Magnetic Spectrometer**
 - **1998: AMS 01 10tägiger Flug auf dem Space Shuttle**
 - **2007: AMS 02 Installation auf der Internationalen Raumstation ISS**



Alpha Magnetic Spectrometer (AMS)

Tag der offenen Tür
 in der Physik 2004

- Suche nach Antikernen aus Antisternen (-galaxien, ...)



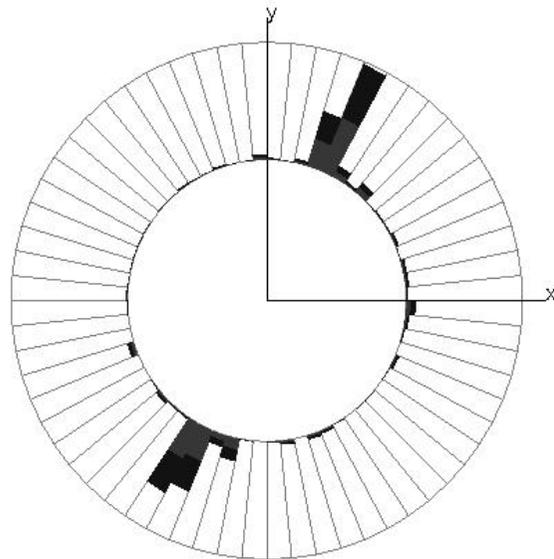
- Aachen:
 - Übergangstrahlungsdetektor TRD
 - Alignment
 - Vetozähler

J. Mnich

12.10.2004

Folie 17

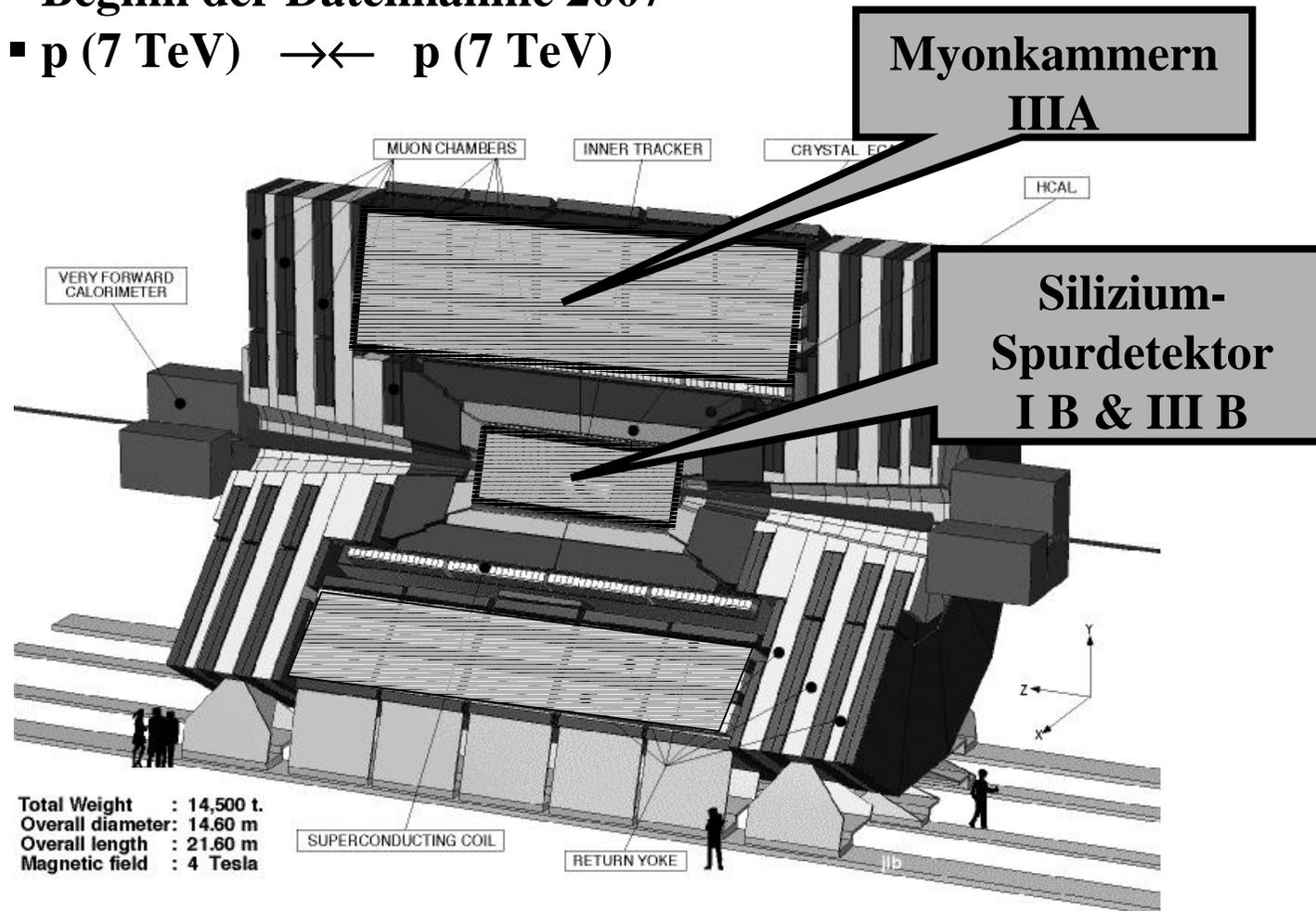
- p (1 TeV) $\rightarrow\leftarrow$ \bar{p} (1 TeV)
- Seit 2001 Betrieb mit erhöhter Luminosität (Kollisionsrate)
- Datennahme und -auswertung
 - Untersuchung der starken WW
 - Physik des Top-Quarks (Entdeckung 1995!)
 - Suche nach neuen Teilchen und Phänomenen



Das CMS-Experiment am LHC

Tag der offenen Tür
 in der Physik 2004

- Starke Beteiligung der Aachener Institute am Bau des CMS-Experimentes (Compact Muon Solenoid)
- Beginn der Datennahme 2007
- $p (7 \text{ TeV}) \rightarrow \leftarrow p (7 \text{ TeV})$



Total Weight : 14,500 t.
 Overall diameter: 14.60 m
 Overall length : 21.60 m
 Magnetic field : 4 Tesla

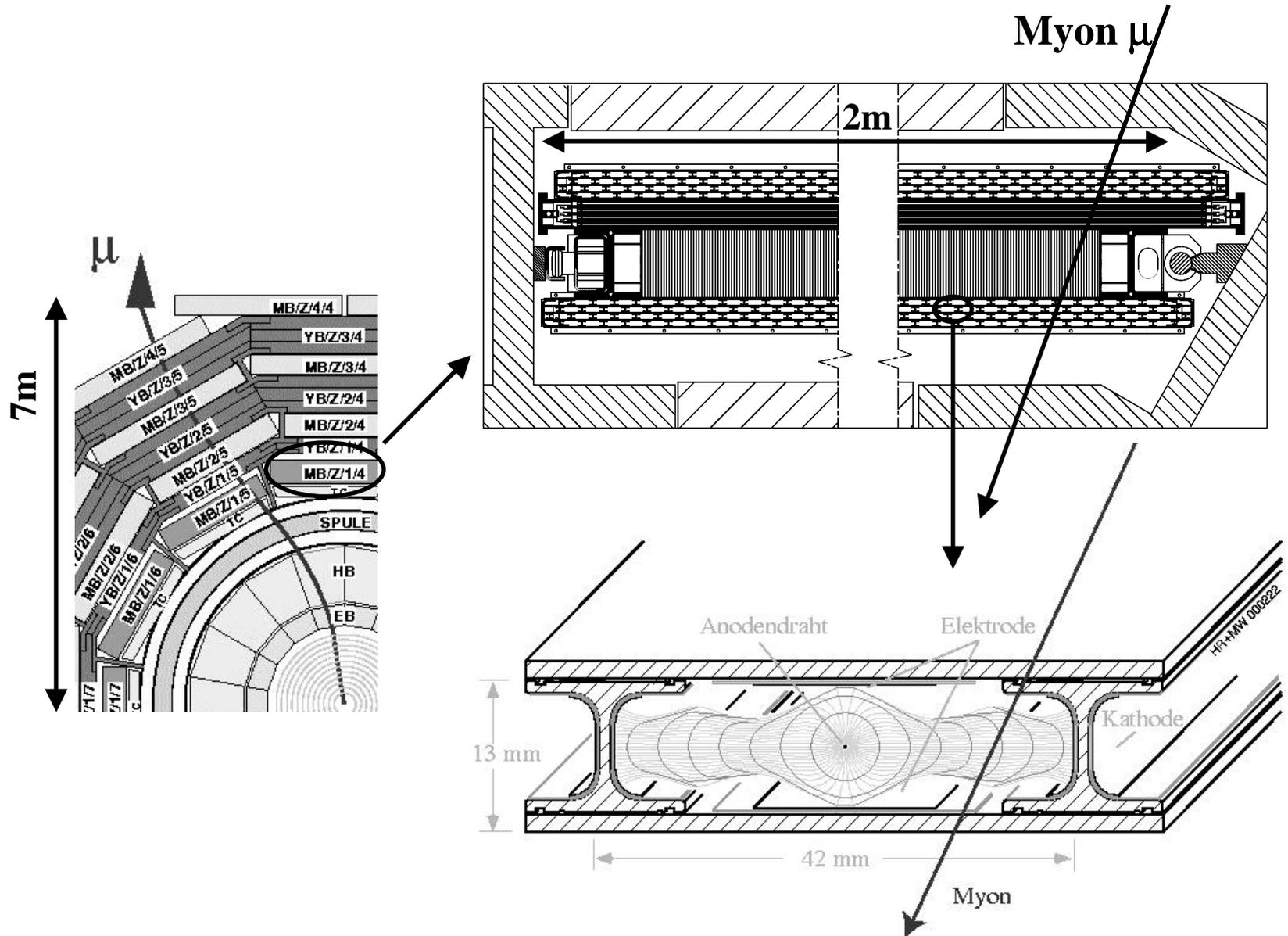
J. Mnich

12.10.2004

Folie 19

Tag der offenen Tür
 in der Physik 2004

J. Mnich
 12.10.2004
 Folie 20



Tag der offenen Tür
in der Physik 2004

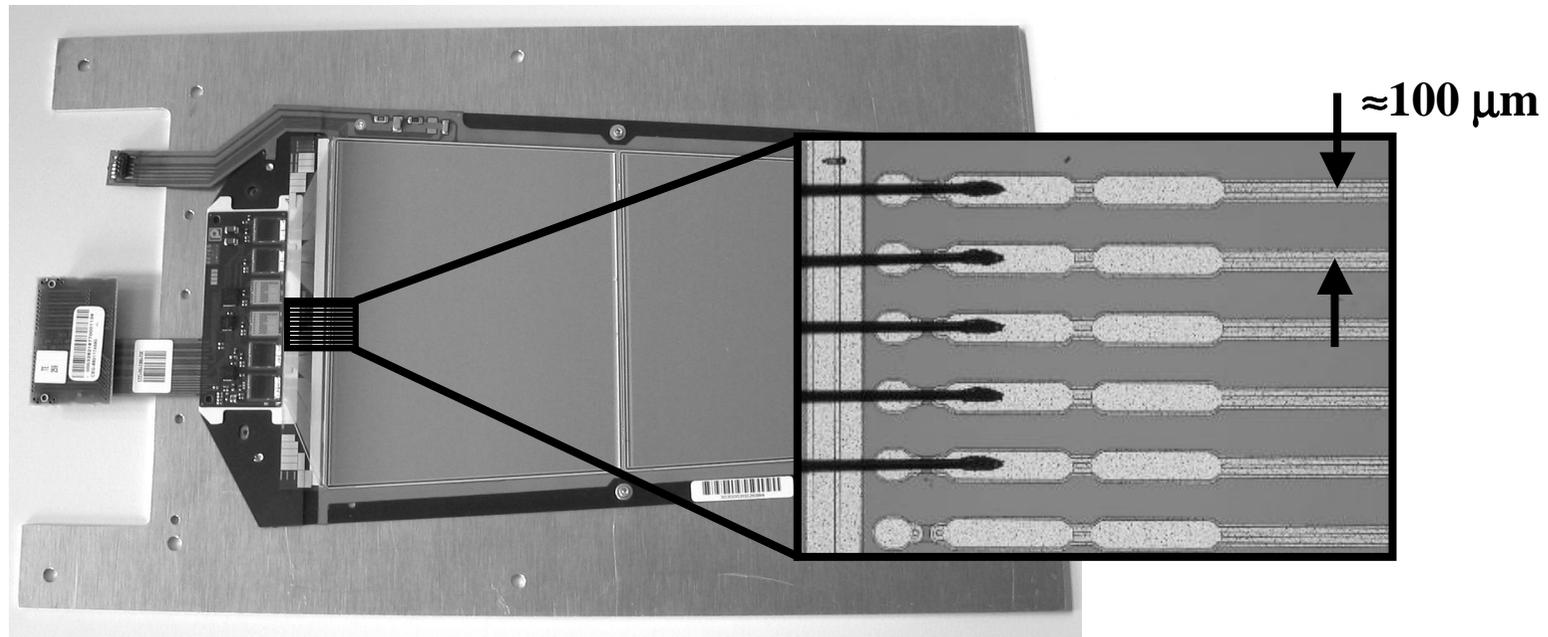
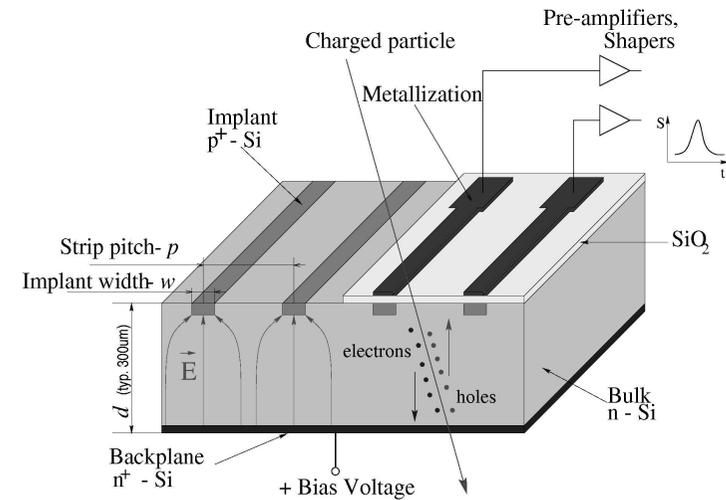
J. Mnich

12.10.2004

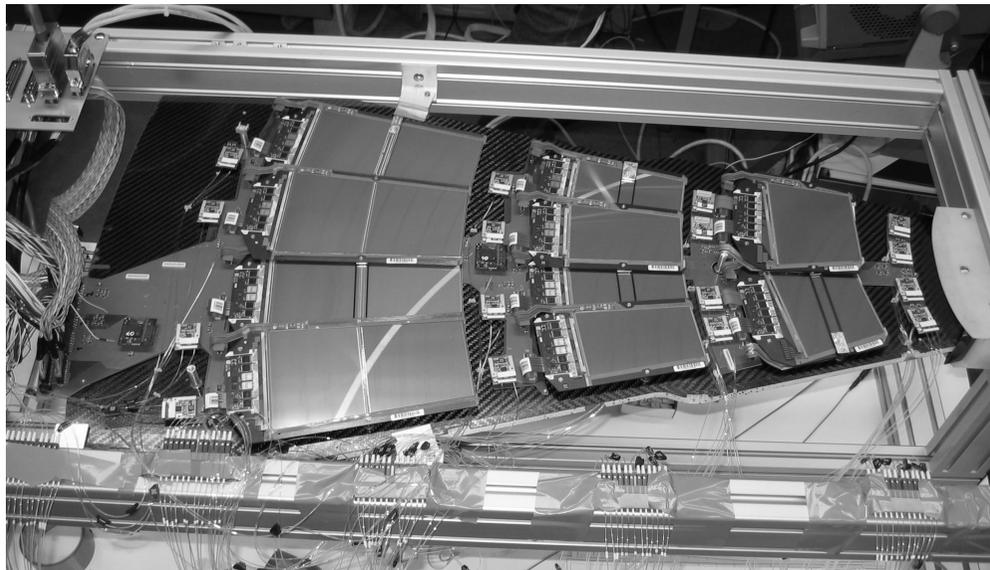
Folie 21



- **Prinzip eines Siliziumstreifen-**
detektors:
 dünne, lange pn-Übergänge
 (Dioden) in Sperrrichtung
- **CMS Siliziumstreifendetektor**
(Module)

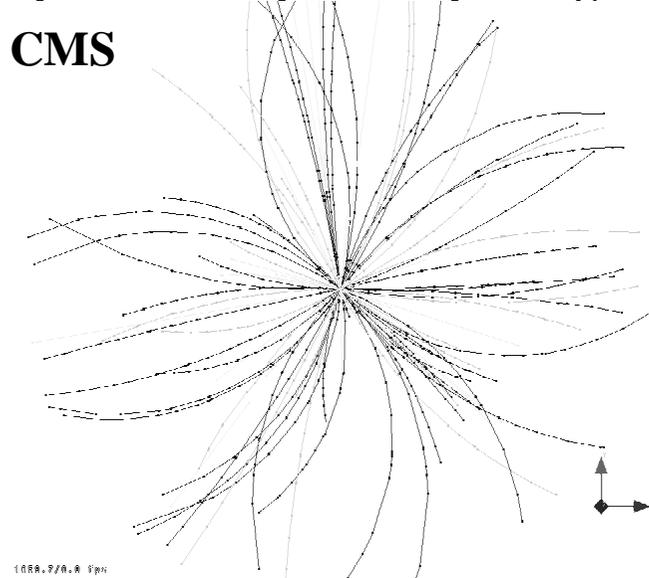


- **Der CMS Spurdetektor besteht aus**
 - **> 15 000 Modulen**
 - **> 200 m² Si-Oberfläche**
 - **10⁷ Auslesekanälen (Streifen)**



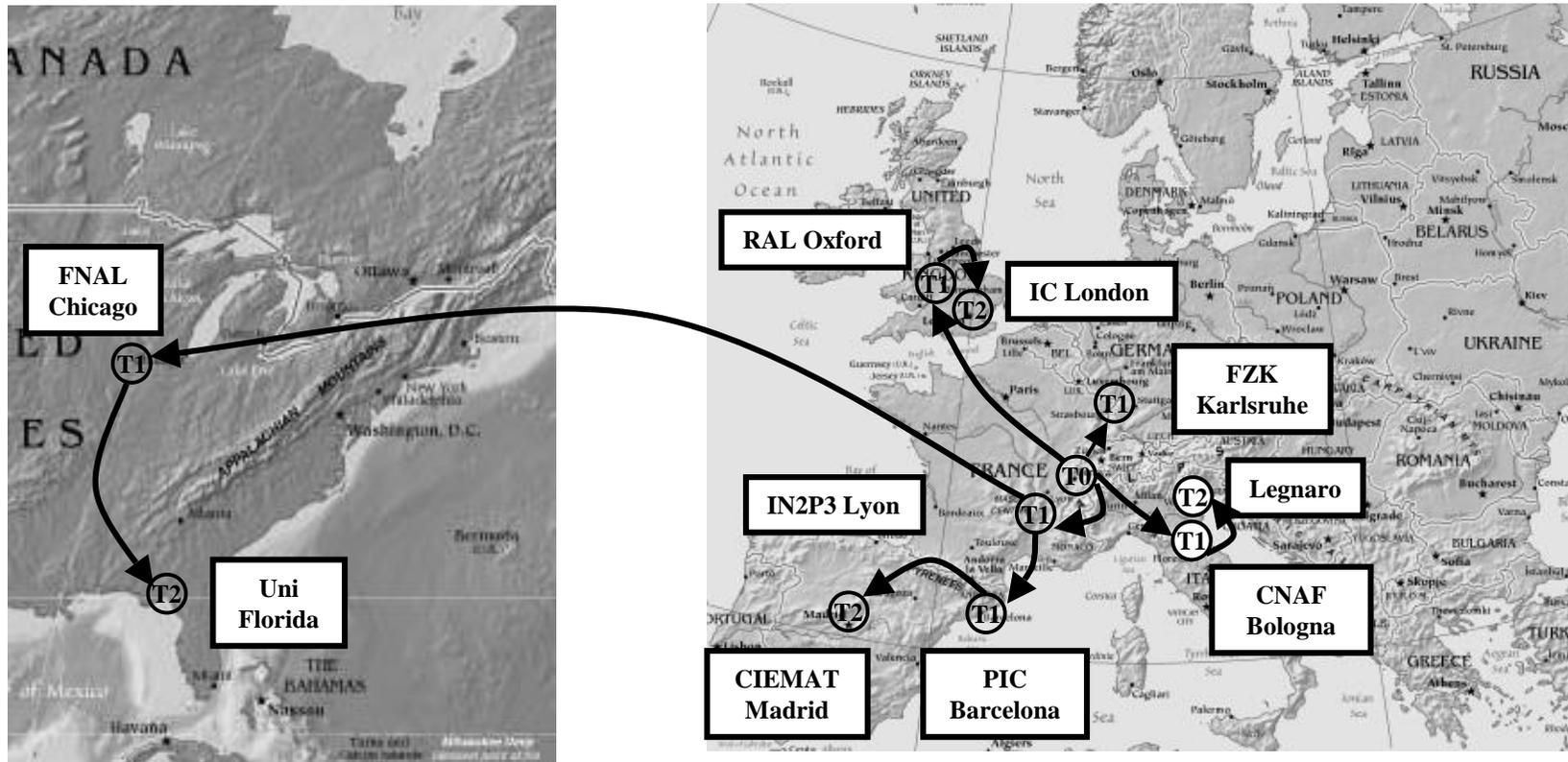
- **Moderne Detektoren wie CMS produzieren große Datenmengen:
100 Mbyte/s \Rightarrow 10^6 Gbyte/Jahr**
- **Rekonstruktion der Teilchenspuren und physikalische Interpretation erfordern modernste Computertechnologie**

**Spuren in Top-Antitop Ereignis
CMS**

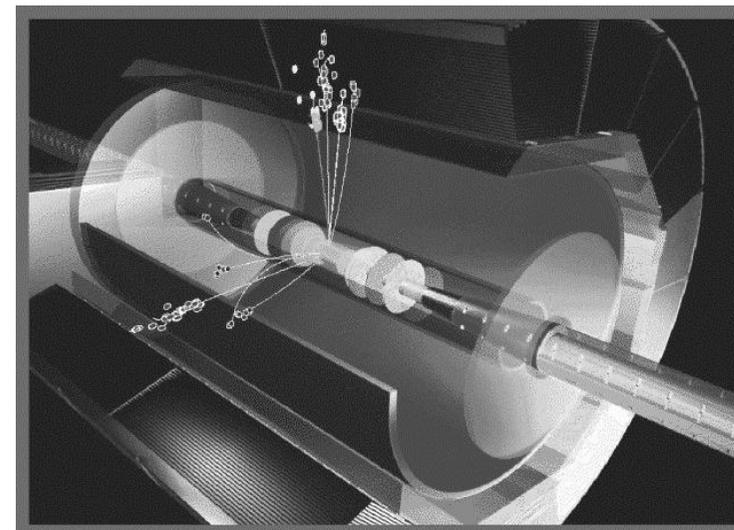
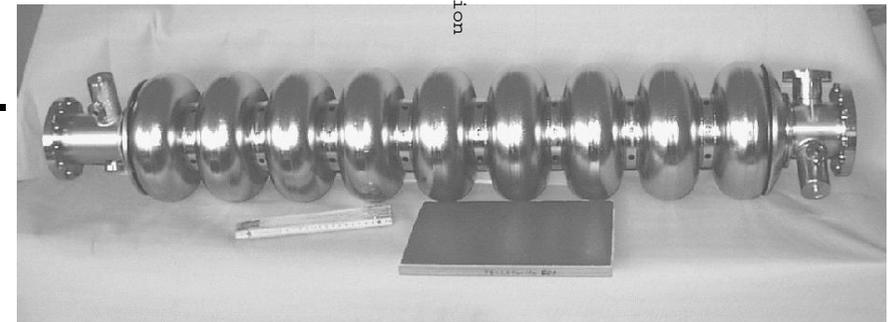
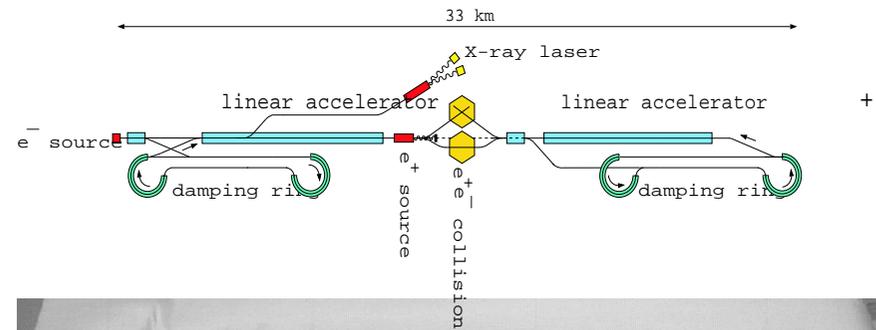


- **Das World Wide Web wurde 1990 am CERN entwickelt:
bequemer, weltweiter Transfer von Information über das Internet**
- **Die Zukunft ist das DataGrid**
 - Austausch großer Datenmengen und Programme über das Internet
 - Nutzung weltweit verteilter Computer und Speicher zur Datenanalyse
 - Beispiel: Vorbereitung der CMS Datenanalyse 2004

Vorbereitende Übung im Frühjahr 2004:
Verarbeitung von 5% der späteren CMS Datenmenge
(simulierte Daten)



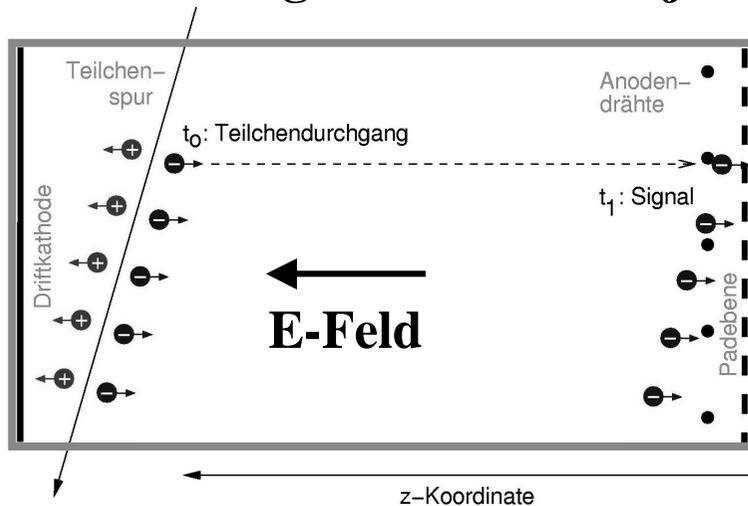
- **Internationaler Linear Collider**
 - **Elektron-Positron-Kollisionen**
bei ca. 1 TeV
 - **Basierend auf dem am DESY entwickelten Konzept**
supraleitender Beschleunigungs-
kavitäten
Energieübertrag: 35 MeV/m
- **Aachen:**
Beteiligung an der Entwicklung
neuer Technologien für den
ILC Detektor



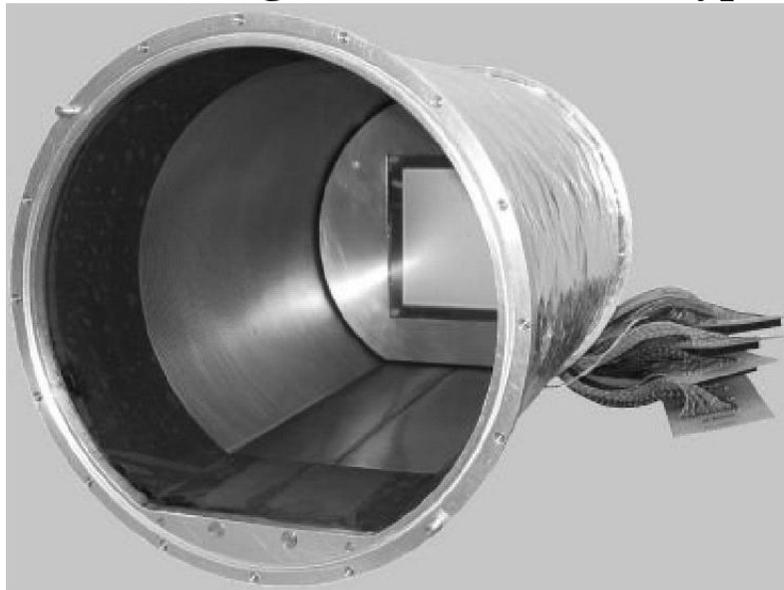
TPC für den ILC

Tag der offenen Tür
 in der Physik 2004

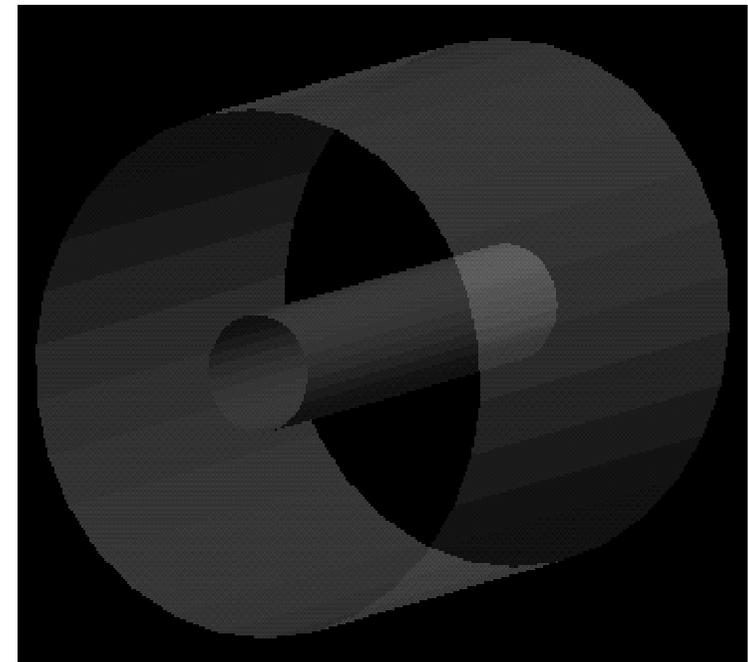
- **Entwicklung einer Time Projection Chamber (TPC) für den ILC**



- **In Aachen gebauter TPC-Prototyp:**



**Simulation eines ILC Bunchzuges
 (ca. 1 ms Dauer)
 Untergrund + 1 Higgs-Ereignis**



Besichtigungen experimentelle Elementarteilchenphysik

Tag der offenen Tür
in der Physik 2004

- **Physikzentrum Seffent/Melaten heute 14:00 –16:00**
Führungen 14:00 14:40 15:20 Treffpunkt Turm 28, 3. Stock

I B: - Silizium-Detektoren für das CMS-Experiment **28B201**
Systeme zur Ausrichtung (Alignment) der Sensoren
- AMS Übergangstrahlungsdetektor
- Entwicklung strahlenharter Elektronik

III A: - Produktion der Myonkammern für CMS **26A208**
und dazu gebaute Messapparaturen

III B: - Silizium-Detektoren für das CMS-Experiment **28A110**
Entwicklung von schneller Ausleseelektronik
und Serientestständen
- ILC: Entwicklung hochauflösende Spurkammer **Halle 006**

III A/B: - CMS Analyse und Grid-Computing **26C201**

- Informationen auf <http://www.physik.rwth-aachen.de/>

J. Mnich

12.10.2004

Folie 28