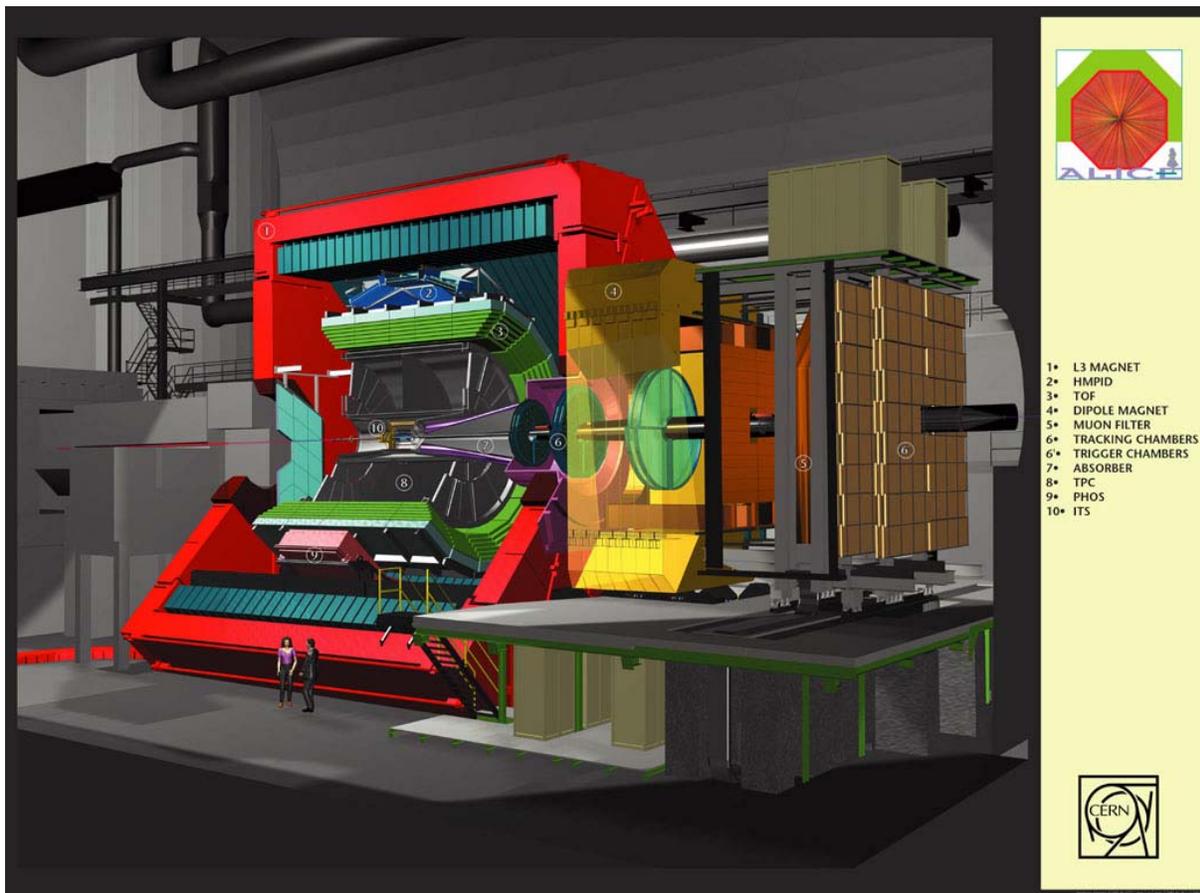


Journalistenreise zum Europäischen Forschungslabor CERN
1. und 2. November 2006

Deutschlands Beitrag zum Large Hadron Collider LHC

– Presseinformationen –

ALICE – Deutsche Beiträge zum Experiment



Beteiligte Universitäten

- GSI Darmstadt,
- TU Darmstadt,
- Univ. Frankfurt,
- Univ. Heidelberg (2 Institute: KIP und PI),
- Univ. Münster,
- FH Köln,
- FH Worms

ALICE TPC (Time Projection Chamber)

Deutschland finanziert 60% der TPC

Kammern, Elektronik (auch ASICs), Detektorkontrolle, Software

- GSI Darmstadt,
P. Braun-Munzinger, Project leader,
- TU Darmstadt,
- Univ. Frankfurt,
- Univ. Heidelberg (Physikalisches Institut),
J. Stachel, Deputy Project leader,
P. Glaessel, Technical coordinator
- FH Worms

ALICE TRD (Transition Radiation Detector)

Kammern, Radiator, mechanische Struktur, Elektronik (einschließlich ASICs), Detektorkontrolle, Software, Pretrigger und Trigger

- GSI Darmstadt,
P. Braun-Munzinger, Deputy Project leader,
- TU Darmstadt,
- Univ. Frankfurt,
- Univ. Heidelberg,
J. Stachel, Project leader,
- Univ. Münster,
J.P. Wessel, Technical coordinator
- FH Köln,
- FH Worms

ALICE HLT (High level trigger)

Deutschland finanziert 80%

- Univ. Heidelberg (KIP),
V. Lindenstruth,
- Univ. Heidelberg KIP,
U. Bergen, Project leader (zusammen mit D. Roehrich)

Insgesamt 80 Beteiligte, davon im Moment 27 Doktoranden

Beschreibung der Komponenten mit deutscher Beteiligung

Der „Übergangsstrahlungsdetektor“ (Transition Radiation Detector TRD) hilft, Elektronen aus den Tausenden in einer Kollision produzierter geladener Teilchen herauszusortieren. Da Elektronen eine sehr geringe Masse haben, bewegen sie sich im Detektor deutlich schneller als andere Teilchen. Wenn solch schnelle Teilchen eine Grenzfläche zwischen Materialien mit unterschiedlichen Brechungsindizes durchqueren, emittieren sie gelegentlich (in etwa einem aus hundert Fällen) ein Röntgen-Quant. Im TRD wird dieses Röntgenquant sowohl generiert aus auch – zusätzlich zu der normalen, durch alle geladenen Teilchen erzeugten Ionisation – nachgewiesen. Durch dedizierte integrierte Elektronik, die direkt auf dem Detektor sitzt, passiert das auf einer Zeitskala von wenigen Mikrosekunden und kann daher noch als Triggerentscheidung für die Auswahl eines Ereignisses dienen.

Die ALICE TPC ist eine Driftkammer (Time Projection Chamber) mit 95 m^3 Gasvolumen in Form einer riesigen Tonne. In einer Blei-Blei-Kollision durchqueren tausende geladener Teilchen diese TPC und ionisieren das Gas. Durch eine zentrale Hochspannungselektrode auf 100 kV wird ein elektrisches Feld geschaffen, in dem die Elektronen zu den Endkappen der Tonne driften und dort in Vieldrahtproportionalkammer ein verstärktes Signal erzeugen. Dieses wird mittels 562.000 Kathodenpads, die unter den Verstärkungsdrähten liegen, ausgelesen und durch hochintegrierte Elektronik (“custom asics”) verstärkt, geformt, digitalisiert und prozessiert. Bis zu 15.000 Spuren geladener Teilchen können mit je etwa 180 Spurpunkten mit besser als 500 Mikrometer Auflösung in allen drei Dimensionen rekonstruiert werden. Außerdem lassen sich durch den Grad der Ionisation verschiedene Teilchensorten unterscheiden (Elektronen, Pionen, Kaonen, Protonen).

ATLAS – Beiträge deutscher Gruppen zum Experiment



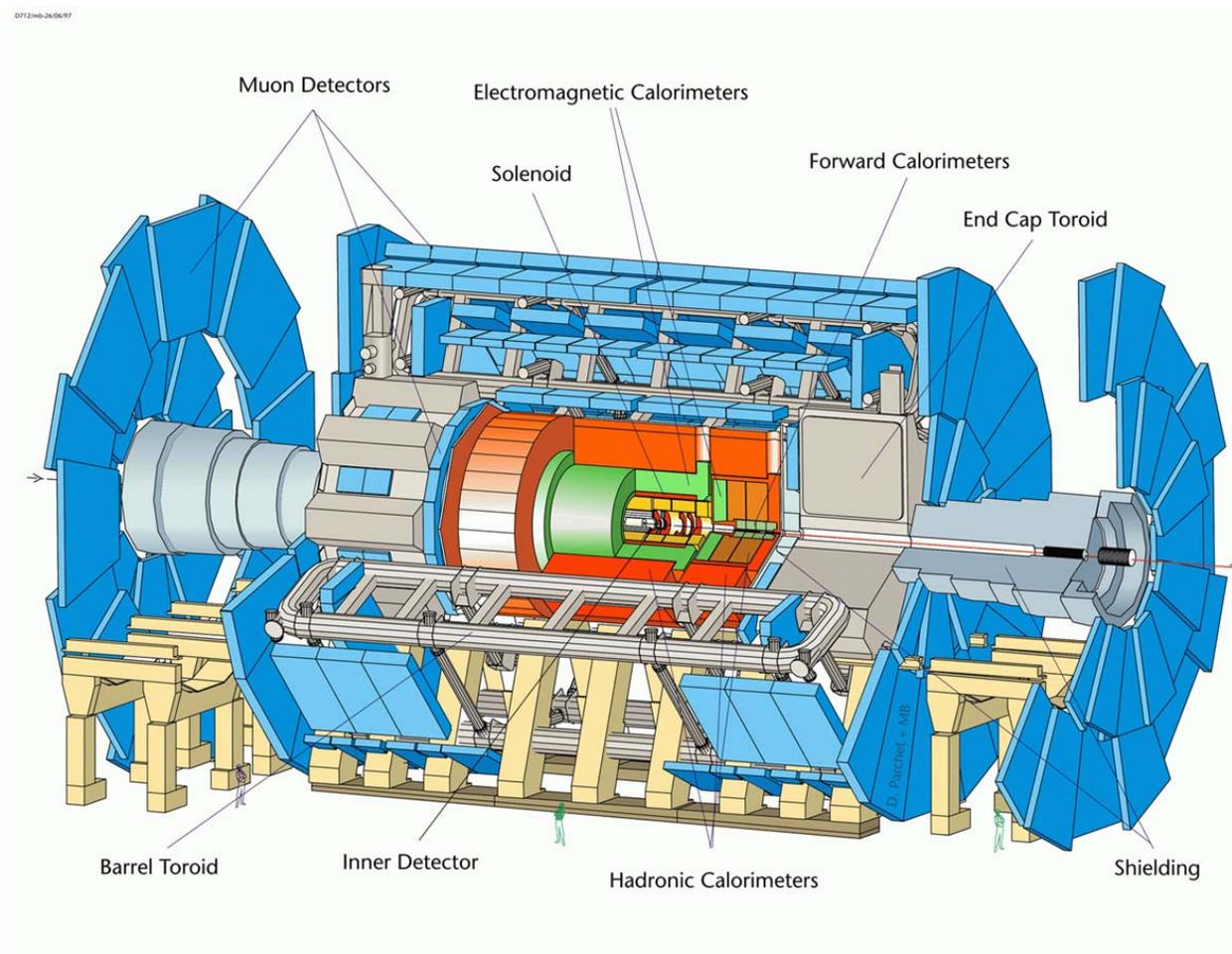
ATLAS SCT

Arbeitsgruppen an 12 Instituten

- 100 Wissenschaftler
- 75 Doktoranden
- 40 Diplomanden
- 50 Ingenieure und Techniker

Deutscher Beitrag zum Bau des Detektors

- ca. 1996 - 2006
- 900 Personenjahre
- 27 Mio. € reine Baukosten
- 10 Mio. € weitere Beiträge



Pixeldetektor

- Univ. Bonn
- Univ. Dortmund
- Univ. Siegen
- Univ. Wuppertal

Liquid Argon Kalorimeter

- MPI München
- TU Dresden
- Univ. Mainz
- Univ. Wuppertal

Trigger & DAQ

- Univ. Heidelberg
- Univ. Mainz
- Univ. Mannheim
- HU Berlin
- DESY

Vorwärtsdetektor

- Univ. Giessen

Myon Kammern

- Univ. Freiburg
- LMU München
- MPI München

Mikrostreifendetektor

- Univ. Freiburg
- MPI München

Alle Institutionen sind seit 1996 beteiligt.

TU Dresden, Univ. Giessen, HU Berlin und DESY sind seit 2006 beteiligt.

CMS – Beiträge deutscher Gruppen zum Experiment



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

- Silizium-Spurdetektor, Alignment-System

III. Physikalisches Institut A der RWTH Aachen (Prof. M. Erdmann, Prof. T. Hebbeker)

- Myon-Detektoren

III. Physikalisches Institut B der RWTH Aachen (Prof. A. Stahl)

- Silizium-Spurdetektor, Elektronik für Tests

DESY Hamburg (Prof. J. Mnich)

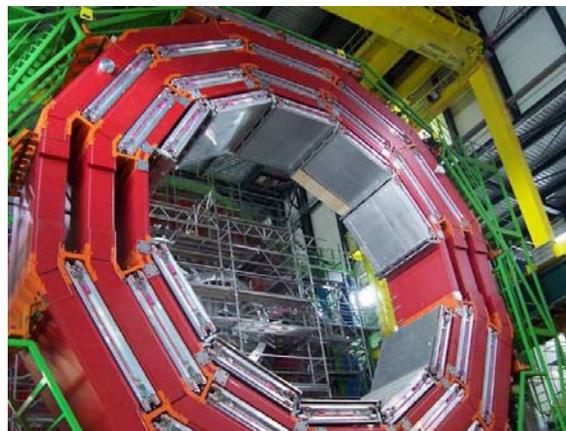
- Trigger

Institut für Experimentalphysik der Universität Hamburg (Prof. R. Klanner, Prof. P. Schleper)

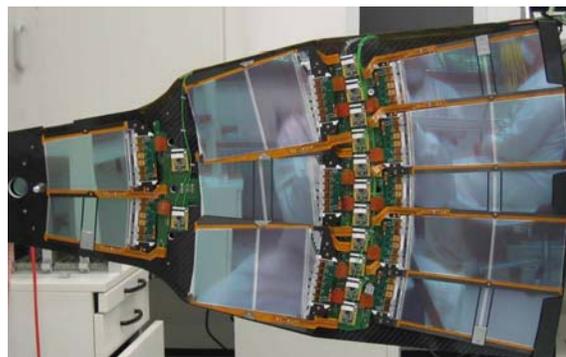
- Silizium-Spurdetektor

Institut für Experimentelle Kernphysik der Universität Karlsruhe (Prof. W. de Boer, Prof. M. Feindt, Prof. T. Müller, Prof. G. Quast)

- Silizium-Spurdetektor, Detektorkontrollsystem



Silizium-Detektor



Myon-Detektor



CMS Collaboration



36 Nations, 160 Institutions, 2008 Scientists and Engineers (November 2003)

TRIGGER & DATA ACQUISITION

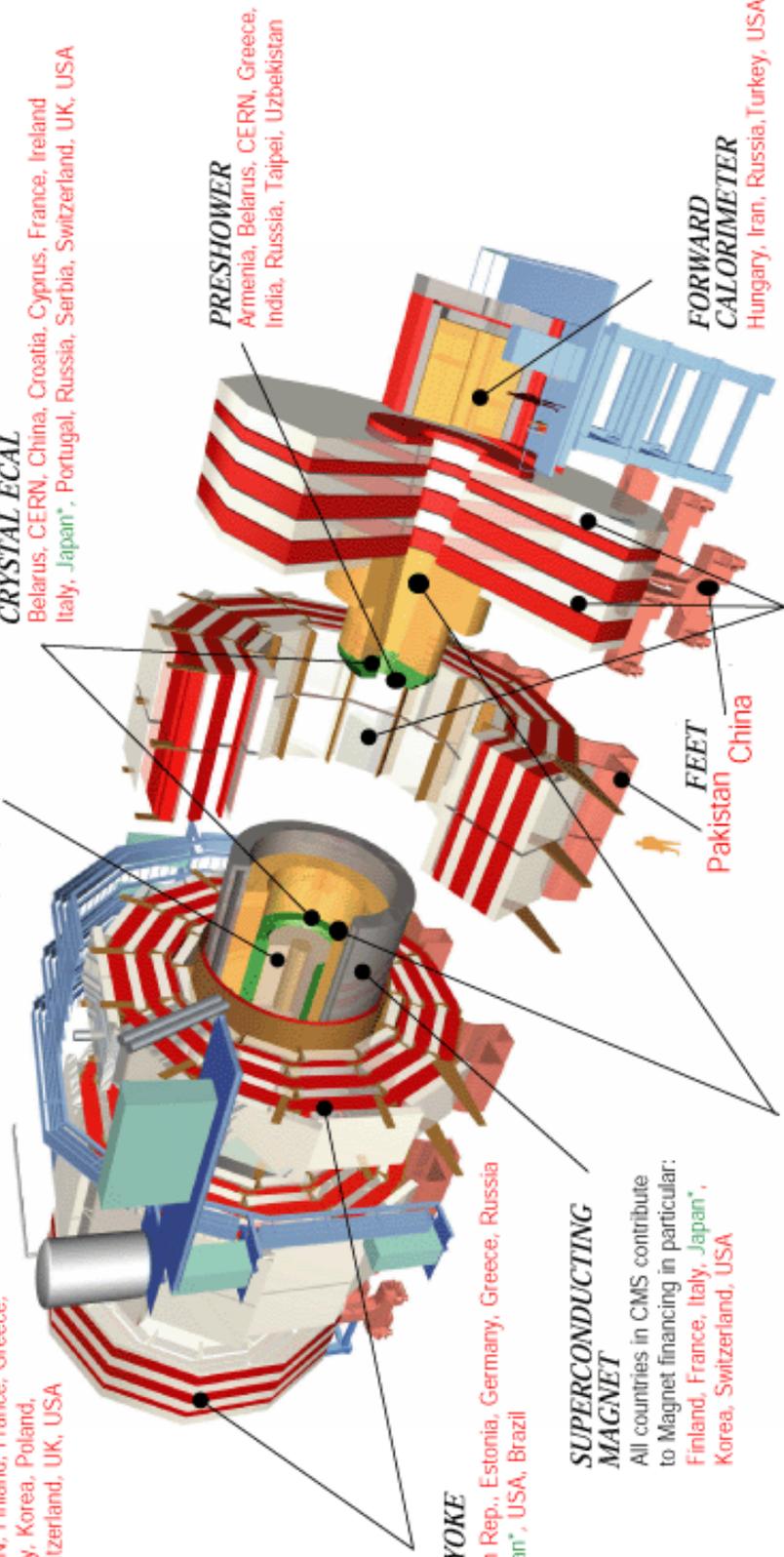
Austria, CERN, Finland, France, Greece, Hungary, Italy, Korea, Poland, Portugal, Switzerland, UK, USA

TRACKER

Austria, Belgium, CERN, Finland, France, New Zealand, Germany, Italy, Japan*, Switzerland, UK, USA

CRYSTAL ECAL

Belarus, CERN, China, Croatia, Cyprus, France, Ireland, Italy, Japan*, Portugal, Russia, Serbia, Switzerland, UK, USA



RETURN YOKE

Barrel: Czech Rep., Estonia, Germany, Greece, Russia
Endcap: Japan*, USA, Brazil

SUPERCONDUCTING MAGNET

All countries in CMS contribute to Magnet financing in particular:
Finland, France, Italy, Japan*, Korea, Switzerland, USA

HCAL

Barrel: Bulgaria, India, Spain*, USA
Endcap: Belarus, Bulgaria, Russia, Ukraine
HO: India

FORWARD CALORIMETER

Hungary, Iran, Russia, Turkey, USA

MUON CHAMBERS

Barrel: Austria, Bulgaria, CERN, China, Germany, Hungary, Italy, Spain,
Endcap: Belarus, Bulgaria, China, Korea, Pakistan, Russia, USA

Total weight : 12500 T
Overall diameter : 15.0 m
Overall length : 21.5 m
Magnetic field : 4 Tesla

* Only through industrial contracts

I. Physikalisches Institut RWTH Aachen

Prof. Dr. S. Schael

Lehrstuhl für Experimentalphysik

Prof. Dr. L. Feld

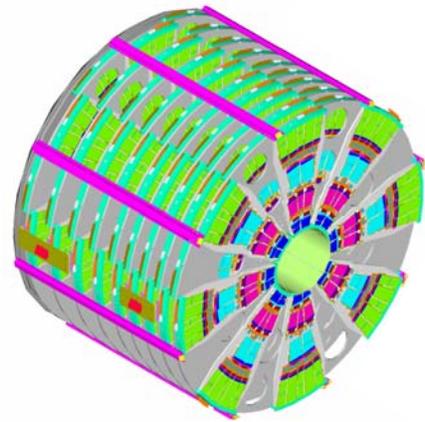
Lehr- und Forschungsgebiet Hochenergiephysik

Die Beiträge des 1. Physikalischen Instituts der RWTH Aachen konzentrieren sich auf den Silizium-Spurdetektor:

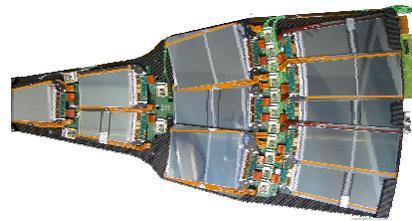
- Entwicklung des Konzepts für den Aufbau der Endkappen des CMS-Spurdetektors aus Substrukturen (sog. Petals), auf denen die Silizium-Streifendetektor-module montiert sind
- Entwicklung und Fertigung der Tragestruktur für die beiden Endkappen des CMS-Spurdetektors
- Entwicklung und Fertigung von 300 Petal-Körpern
- Entwicklung und Fertigung von Elektronikplatinen für 300 Petals
- Entwicklung der Detektormodulrahmen und Fertigung der 1440 technisch anspruchsvollsten
- Dünndrahtbonden von 900 Detektormodulen
- Integration und Test einer der Endkappen in Aachen
- Entwicklung und Aufbau des Laser-Alignmentsystems für den CMS-Spurdetektor
- Beschreibung der Endkappen-Geometrie in der CMS-Software
- Entwicklung und Validierung von Algorithmen zum Alignment des CMS-Spurdetektors

Darüber hinaus beteiligt sich das 1. Physikalisches Institut an den Vorbereitungen für das Physikprogramm von CMS, insbesondere bei folgenden Themen:

- Suche nach dem Higgs-Boson im Zerfall in zwei Photonen
- Suche nach supersymmetrischen Teilchen und Messung ihrer Eigenschaften



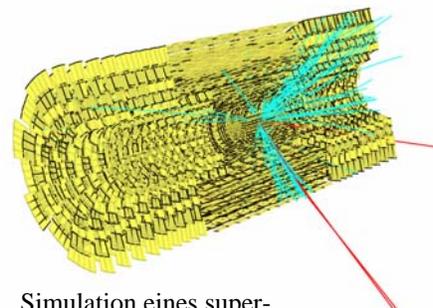
Eine Endkappe des CMS-Spurdetektors mit je 8 Petals auf jeder Seite von insgesamt 9 Disks



Ein Petal mit Silizium-Modulen



Eine Endkappe während des Aufbaus im Reinraum in Aachen



Simulation eines supersymmetrischen Neutralino-Zerfalls im CMS-Spurdetektor

III. Physikalisches Institut A der RWTH Aachen

Prof. Dr. T. Hebbeker, Prof. Dr. M. Erdmann

A) Entwicklung, Bau, Installation und Test von Myondetektoren

Myonen sind langlebige Elementarteilchen, die den gesamten CMS-Detektor durchfliegen und ein wichtiges Indiz für zerfallende neue Teilchen wie das Higgs-Boson darstellen. Die Vermessung von Myonspuren nimmt daher in CMS (= Compact Muon Solenoid) eine zentrale Rolle ein.

In Aachen wurden 75 Myondriftkammern gebaut, das entspricht etwa einem Viertel des gesamten zentralen Myonsystems.



Eine „Myonkammer“ besteht in der Regel aus 3 Superlagen, die wiederum in je 4 Einzellagen mit insgesamt etwa 200 Driftzellen unterteilt sind. Das Gas der Driftzelle wird von durchfliegenden Myonen ionisiert. Die dabei frei werdenden Elektronen werden in einem elektrischen Feld zum Anodendraht geleitet. Das dabei entstehende elektrische Signal zeigt das Myon an, aus der Zeitinformation kann der Durchgangsort genau bestimmt werden. Jede Kammer ist etwa 2 x 2,5 m groß. Das Bild links zeigt die letzte Kammer-Komponente beim Zusammenbau in Aachen. Alle Myonkammern wurden zum CERN transportiert, und von ihnen wurden bereits mehr als die Hälfte in den CMS-Detektor eingebaut. Das rechte Bild zeigt die aus Aluminium bestehenden Detektoren im rot lackierten Magnetjoch des CMS-Detektors. Im Herbst 2006 gelang es, bei eingeschaltetem Magnetfeld vollständige Spuren kosmischer Myonen nachzuweisen und zu vermessen.

B) Vorbereitung der Datenauswertung

Hier geht es sowohl um die Rekonstruktionssoftware für Myonen als auch um allgemeine Analysewerkzeuge und Vorstudien für Physikanalysen. Wichtige Themen sind die Suche nach den Higgs-Bosonen und anderen neuen Teilchen, insbesondere solchen, die in „Supersymmetrie“-Modellen vorhergesagt werden. Ferner wollen wir die Eigenschaften des Top-Quarks, des schwersten bekannten Elementarteilchens, genau studieren, um zu überprüfen, ob es sich wie die schon besser bekannten leichteren Quarks verhält. Für die Datenverarbeitung sind enorme Computer-Ressourcen erforderlich. In Aachen wird zusammen mit DESY in Hamburg ein so genanntes Tier-2-Rechnercluster aufgebaut und getestet.

Das Einzelmodul-Testsystem ARC (APV Readout & Control)

Für die Qualifikation aller bei CMS eingesetzten ca. 15.000 Silizium-Streifendetektor-Einzelmodule wurde ein Testsystem am III. Physikalisches Institut B entwickelt. Innerhalb von 30 Minuten erhält der Anwender detaillierte Untersuchungsergebnisse des gesamten Detektor-Moduls, die zentral in der CMS Datenbank gesichert werden. Insgesamt sind mehr als 100 Komplett-Systeme inklusive notwendiger Software an alle weltweit beteiligten Institute geliefert worden.



Aufbau der Einzelmodule auf größere Substrukturen (Petal-Integration)

Insgesamt werden 288 Substrukturen (Petals), belegt mit bis zu 28 Einzelmodulen benötigt, um die beiden Endkappen des CMS-Silizium-Spurdetektors zu bestücken. 32 dieser Substrukturen sind im III. Physikalisches Institut B gebaut und bei bis zu -25°C getestet worden. Zudem fungierte das Labor als Reparaturzentrum für fehlerhafte und problematische Substrukturen der gesamten Kollaboration, so dass insgesamt ca. 50 Petals für den Einbau in CMS qualifiziert wurden.



GRID Computing

Die beim LHC-Beschleuniger anfallenden riesigen Datenmengen werden im Rahmen des GRID-Konzeptes in weltweit verteilten Rechenclustern (Tier-Zentren) aufbereitet und analysiert. Für das CMS-Experiment errichtet und betreibt das III. Physikalisches Institut gemeinsam mit dem RWTH-Rechenzentrum und dem DESY in Hamburg ein Tier-2-Zentrum. Für die lokalen CMS-Benutzergruppen, vorrangig Doktoranden und Diplomanden, stellt das Institut zusätzliche Rechen-Kapazitäten in Form eines Tier-3-Zentrums zur Verfügung.



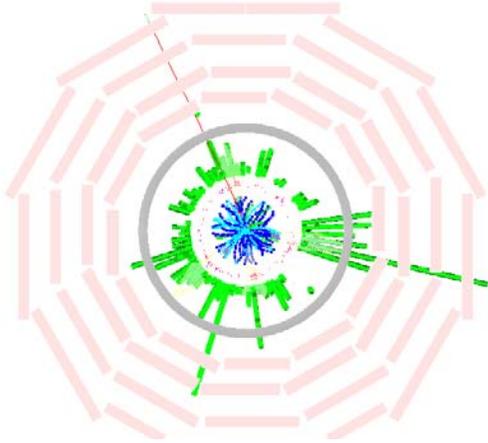


Abb. 1 Simuliertes Ereignis der Top-Paarproduktion im CMS-Detektor.

DESY wurde im Dezember 2005 als Mitglied in der CMS-Kollaboration aufgenommen. Die Gruppe besteht zurzeit aus 5 Physikern und einem Software-Ingenieur, sowie 3 Doktoranden. Die Gruppe arbeitet sehr eng mit der CMS-Gruppe der Universität Hamburg und den anderen an CMS beteiligten deutschen Universitäten zusammen. Große Unterstützung der DESY-Physiker als auch der anderen CMS-Gruppen leistet das DESY-Rechenzentrum. Mitglieder der DESY-Gruppe wurden in wichtige Leitungsfunktionen bei CMS berufen.

Ein Schwerpunkt der DESY-Beiträge zu CMS sind Software-Arbeiten für den High-Level-Trigger (HLT). Die Entwicklung des HLT-Supervisors, der u.a. Trigger-Konfigurationen an die ca. 200 Prozessoren

des HLT laden und statistische Betriebsdaten sammeln soll, ist von DESY übernommen worden. Weiterhin leistet DESY Beiträge zur technischen Koordinierung des Aufbaus des Experiments. Ein auf diesem Gebiet sehr erfahrener DESY-Physiker bekleidet die Funktion des stellvertretenden CMS Technical Coordinators.

CMS hat im Juni dem LHCC den zweiten Teil des so genannten Physics TDR vorgelegt, der beruhend auf vollständigen, detaillierten Detektorsimulationen das physikalische Potential des Experiments beschreibt. Der gesamte Bereich der Standardmodellphysik, d.h. QCD und Diffraction, Top- und b-Physik, sowie elektroschwache Physik, ist dabei von einem DESY-Physiker koordiniert und editiert worden. Als Beispiel zeigt Abb. 1 eines von vielen dafür simulierten und analysierten Ereignisse.

Auch im Bereich des Aufbaus des CMS-Computings leistet DESY entscheidende Beiträge. Ein erfahrener DESY-Wissenschaftler wurde zusammen mit einem Kollegen aus Nordamerika mit der Koordination der Computing-Integrationsaufgaben betraut, die dazu dienen, die in den weltweit verteilten Zentren installierten Computing-Ressourcen zu einem homogenen System zu integrieren. Unter anderem hatte DESY in den letzten Monaten einen sehr hohen Anteil an der Produktion von 50 Millionen simulierten Ereignissen, die für einen Testlauf des CMS-Computing- und Analyse-Modells im Jahr 2006 gebraucht werden.

Im Zuge der Restrukturierung des CMS-Managements ist ein weiterer DESY-Physiker im September zum nächsten CMS Computing Coordinator gewählt worden. Er wird damit ab Januar dem Top-Management der Kollaboration angehören.

Profil der Arbeitsgruppe

Das Institut für Experimentalphysik der Universität Hamburg beteiligt sich seit Dezember 2003 am CMS-Experiment. Die Arbeitsgruppe besteht gegenwärtig aus vier Physikern, drei Doktoranden, vier Diplomanden und technischem Personal. Entscheidend für unseren Beitrag ist die vorhandene Expertise sowohl in der Entwicklung, dem Bau und dem Betrieb von Silizium-Detektoren für den Teilchennachweis, als auch die Erfahrung in der Datenanalyse an Teilchenbeschleunigern.

Um das Physikpotenzial des LHC voll auszunutzen, muss der CMS-Detektor alle Endprodukte von Proton-Proton-Kollisionen effizient nachweisen, insbesondere geladene Teilchen. Hierfür ist das CMS-Experiment mit einem 2,4 m x 5,4 m großen Halbleiter-Spurdetektor ausgestattet, der sich innerhalb eines 4 Tesla starken Magnetfeldes befindet. Mit einer sensitiven Detektorfläche von über 200 m² ist er der größte Halbleiter-Spurdetektor, der je gebaut wurde. Die inneren 3 Lagen bestehen aus Pixel-Detektoren, die äußeren 10 Lagen aus Streifendetektoren.

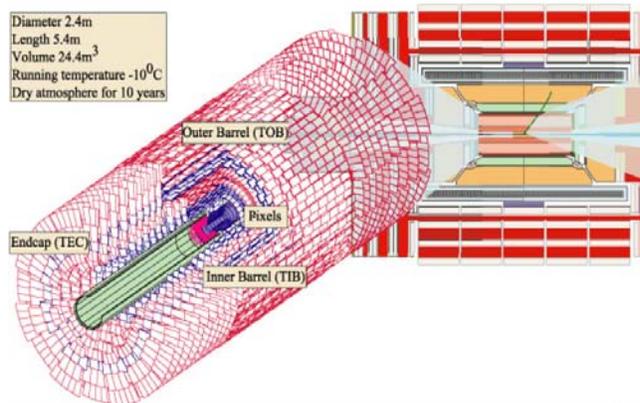


Abbildung: Der CMS-Silizium-Spurdetektor im Überblick(links), Hamburger Techniker beim Montieren von Detektorkomponenten (rechts).

Die Hamburger Arbeitsgruppe war maßgeblich am Aufbau des Silizium-Streifendetektors beteiligt, zunächst beim Bau einzelner Siliziummodule, später beim Aufbau größerer Detektorstrukturen unter Mitarbeit zweier Techniker des Instituts am CERN.

Momentan entwickelt unsere Gruppe Methoden, den CMS-Spurdetektor auszurichten. Eine präzise Ausrichtung der Detektormodule ist notwendig, um die hervorragende intrinsische Ortsauflösung der Silizium-Detektoren bei der Spurrekonstruktion zu nutzen.

Parallel zum Aufbau des Detektors finden intensive Vorstudien zur Physik beim LHC statt, um das enorme Entdeckungspotenzial des Beschleunigers von Beginn an zu nutzen. Hierbei konzentrieren sich die Arbeiten der Gruppe auf drei Bereiche: Die Suche nach Physik jenseits des Standardmodells der Elementarteilchenphysik (speziell: Supersymmetrie), die Physik des Top-Quarks und Messungen der Quantenchromodynamik, bei denen die Gruppe von den Erfahrungen bei Experimenten am HERA-Beschleuniger bei DESY profitiert. Die Gruppe arbeitet in allen Bereichen eng mit den anderen deutschen CMS-Gruppen zusammen.



CMS-Gruppe

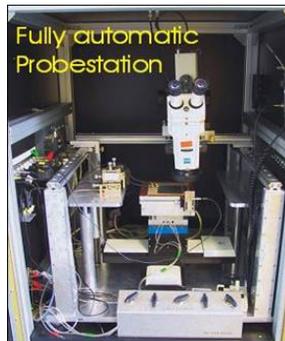
4 Professoren, 4 leitende Wissenschaftler, 6 PostDocs,
16 Doktoranden und Diplomanden, 5 Techniker

1. Detektorbau: CMS Spurdetektor

- Qualifizierung der Funktion und Strahlhärte von Siliziumstreifendetektoren
- Bau, Test von 800 Modulen, 102 Großmodulen (Petals) (ca. 35% des Gesamtdetektors) und von Teilen der Endkappenhalterungen
- Bau der Diamant-Strahlmonitore im CMS
- Koordination, Erstellung der Betriebssoftware



Simulation des LHC-Betriebs am Forschungszentrum Karlsruhe: Bestrahlung von 120 Sensoren, Hybriden und Modulen; Test im 8Tesla-Magnet.

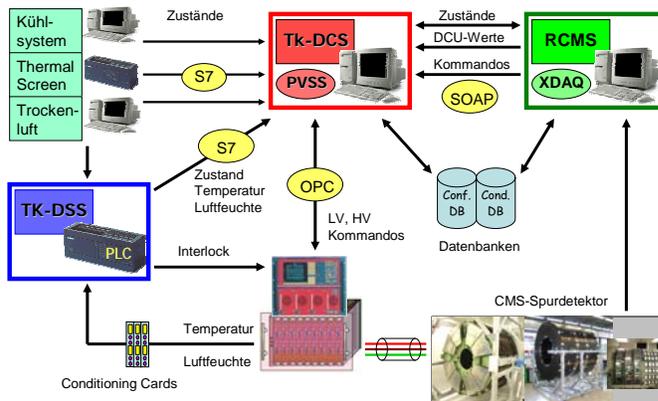


Selbstgebaute Probestation: Qualifizierung von 8000 Silizium-Sensoren

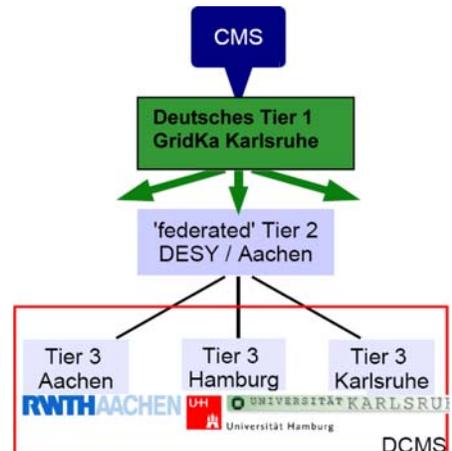


Bau von 102/288 Siliziumstreifen-Großmodulen der Endkappen im Reinraum, Karlsruhe

DCS Layout-Datenfluss



Flussdiagramm der Detektor-Kontroll-Software



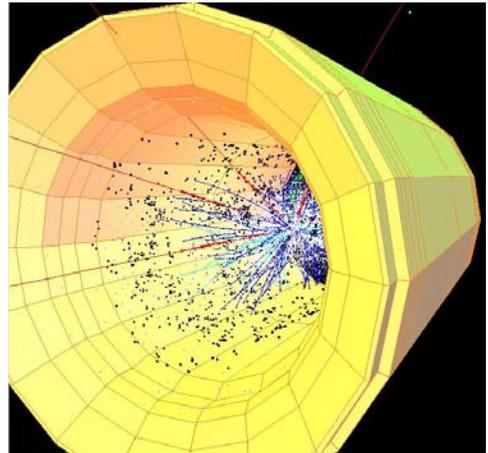
Flussdiagramm der Detektor-Kontroll-Software

2. Grid Computing

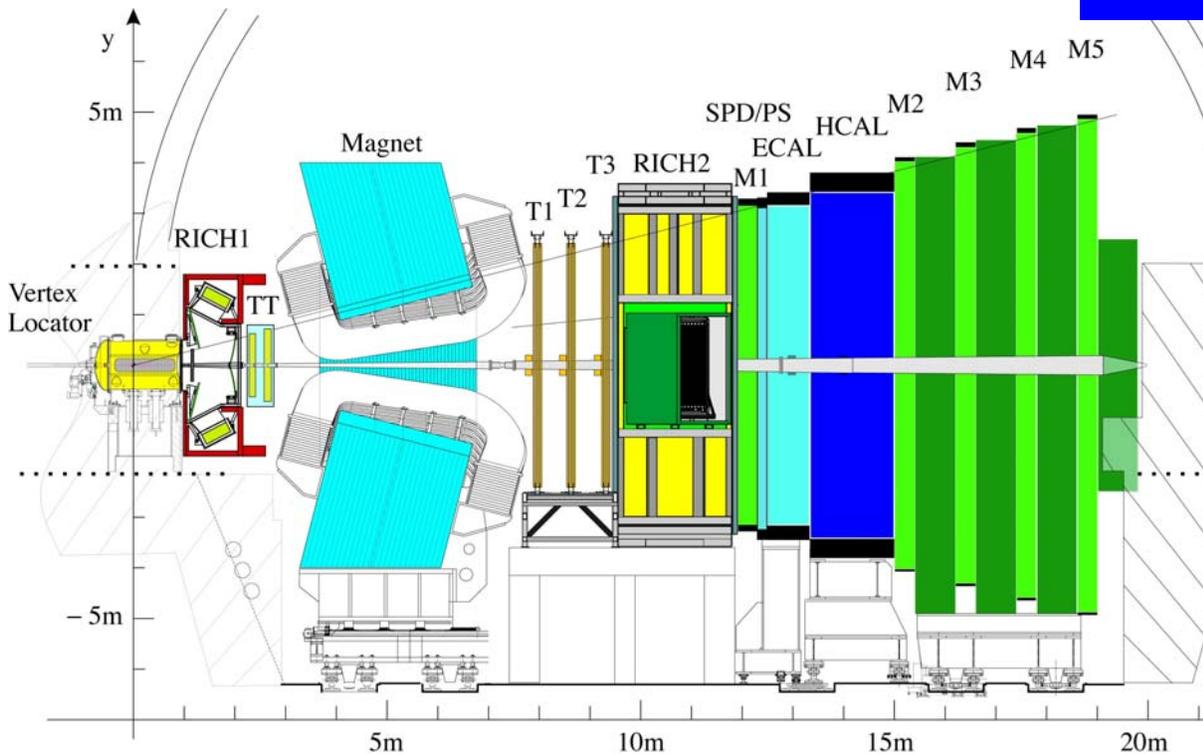
- Datenmanagement für CMS
- Koordination des Betriebes des Deutschen Tier1-Zentrum GridKa

3. Vorbereitung der Physik-Analyse

- Spur- und Vertexrekonstruktion zur Teilchenidentifikation
- Simulation von Teilchenschauern im Detektor
- Suche nach Higgs-Bosonen, Supersymmetrie (Dunkle Materie),
- Extra Dimensionen



LHCb – Deutsche Beteiligung am Experiment



Institute

- **Universität Dortmund, Institut für Experimentelle Physik, Prof. B. Spaan**

Arbeitsschwerpunkt: Äußeres Spurkammersystem

- Level-1 Zwischenspeicher für äußeres Spurkammersystem
- Strahlmonitor zur Überwachung der Strahlbedingungen von LHC
- Linux-Farm mit 160 CPUs zur Simulation von Ereignissen

- **Universität Heidelberg, Physikalisches Institut, Prof. U. Uwer**

Arbeitsschwerpunkt: Äußeres Spurkammersystem

- F&E für Driftkammermodule des äußeren Spurkammersystems
- Bau von etwa 25% der Driftkammermodule des Spurkammersystems
- Entwicklung und Bau eines strahlenharten Auslese-Chips
- Entwicklung und Bau der optischen Datenübertragungsstrecke für das äußere Spurkammersystem
- Koordination der Installation (Dr. S. Bachmann)

▪ **Max-Planck-Institut für Kernphysik, Heidelberg, Prof. M. Schmelling**

Arbeitsschwerpunkt: Silizium-Spursystem

- F&E für Siliziumdetektoren des Silizium-Spursystems
- Entwicklung eines strahlenharten Auslesechips zur Auslese von Vertex-Detektor und Silizium-Spursystems
- Entwicklung und Bau der detektornahen Ausleseelektronik des Silizium- Spursystems

Investitionen

Deutsche Gesamtinvestitionen: 3.418.200 EUR entspricht 7.1 % der Baukosten von LHCb.

Silizium-Spursystem: 1.105.000 EUR (29%)

Äußeres Spursystem: 1.728.000 EUR (36%)

Gemeinschaftliche Aufgaben: 585.000 EUR (4.9%)

Deutsche Geldgeber: 1.998.200 EUR (BMBF)

1.420.000 EUR (Max-Planck Gesellschaft)

Personal

Doktoranden (Diplomanden): 7 (3)

Physiker: 16

Techniker/Ingenieure: 11

Insgesamt: 34 (ohne Diplomanden)

Bereits abgeschlossene LHCb Diplom/Doktorarbeiten: 7/6