BMBF-Forschungsschwerpunkt
ATLAS Experiment

Physics on the TeV-scale at the Large Hadron Collider

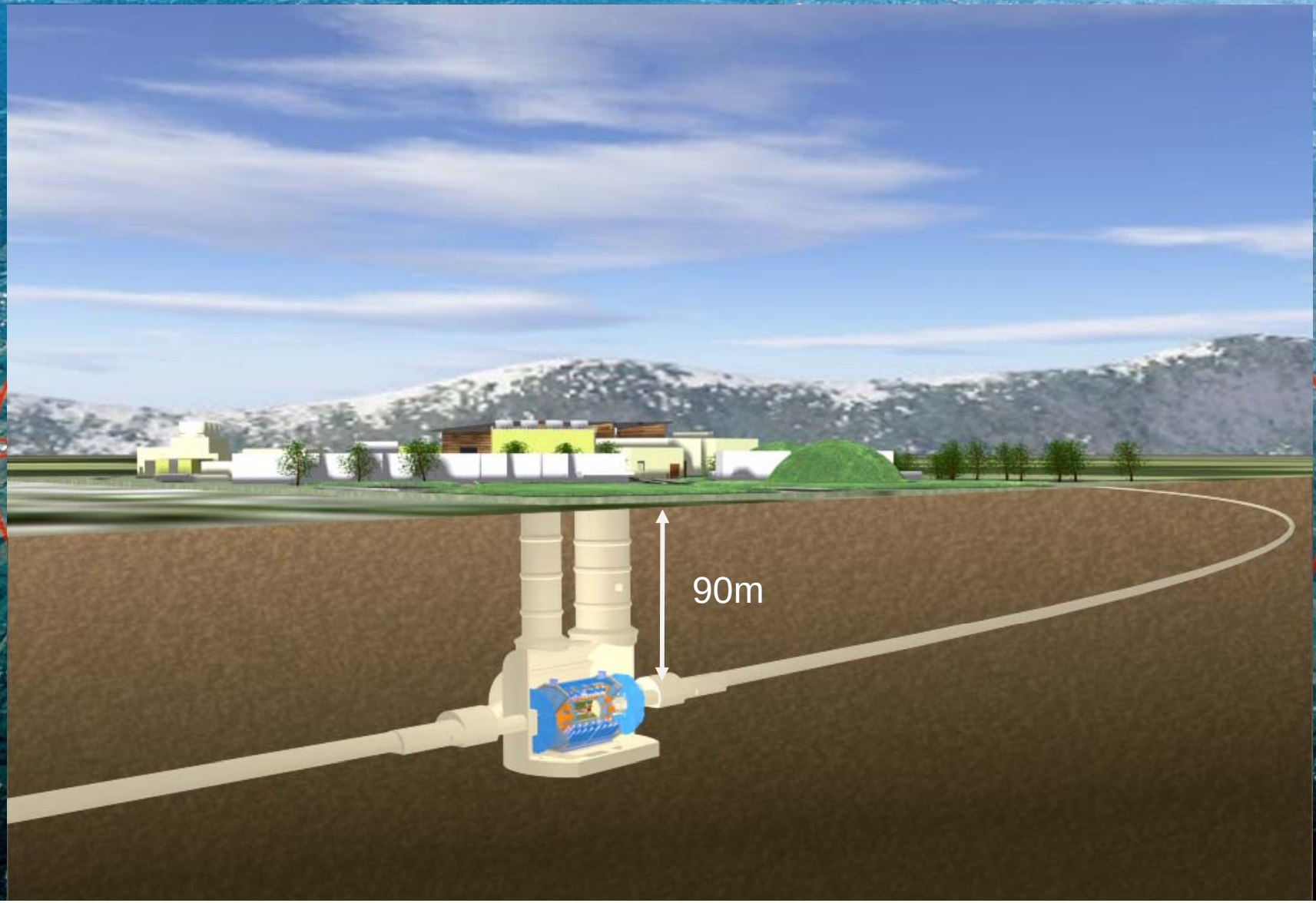
FSP 101 ATLAS

Humboldt-Universität Berlin
Rhein. Friedrich-Wilhelms-Universität Bonn (Sprecher)
Universität Dortmund
Technische Universität Dresden
Albert-Ludwigs-Universität Freiburg
Ruprecht-Karls-Universität Heidelberg
Johannes-Gutenberg-Universität Mainz
Universität Mannheim
Ludwig-Maximilians-Universität München
Max-Planck-Institut für Physik München
Universität Siegen
Bergische Universität Wuppertal

assoziiert
DESY - Deutsches Elektronen-Synchrotron

11 Universitäten + 1 MPI + 1 Forschungszentrum

DAS ATLAS EXPERIMENT



DAS ATLAS EXPERIMENT

DAS ATLAS EXPERIMENT

Wissenschaftliche Ziele

Die Untersuchung von Teilchenreaktionen, wie sie ca. 10^{-12} s nach dem Urknall stattgefunden haben. Vorstoß in einen neuen unbekannten Energiebereich (TeV). Unter anderem …

- Was ist der tiefere Grund dafür, dass die Elementarteilchen und alle Materie Masse besitzt ?
  ➔ Suche nach Higgs-Bosonen

- Welche Symmetrien und Symmetriebrechungen bestimmen die Welt ?
  ➔ Gibt es Super-Symmetry (SUSY) ?

- Gibt es mehr als 3 Raumdimensionen und 1 Zeitdimension ?
  ➔ Hinweise auf “Extra Dimensionen”

DAS ATLAS EXPERIMENT

1. Eine internationale Kollaboration
   34 Länder
   153 Institute
   1650 Wissenschaftler

2. Eine komplexe Apparatur (der ATLAS Detektor)
   25 m x 46 m, 7000 t
   ca. 100 Millionen elektronische „Kanäle”,
   40 Millionen mal pro s in „Bereitschaft“

3. Eine riesige Datenaufnahme- und Verarbeitungskapazität
   1 Mio GBytes/s verarbeiten → 1 CD pro s schreiben

4. Eine einmalige Datenauswertungsmaschinerie
   ein Computing GRID mit mehr als 100 000 CPUs
   und einem Datenvolumen von 50 Mio Gbyte/Jahr

DIE ARBEITSGRUPPEN IM FSP 101 ATLAS

Humboldt-Universität Berlin
Prof. H. Kolanoski
Prof. T. Lohse

- High Level Trigger (seit 2006)

Rheinische Friedrich-Wilhelms-Universität Bonn
Prof. I. Brock
Prof. V. Büscher
Prof. K. Desch
Prof. N. Wermes

- Pixeldetektor
- Toroid-Magnet

Universität Dortmund
Prof. C. Gössling

- Pixeldetektor

Technische Universität Dresden
Prof. M. Kobel

- Liquid Argon Kalorimeter (seit 2006)

Albert-Ludwigs-Universität Freiburg
Prof. G. Herten
Prof. K. Jakobs

- Myon-Spektrometer
- Silizium-Streifendetektor
- Grid Computing
- Toroid-Magnet

Ruprecht-Karls-Universität Heidelberg
Prof. K. Meier
Prof. H.C. Schultz-Coulon

- First Level Trigger

Johannes-Gutenberg-Universität Mainz
Prof. K. Kleinknecht
Prof. L. Köpke
Prof. H.G. Sander
Prof. S. Tapprogge

- Flüssig-Argon-Kalorimeter
- First Level und High Level Trigger
- Toroid Magnet

Universität Mannheim
Prof. R. Männer
Dipl. Ing. A. Kugel

- Trigger und Data-Acquisition

Ludwig-Maximilians-Universität München
Prof. O. Biebel
Prof. D. Schaile

- Myon-Spektrometer
- Grid Computing

Max-Planck-Institut für Physik (MPP) München
Prof. S. Bethke
Dr. H. Kroha, Dr. H.G. Moser, Dr. R. Nisius, Dr. H. Oberlack

- Liquid Argon-Kalorimeter
- Myon-Spektrometer
- Slilizium-Streifendetektor
- Grid Computing

Universität Siegen
Prof. P. Buchholz
Prof. I. Fleck
Prof. M. Schumacher

- Pixeldetektor

Bergische Universität Wuppertal
Prof. P. Mättig
Prof. C. Zeitnitz

- Pixeldetektor
- Grid Computing
- Flüssig-Argon-Kalorimeter

DESY Hamburg (assoz. Mitglied)
Dr. K. Moenig
Dr. M. Medinnis

- High Level Trigger (seit 2006)
- Grid Computing

FZ Karlsruhe

- Grid Computing

11 Universitäten + 1 MPI + 1 FZ (assoz.)

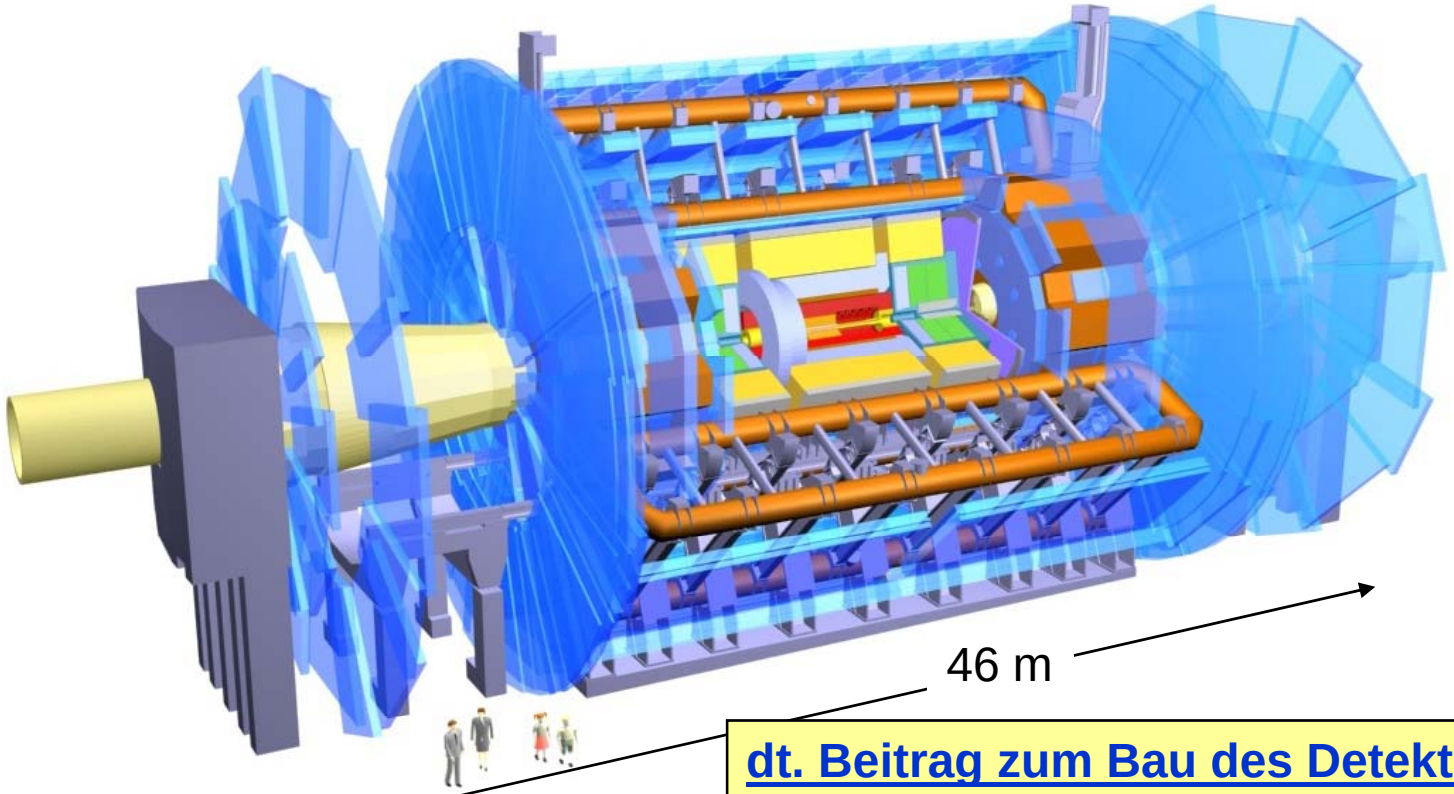
Leitungs- und Koordinationsaufgaben

H. Oberlack, MPP München, Projektleiter Liquid Argon, 2003 -2007
G. Herten, Freiburg, Projektleiter Myon MDT, 1999 - 2005
N. Wermes, Bonn, Stellv. Projektleiter Pixeldetektor , 1999-2001
R. Wunstorf, Dortmund, Stellv. Projektleiterin Pixeldetektor, 2001-2002
K. Jakobs, Freiburg, Higgs Physik Working Group Convenor, 1997 - 2003
M. Schumacher, Siegen, Higgs Physik WG Convenor, 2005 – 2007
K. Jakobs, Freiburg, (Stellv.) Physik Coordinator,(2006 – 2007) 2007 – 2009

Collaboration Board Chair (Deputy Chair)
S. Bethke, MPP München, 2002 – 2006

National Contact Physicist und Vertreter im Ressources Review Board (RRB)
K. Kleinknecht, Mainz, 1996 – 2005
N. Wermes, Bonn, seit 2006

Beiträge der FSP Institute zum ATLAS Detektor



Arbeitsgruppen an 13 Instituten

100 Wissenschaftler

75 Doktoranden
40 Diplomanden
} 1996-2006

50 Ingenieure und Techniker

3 Nachwuchsgruppen

dt. Beitrag zum Bau des Detektors

ca. 1996 - 2006

900 Personenjahre

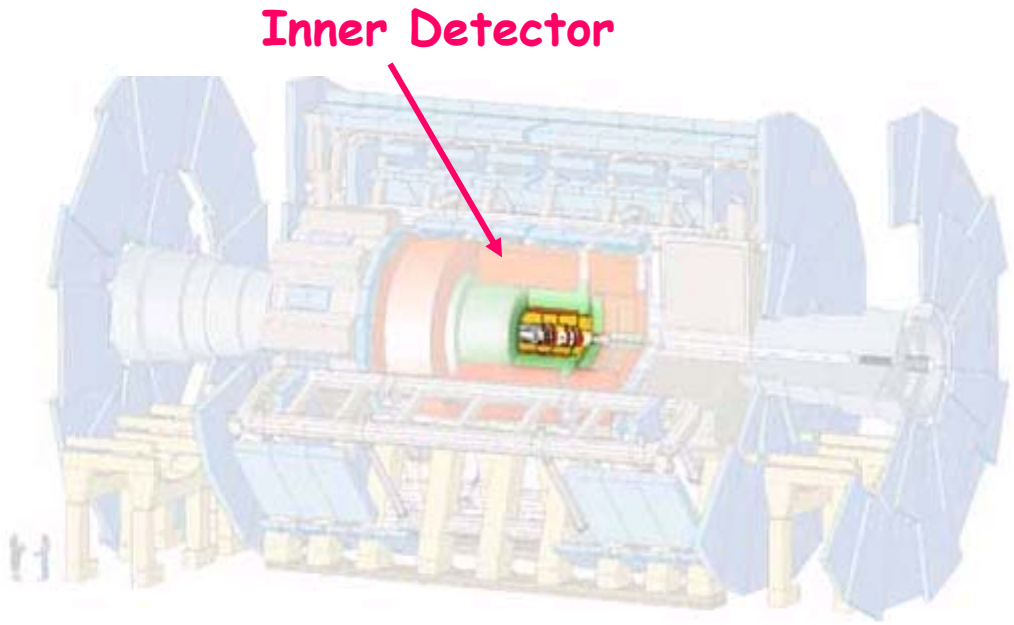
27 M€ reine Baukosten

> 10 M€ weitere Beiträge

Leyboldt, Suess, IZM, Delvotek, CiS, Kupferhütte, Poeschl, Visatrinoc, Würth, HASEC, WIENER, Plein u. Baus, Vakuumschmelze, IVW,, iseg, ABB, Rhode&Schwarz, IVW, iseg, ABB, Richter GMA:

19.6 M€

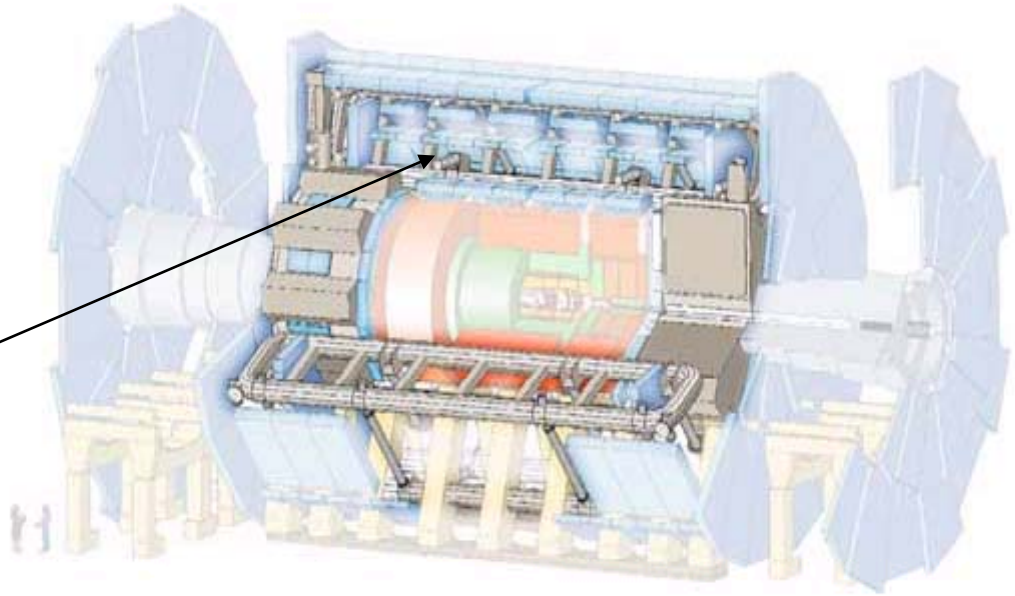
ATLAS DETEKTOR: VON AUSSEN NACH INNEN



Entwickelt und gebaut extern in den Instituten
Zusammenbau am CERN

ATLAS DETEKTORSYSTEME

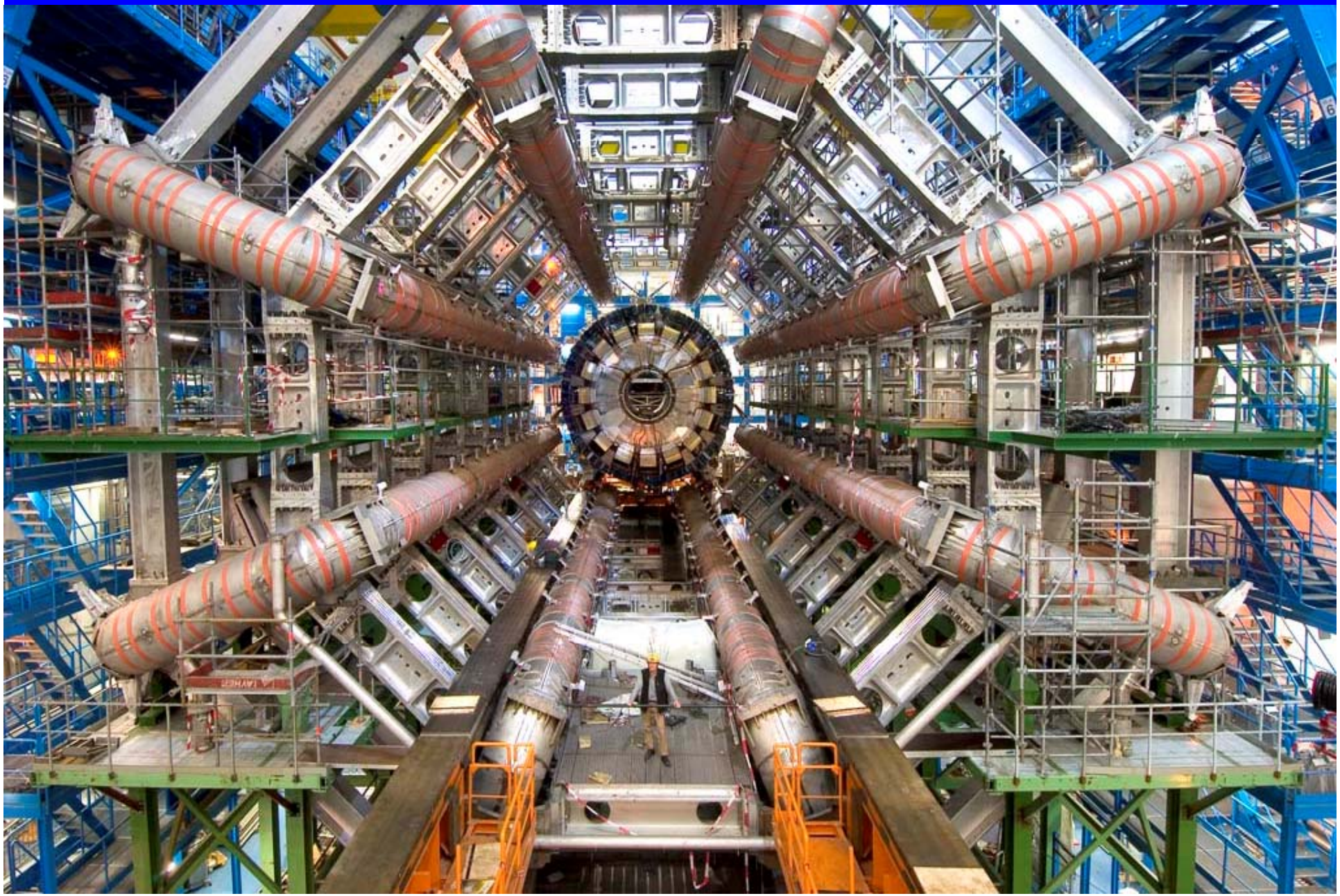
Magnet Systeme



Toroid Magnet

beteiligt:
Uni Bonn
Uni Freiburg
Uni Mainz

Toriod-Magnet: riesige Spulenkörper (26m lang)



ATLAS DETEKTORSYSTEME

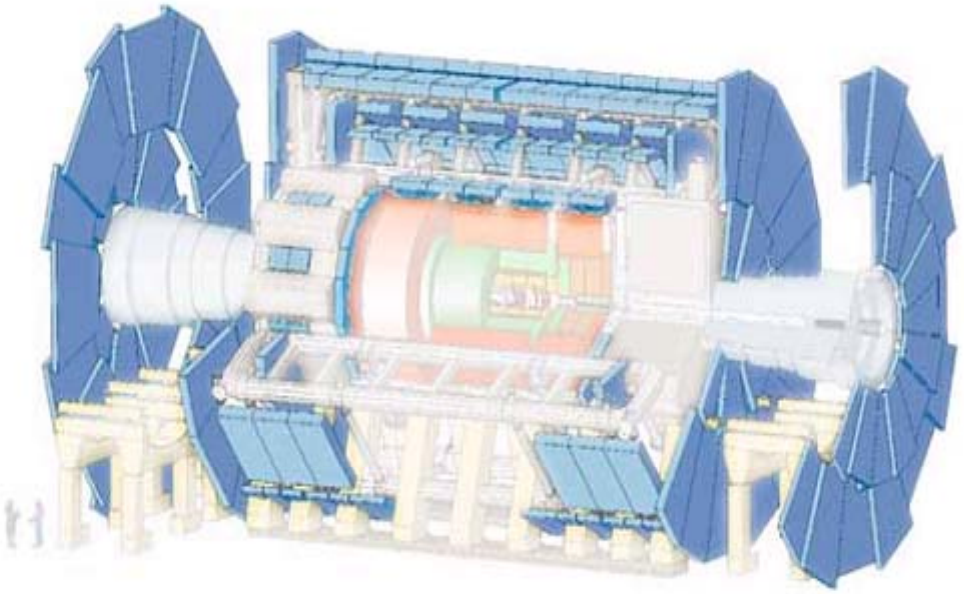
Spektrometer für Myonen

Myon-Driftkammern

Uni Freiburg
Prof. G. Herten

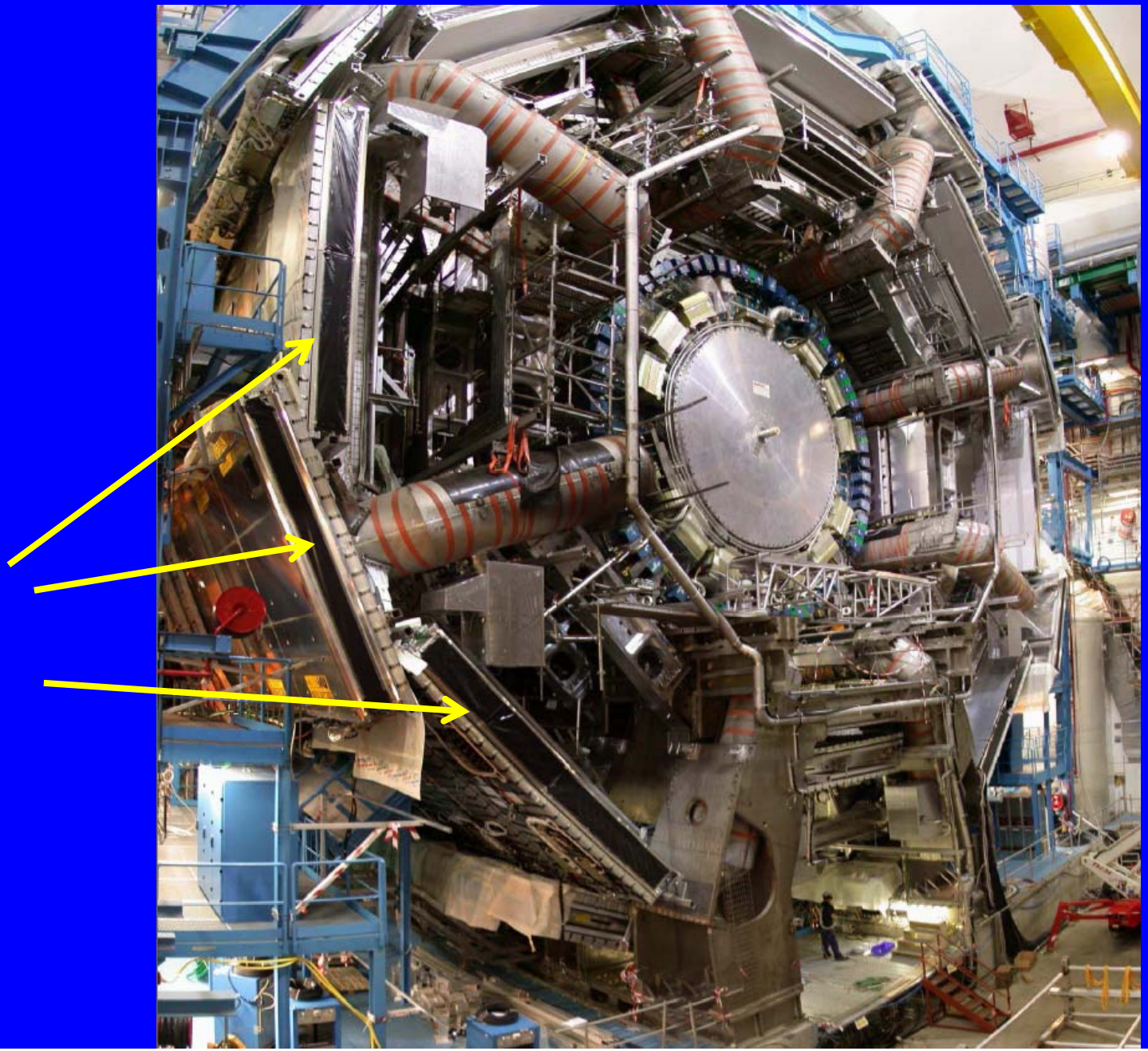
LMU München
Prof. O. Biebel
Prof. D. Schaile

MPP München
Prof. S. Bethke
Dr. H. Kroha



➔ **Bau von 120 MDT Kammern (800 m^2)**

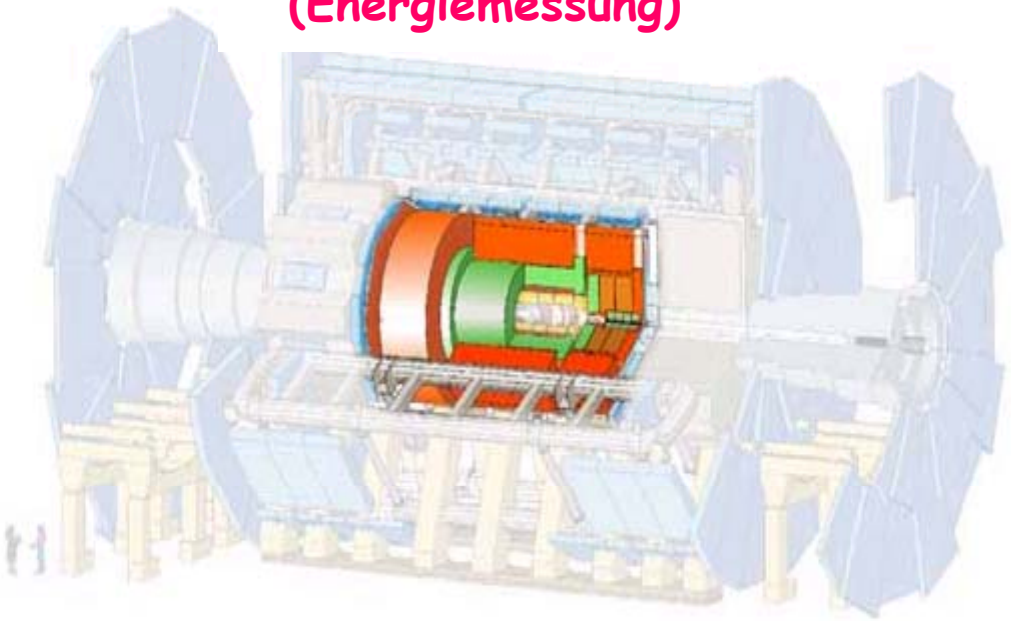
große Myonkammern (MDT) im Toroid Magneten



Uni Freiburg
LMU München
MPP München

ATLAS DETEKTORSYSTEME

Kalorimeter (Energiemessung)



Flüssig-Argon Kalorimeter

Uni Dresden

Prof. M. Kobel

MPP München

Prof. S. Bethke
Dr. H. Oberlack

Uni Mainz

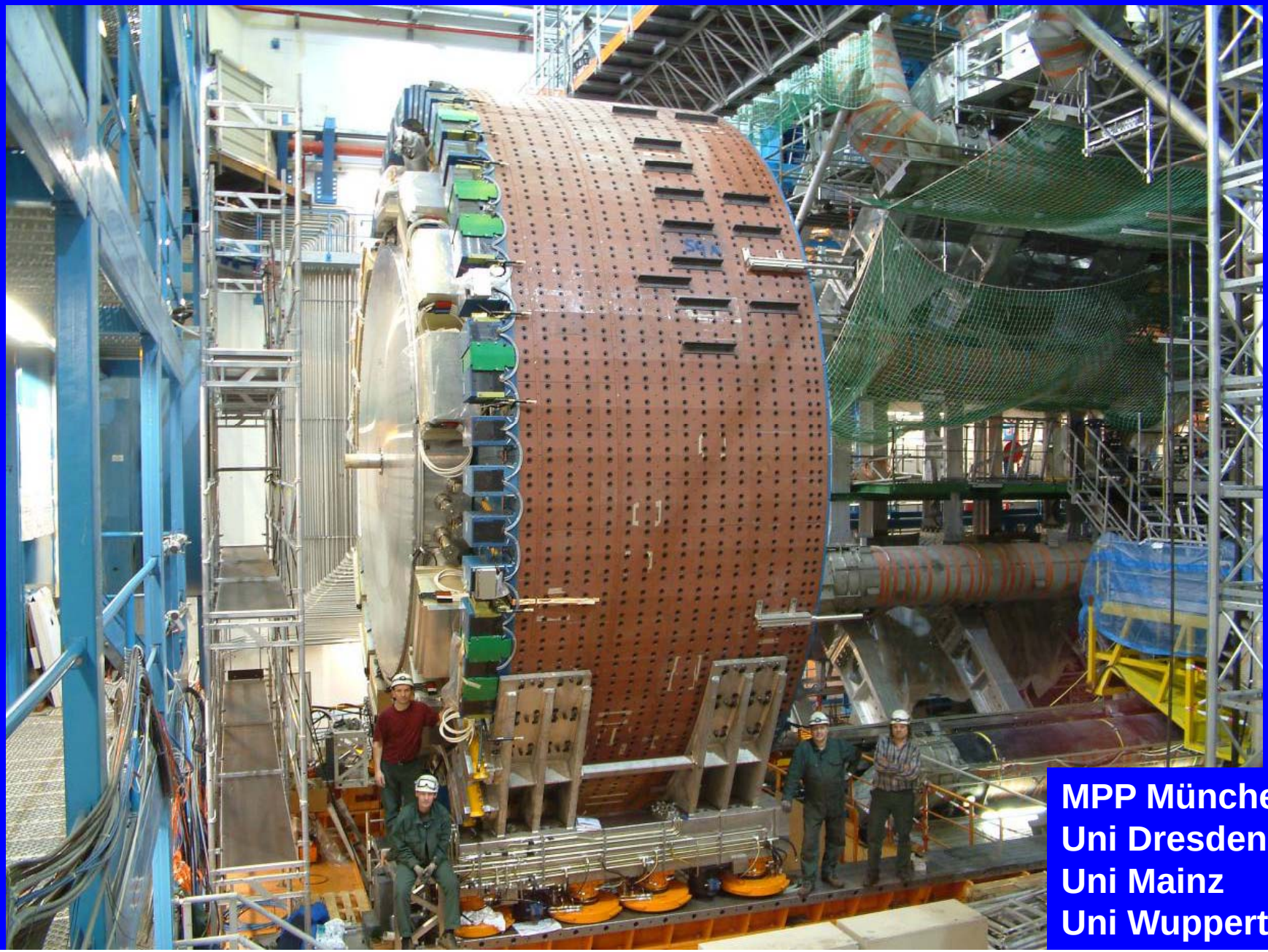
Prof. K. Kleinknecht
Prof. L. Köpke

Uni Wuppertal

Dr. H. Braun
Prof. P. Mättig
Prof. C. Zeitnitz

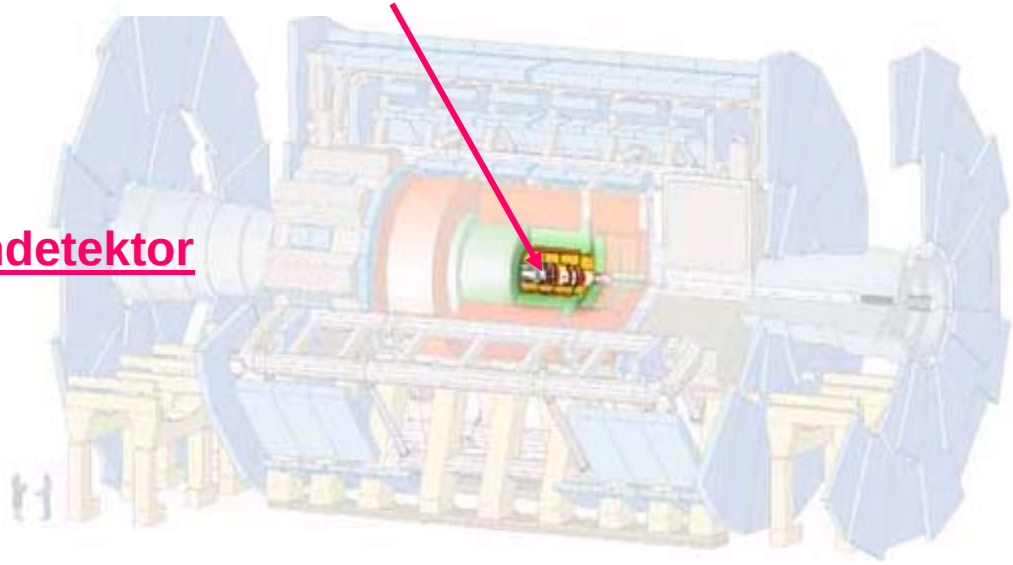
Bau der Hadron-Endkappen-Kalorimeter (HEC)

Kalorimeter Endkappe gefüllt mit flüssigem Argon: 37 000 Liter



MPP München
Uni Dresden
Uni Mainz
Uni Wuppertal

ATLAS DETEKTORSYSTEME



Silizium-Streifendetektor (Endkappen)

Uni Freiburg
Prof. K. Jakobs

MPP München
Prof. S. Bethke
Dr. H.G. Moser
Dr. R. Nisius

Bau von 230 Modulen der Endkappen

Pixeldetektor

Uni Bonn
Prof. N. Wermes

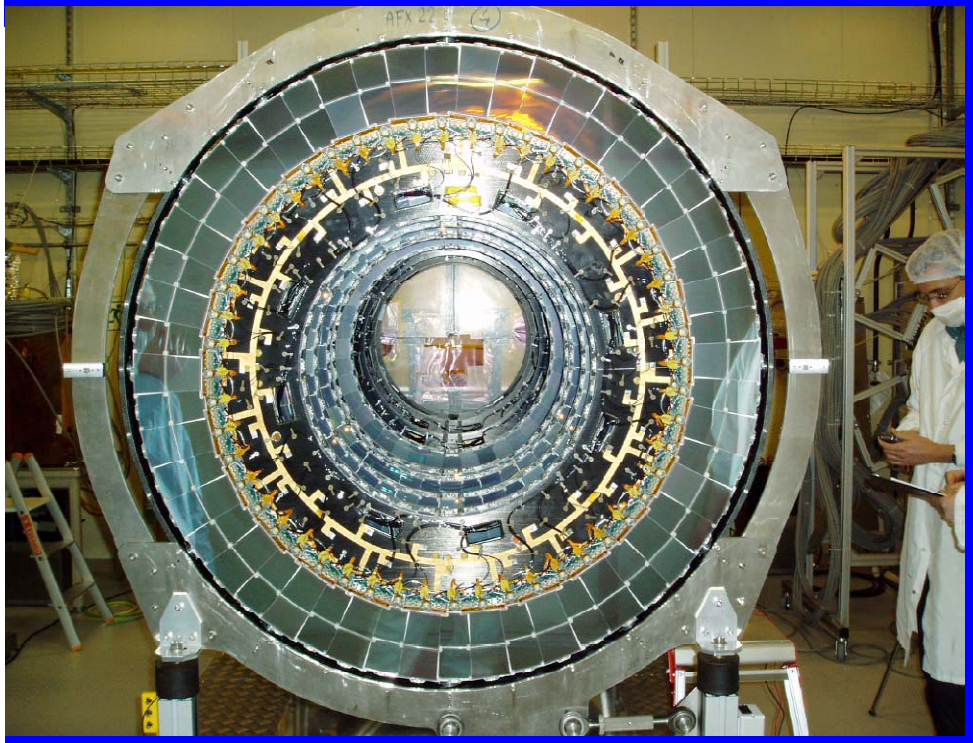
Uni Dortmund
Prof. C. Gössling

Uni Siegen
Prof. P. Buchholz

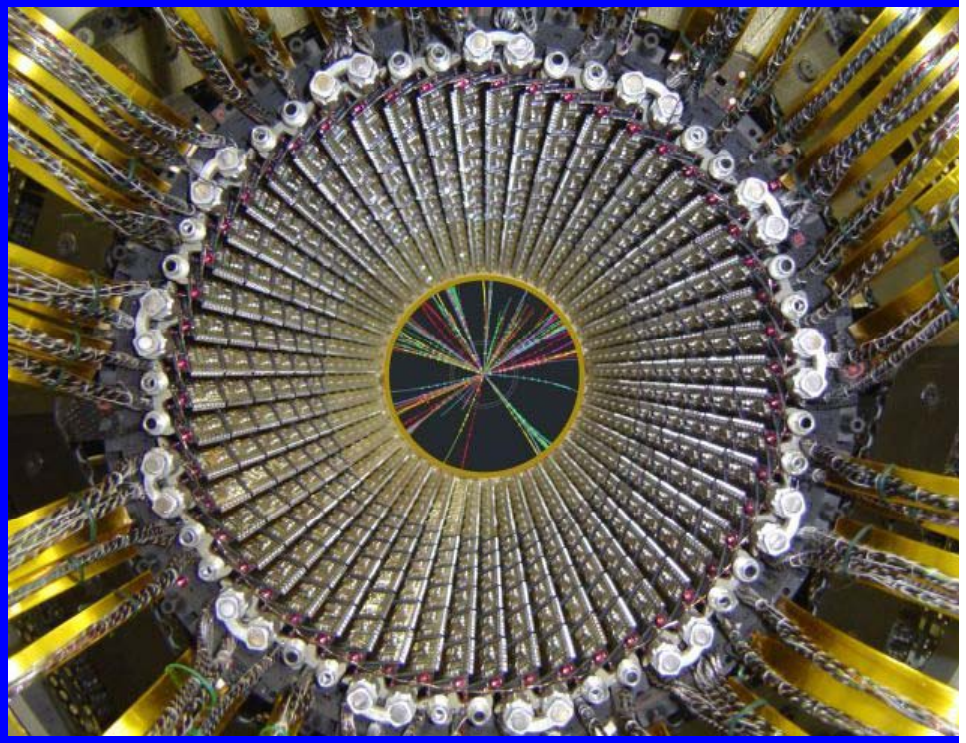
Uni Wuppertal
Prof. P. Mättig

Bau von ca. 50% des zylindrischen Barreldetektors (~1000 Module)

Silizium Mikrostreifendetektor
(hier: Endkappe)
15 Millionen Sensorstreifen



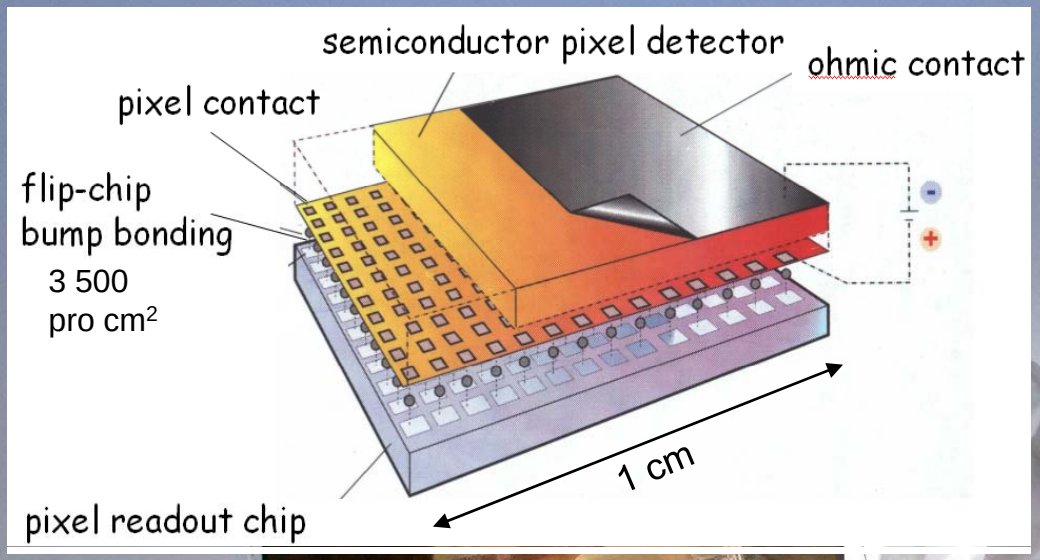
Pixeldetektor
80 Millionen Pixel

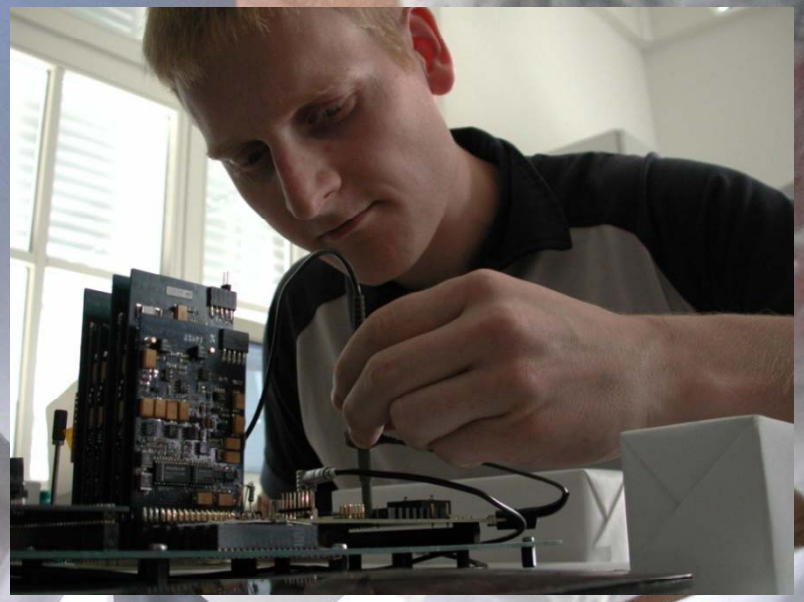


Uni Freiburg
MPP München

Uni Bonn
Uni Dortmund
Uni Siegen
Uni Wuppertal

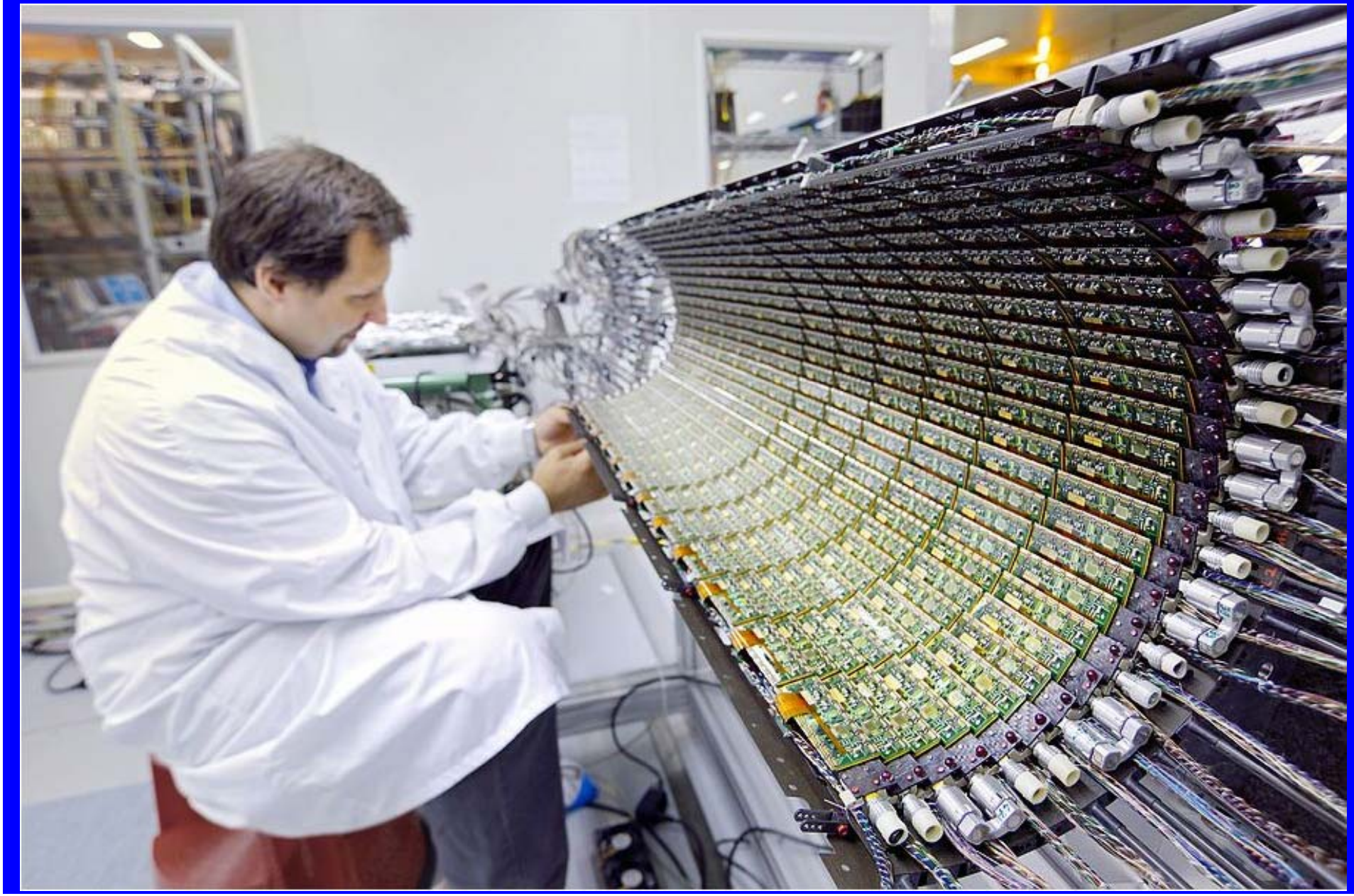
Z.B. DER PIXELDETEKTOR



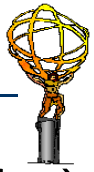


- ganz nahe am Kollisionspunkt (5cm)
- größter je gebaute Pixeldetektor
- Technologie wurde erst für LHC entwickelt
- „high tech“: strahlungsresistente Chips und Sensoren, Mikroverbindungstechnologie Mikrokabel
- spin-offs in bio-medizinische Bereiche
- interessante Diplom- und Doktorarbeiten

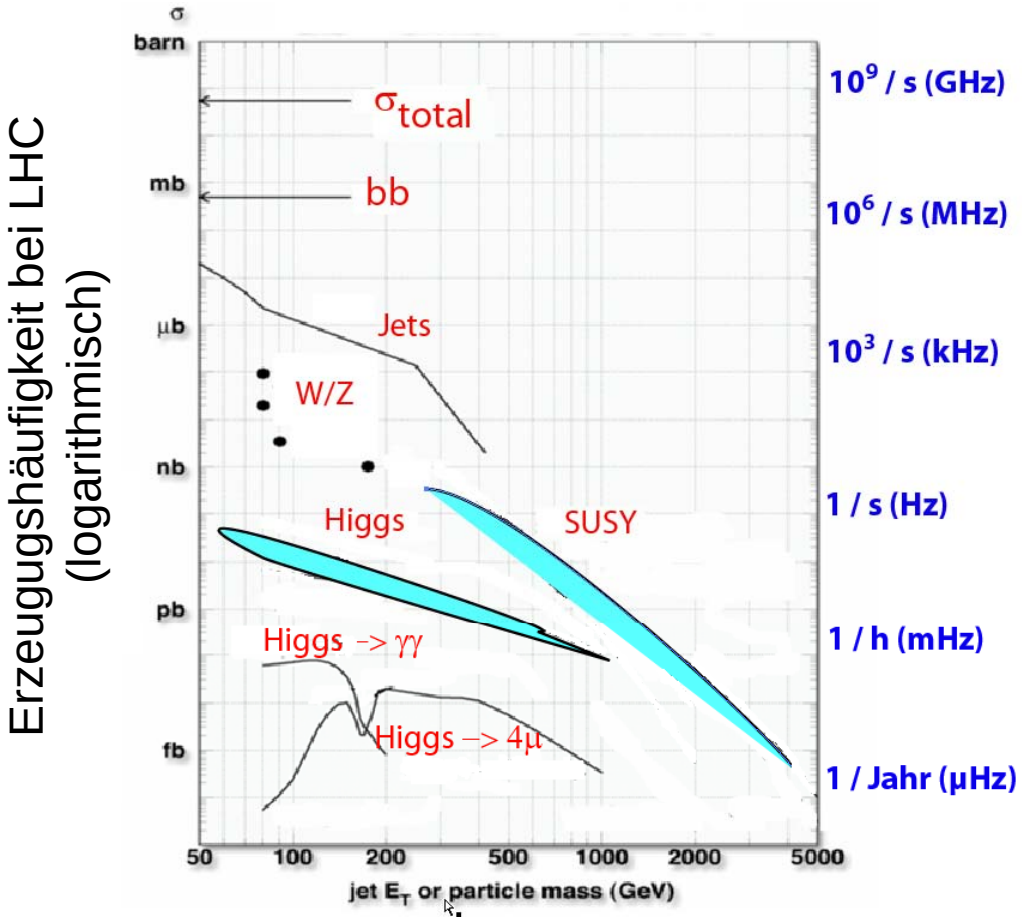
Pixeldetektor: nur 5cm vom Kollisionspunkt entfernt
80 Millionen Pixel, 80 Millionen Verstärker



AUSWAHL (TRIGGER) UND DATENNAHME



was wir suchen tritt nur jede 10-Milliardste Kollision auf (Nadel im Heuhaufen)



alle Kollisionen → nicht interessant

Trigger (2 μs)

abspeichern → evtl interessant (0.0005%)

mögl. Entdeckungen → nur 0.000000001%

zur Auswahl der interessanten Kollisionen ist ein komplexes System aus Elektronik und Software notwendig: **der Trigger**

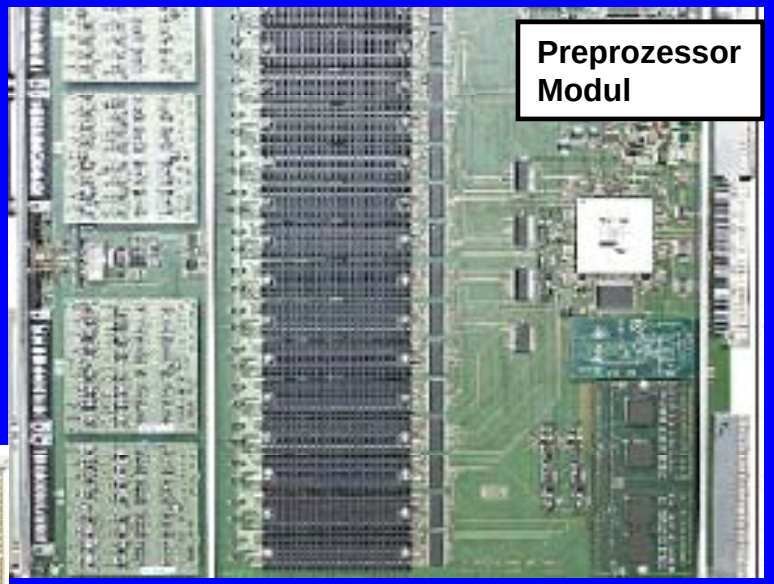
komplexe Trigger – Elektronik: Datenreduktion in 2µs und Datenverarbeitung

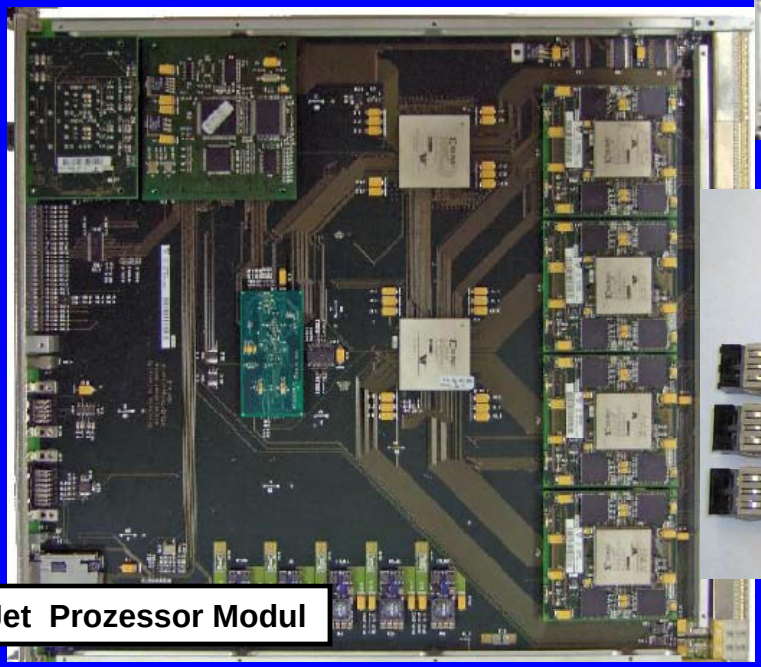
Uni Heidelberg (Level 1 Trigger)
Prof. K. Meier

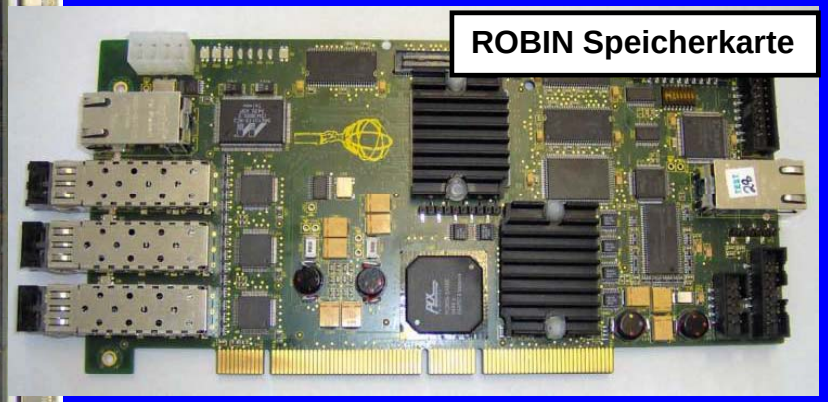
Uni Mainz (Level 1 u. High Level Trigger)
Prof. S. Tapprogge

Uni Mannheim (Trigger und DAQ)
Prof. R. Männer

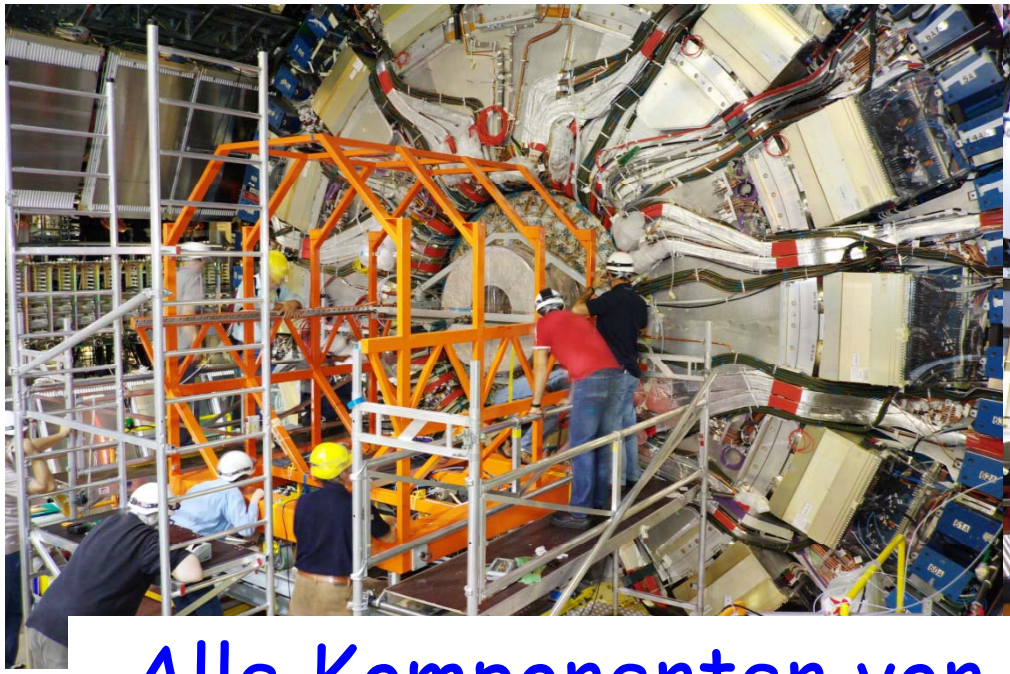
HU Berlin / DESY / Uni Hamburg (HLT)
Prof. J. Haller, Prof. H. Kolanoski
Prof. T. Lohse, Dr. K. Moenig, Dr. M. Medinnis

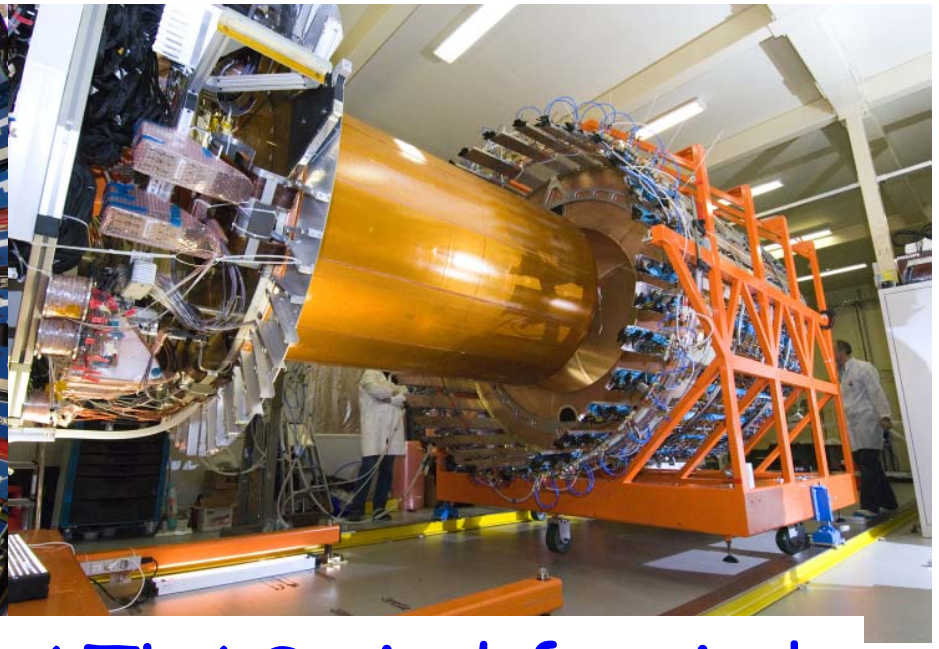




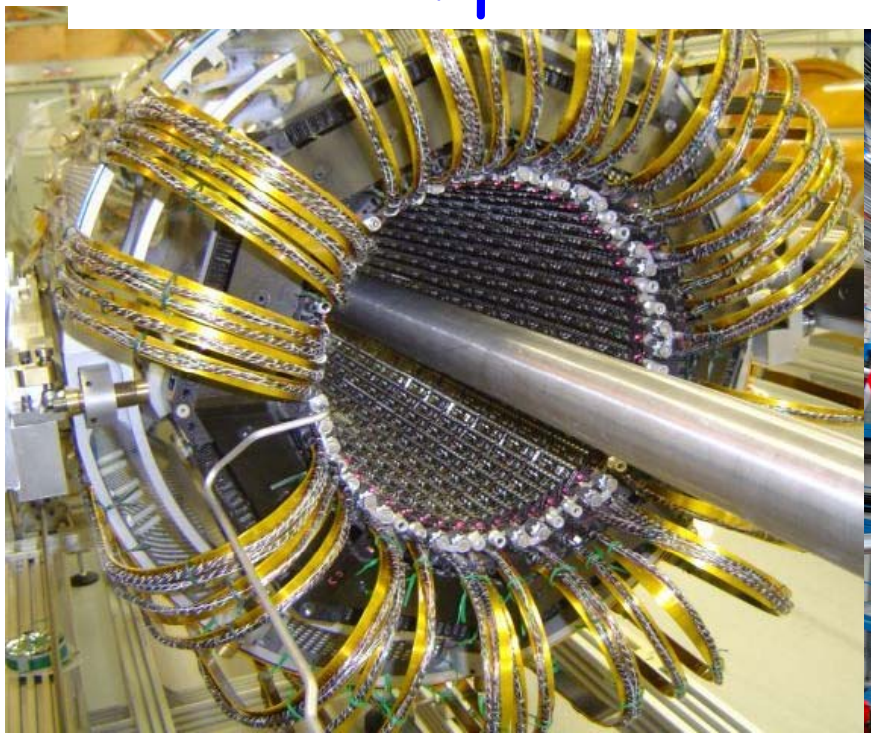


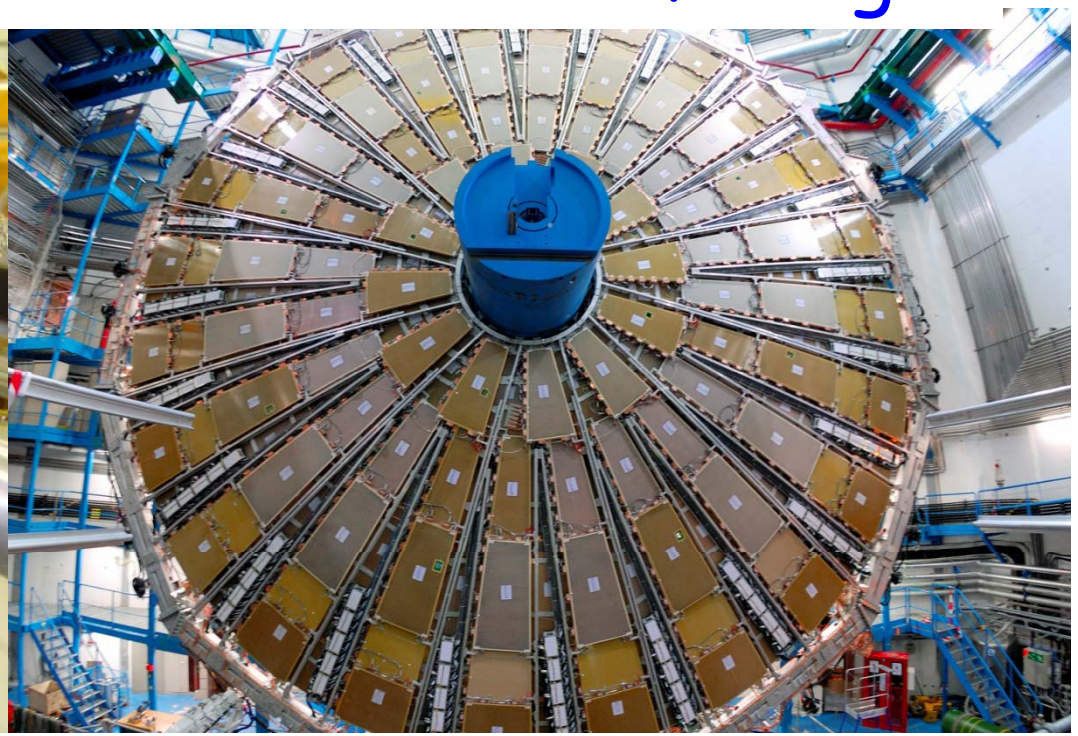
spin-off → industrielle Bildverarbeitung



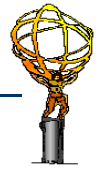


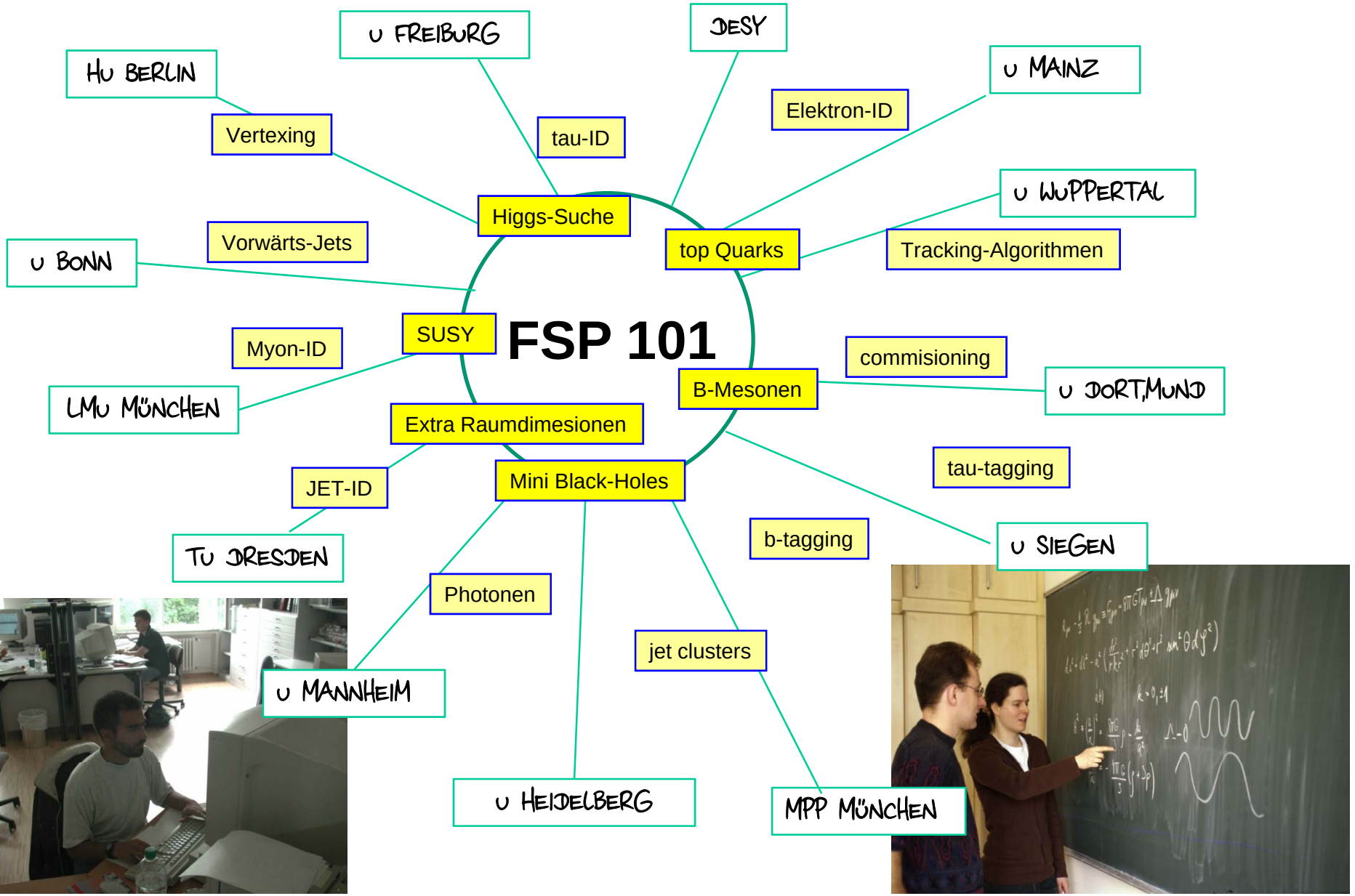
Alle Komponenten von ATLAS sind fertig !



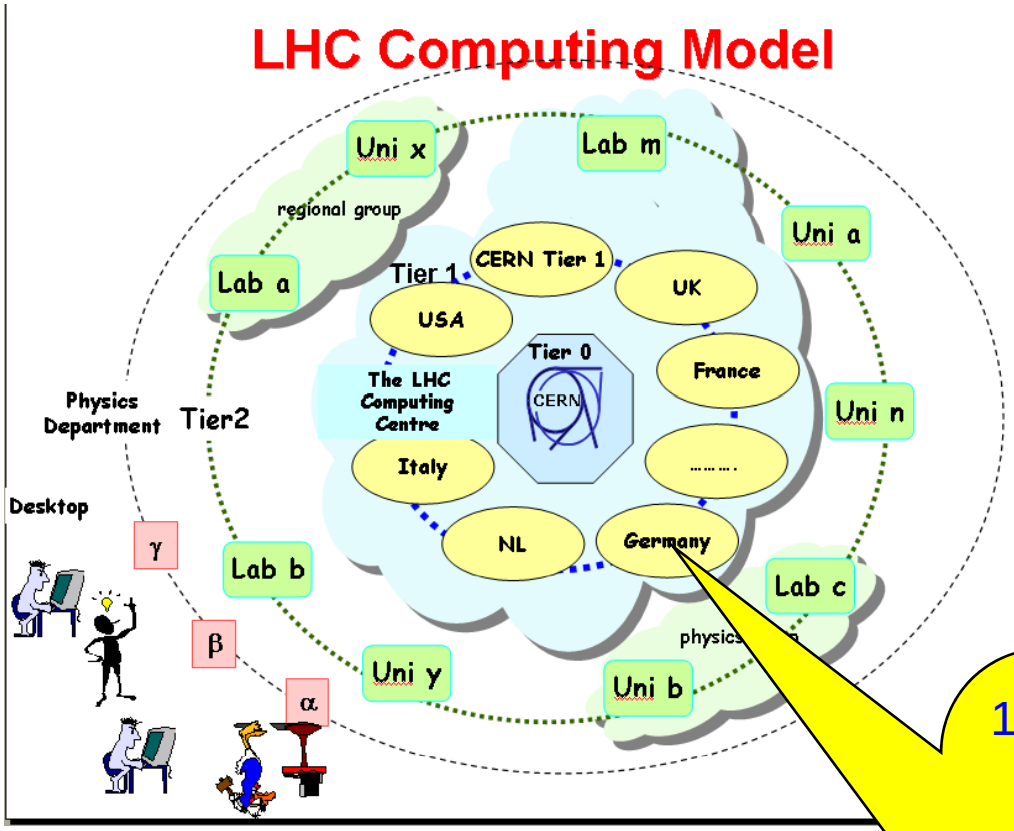


JETZT GEHT ES ERST LOS





ATLAS IM LHC COMPUTING MODELL



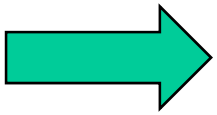
1 x Tier-1 GridKA Karlsruhe (LHC)
1800 CPUs, 2500 TB Speicher

3 x Tier-2 DESY – Hamburg
MPI/LMU - München
Freiburg / Wuppertal
3 x 400 CPUs, 3 x 250 TB

12 x Tier-3 Rechencluster der FSP-Unis
11 x ~50-100 CPUs, 50-100 TB

MEHR DAZU: VORTRAG G. QUAST

WARUM IST DIE SUCHE NACH HIGGS-BOSONEN SO WICHTIG ?



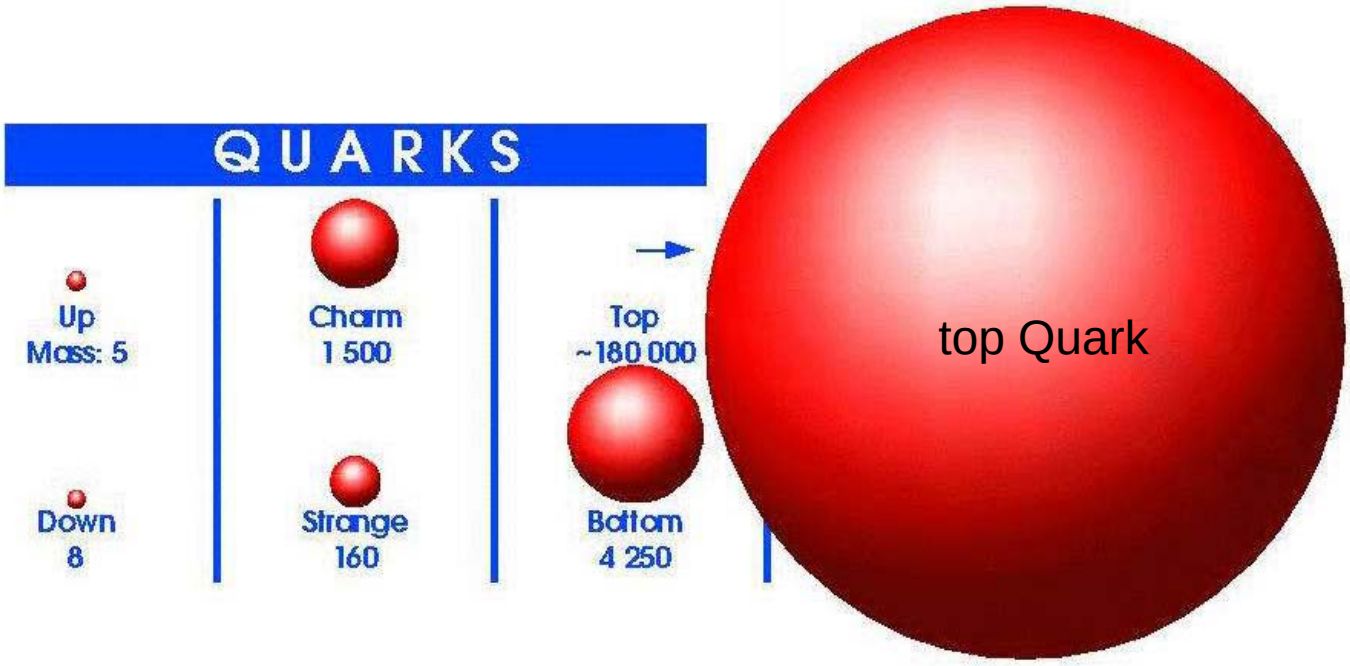
✓

Aber:

Subatomar ist der „Ursprung“ von Masse nicht verstanden.

WARUM IST DIE SUCHE NACH HIGGS-BOSONEN SO WICHTIG ?

Die elementaren Materieteilchen
- die Quarks - haben
völlig verschiedene Massen.



WARUM ?

Ein fundamentales Defizit in unserem Wissen !

Das Konzept (Hypothese)

- Im Anfang der Entstehung des Universums waren alle Materieteilchen masselos.
- Wie erhielten die Bausteine der Materie ihre (unterschiedlichen) Massen ?
- Hypothese: es gibt ein überall vorhandenes Hintergrundfeld (Higgsfeld)
- Anfangs masselose Teilchen wechselwirken mit diesem Hintergrundfeld und erhalten dadurch Masse.

Leeres Vakuum (ungebrochene Symmetrie)

Alle Teilchen sind masselos und bewegen sich mit derselben Geschwindigkeit, der Lichtgechwindigkeit.

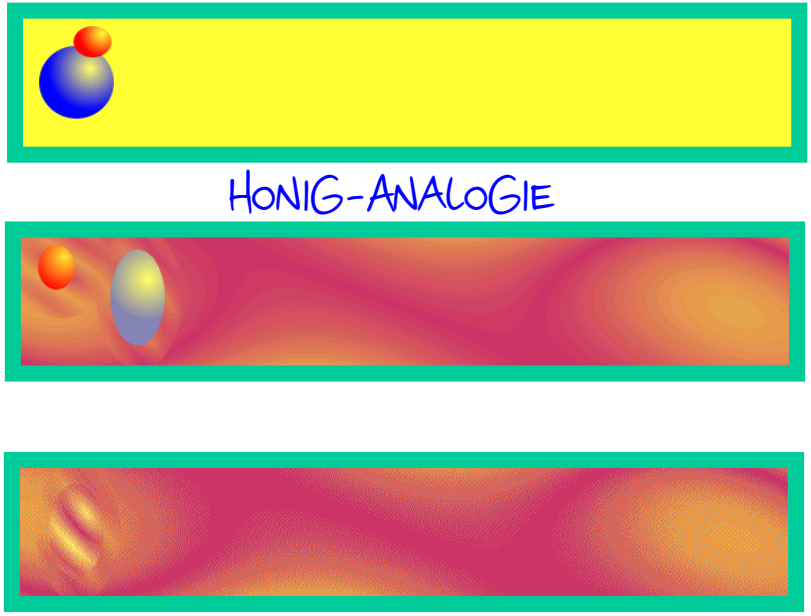
Higgsfeld (gebrochene Symmetrie)

Teilchen wechselwirken mit dem Higgs-Hintergrund-Feld und werden dadurch verlangsamt. Sie erhalten effektiv eine Masse. Die Masse hängt von der Stärke der Wechselwirkung mit dem Hintergrundfeld ab.

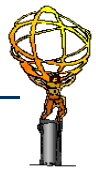
Higgs-Boson

Eine quantenmechanische Anregung des Higgsfeldes

Eine notwendige Konsequenz dieses Konzepts !



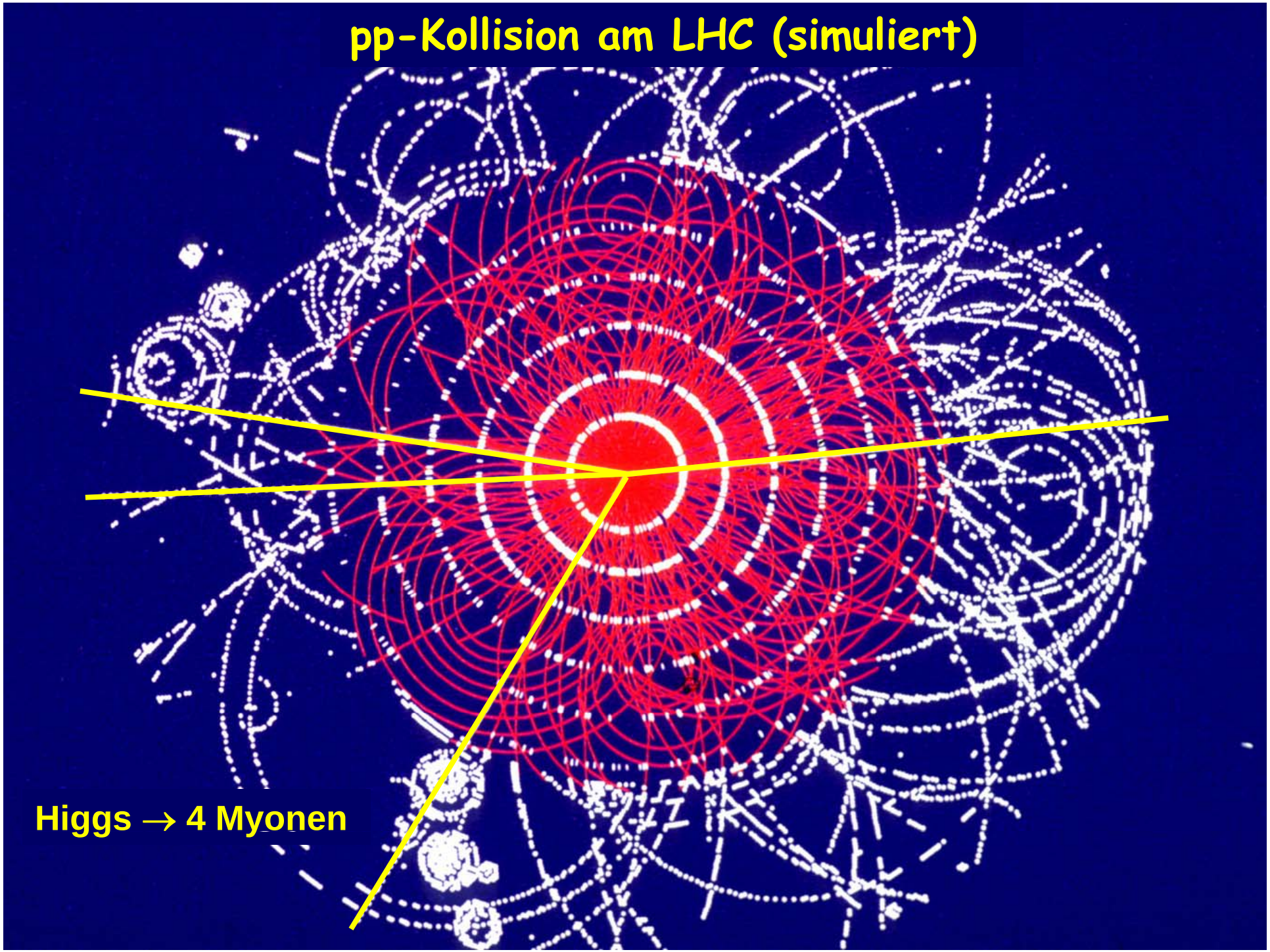
WIR WISSEN ...



- Die zugrunde liegende Theorie (Standardmodell) ist vielfach getestet.

- Higgs-Bosonen (oder ein Ersatz dafür) müssen in dem LHC zugänglichen Energiebereich liegen und nachweisbar sein.

- ATLAS ist für die Entdeckung von Higgs-Bosonen gut ausgelegt.


pp-Kollision am LHC (simuliert)
Higgs → 4 Myonen

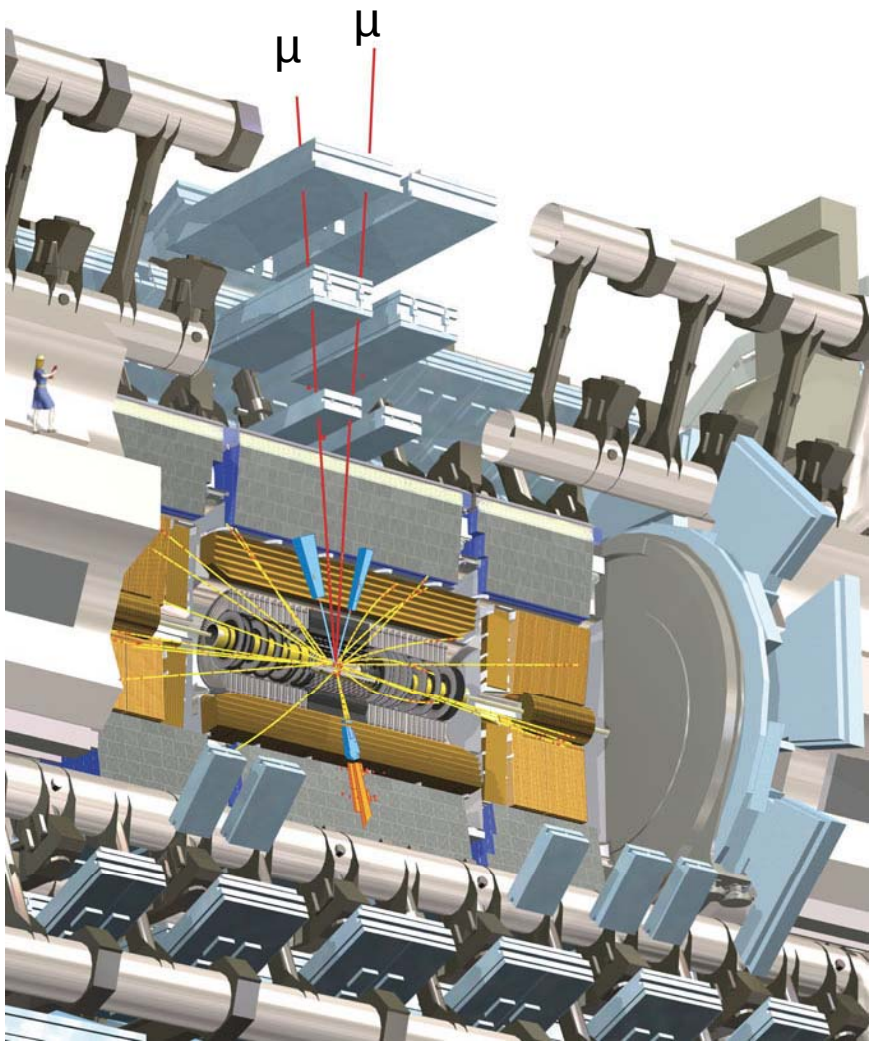
Messung von Myonen in ATLAS

Myonen sind schwere Elektronen

Eigenschaften

sie erreichen als einzige Teilchenart die äußeren (Myon)-Kammern (grau).

➔ gut identifizierbar



Messung von Myonen in ATLAS

Myonen sind schwere Elektronen

Eigenschaften

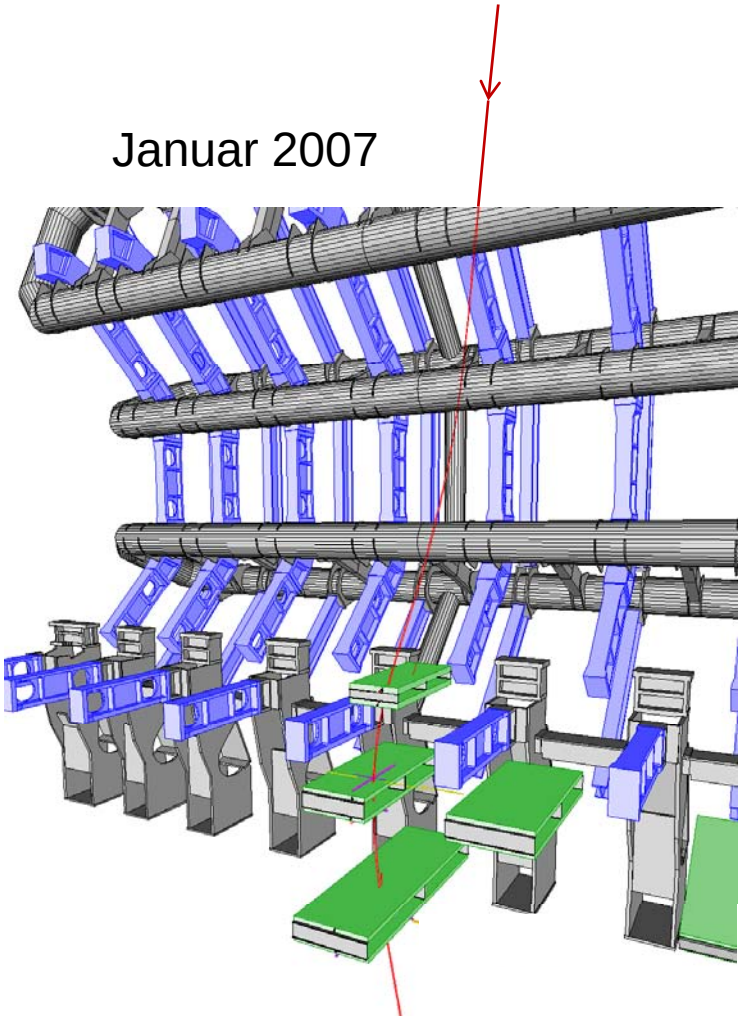
sie erreichen als einzige Teilchenart die äußeren (Myon)-Kammern (grün).

➔ gut identifizierbar

Messung ihrer Energie

- durch Ablenkung im Magnetfeld
- Myonen ionisieren die Atome im Gas der 3 Kammern (grün)
- präzise Messung der Spurkrümmung

Januar 2007



Echte Myon-Spur aus der kosmischen Strahlung

Messung von Myonen in ATLAS

Myonen sind schwere Elektronen

Eigenschaften

sie erreichen als einzige Teilchenart die äußeren (Myon)-Kammern (grün).

➔ gut identifizierbar

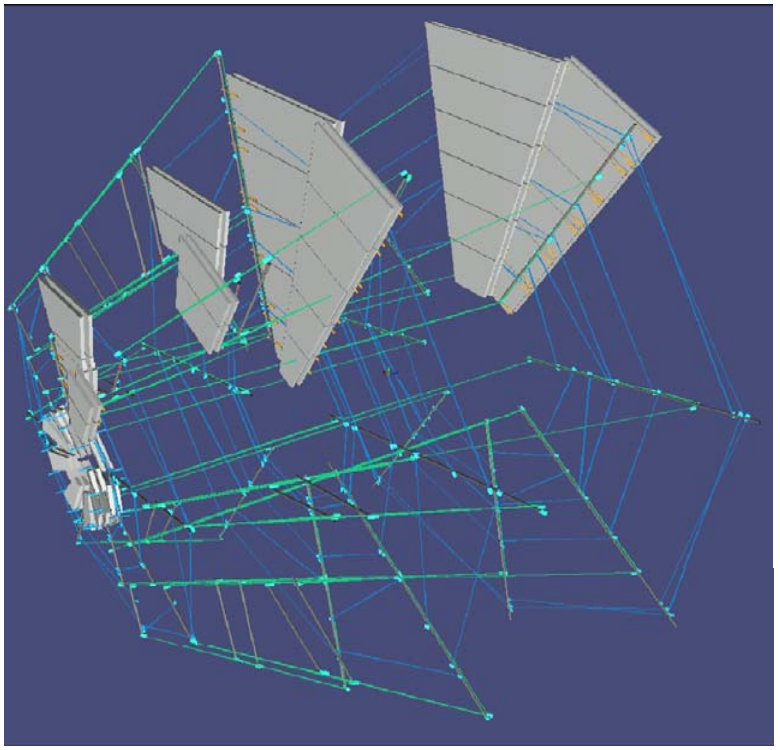
Messung ihrer Energie

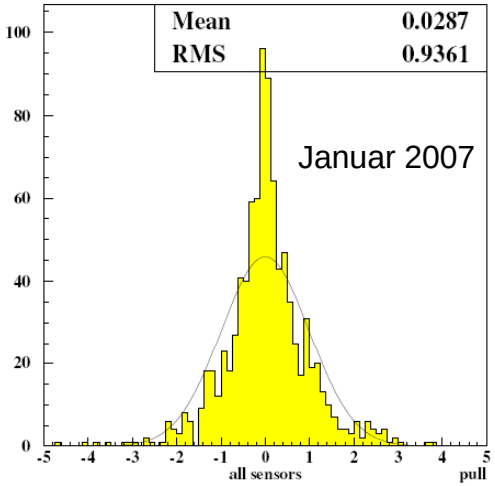
- durch Ablenkung im Magnetfeld
- Myonen ionisieren die Atome im Gas der 3 Kammern (grün)
- präzise Messung der Spurkrümmung

Technische Herausforderung

- 1200 MDT Kammern
- Messgenauigkeit der Spur: 0.05 mm
- 13 000 Minikameras zur Positionierung
- Positionierung der Kammern ~0.04 mm

→ entspricht Haardurchmesser über 15 m





Messung von Myonen in ATLAS

Myonen sind schwere Elektronen

Eigenschaften

sie erreichen als einzige Teilchenart die äußeren (Myon)-Kammern (grün).

➔ gut identifizierbar

Messung ihrer Energie

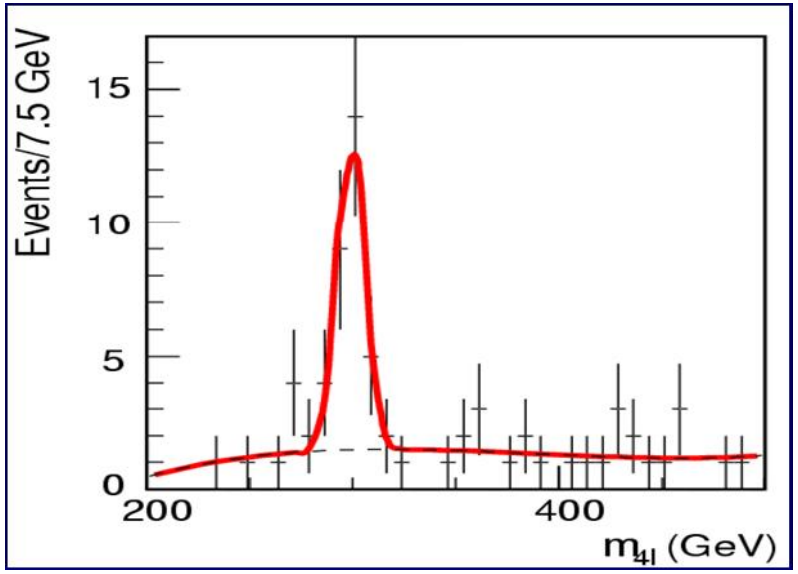
- durch Ablenkung im Magnetfeld
- Myonen ionisieren die Atome im Gas der 3 Kammern (grün)
- präzise Messung der Spurkrümmung

Technische Herausforderung

- 1200 MDT Kammern
- Messgenauigkeit der Spur: 0.05 mm
- 13 000 Minikameras zur Positionierung
- Positionierung der Kammern ~0.04 mm

→ entspricht Haardurchmesser über 15 m

erwartetes Higgs-Signal nach einem Jahr Messzeit von ATLAS



FSP 101 ATLAS

Der Bau von ATLAS baut auf mehr als 10 Jahre herausfordernde F&E im Detektorbau auf.

Die Zusammenarbeit im FSP 101 wird es nun ermöglichen, ATLAS für viele interessante Messungen und Analysen wissenschaftlich herausfordernder Fragestellungen für 15 – 20 Jahre zu nutzen.