



**BMBF-Forschungsschwerpunkt
ATLAS Experiment**

Physics on the TeV-scale at the Large Hadron Collider

**FSP 101
ATLAS**

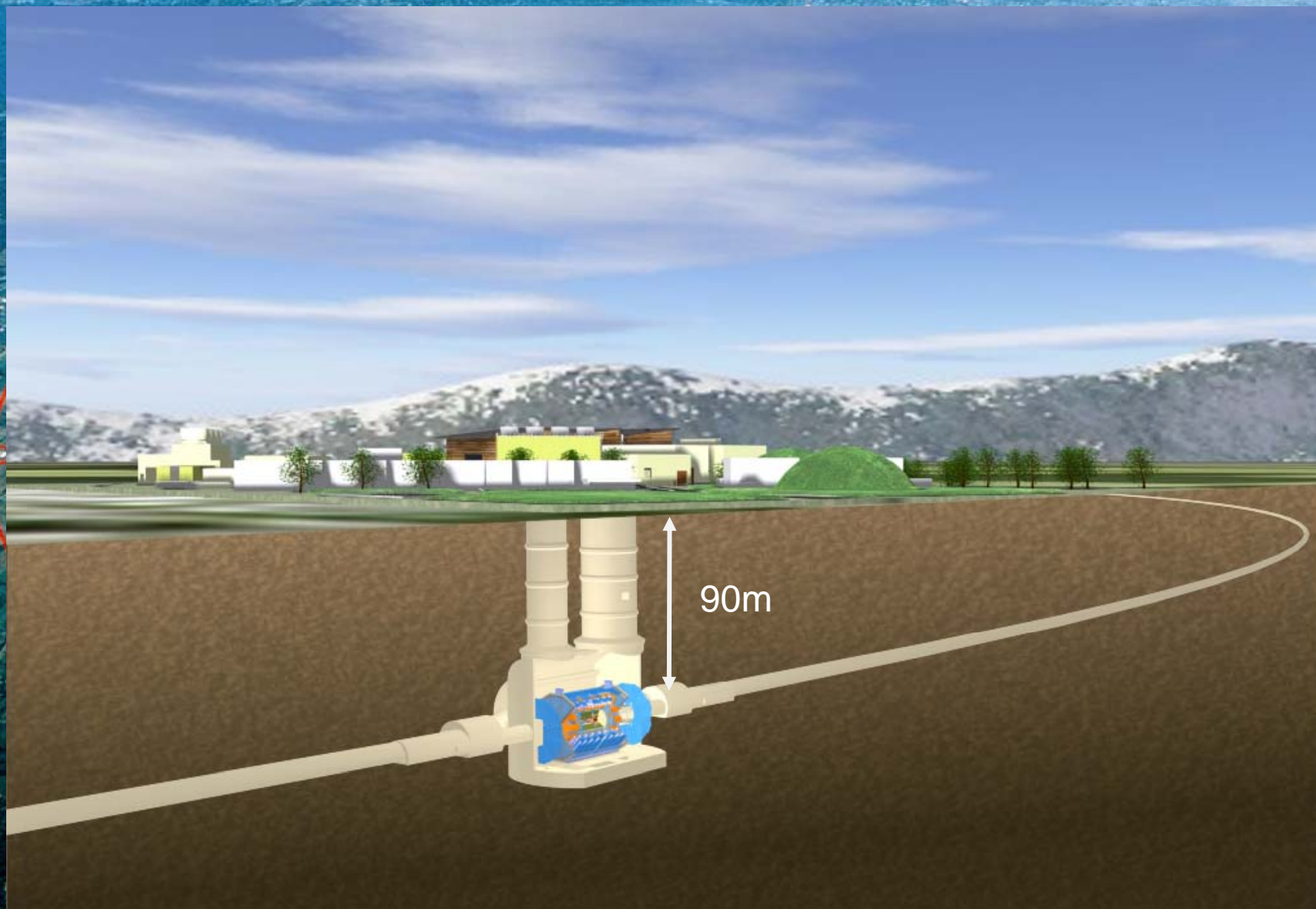
Humboldt-Universität Berlin
Rhein. Friedrich-Wilhelms-Universität Bonn (Sprecher)
Universität Dortmund
Technische Universität Dresden
Albert-Ludwigs-Universität Freiburg
Ruprecht-Karls-Universität Heidelberg
Johannes-Gutenberg-Universität Mainz

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 unbekanntem 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
• Silizium-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)

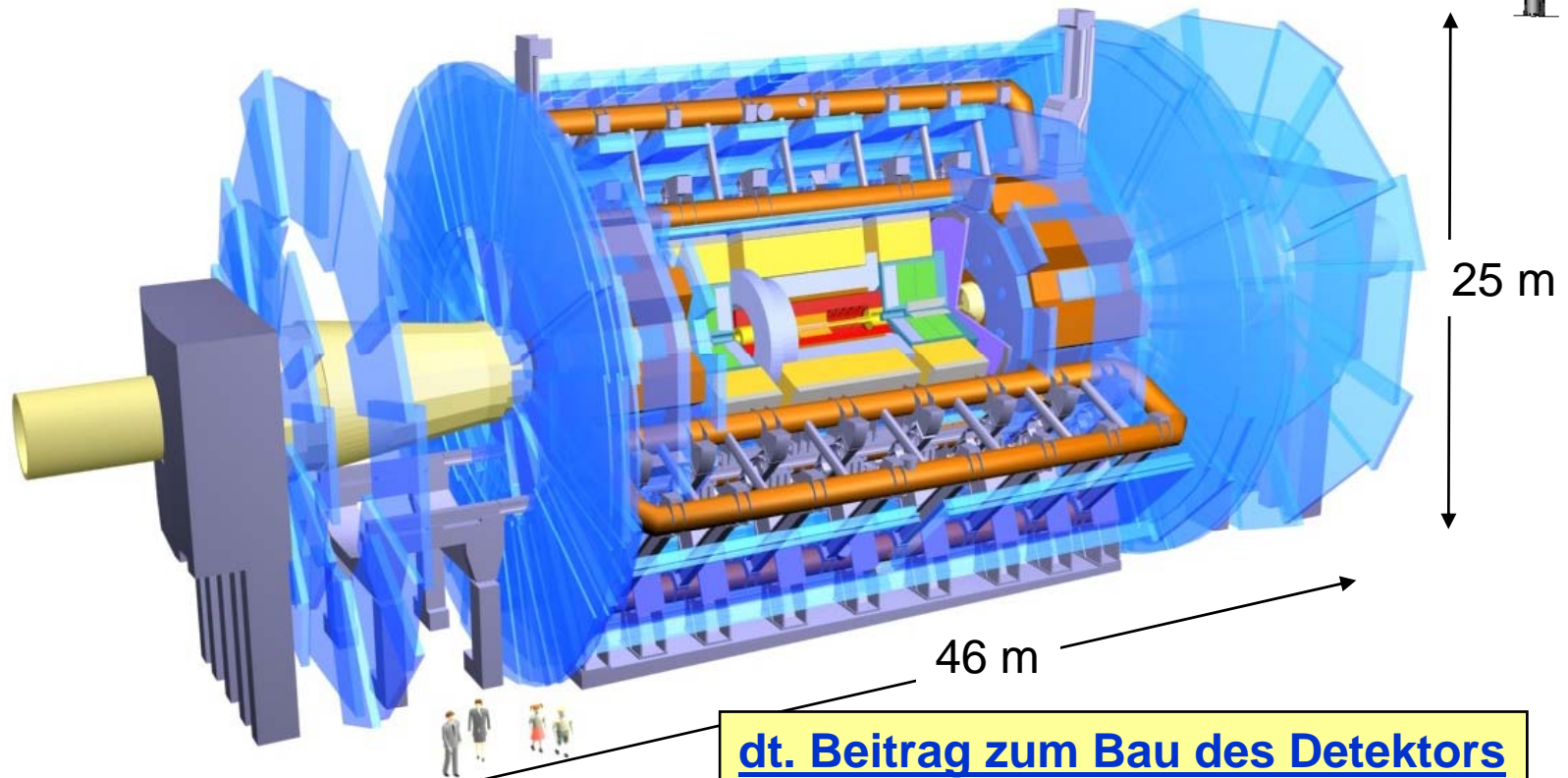
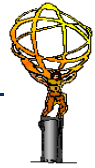
S. Bethke, MPP München, 2002 – 2006

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

50 Ingenieure und Techniker

3 Nachwuchsgruppen

} 1996-2006

dt. Beitrag zum Bau des Detektors

ca. 1996 - 2006

900 Personenjahre

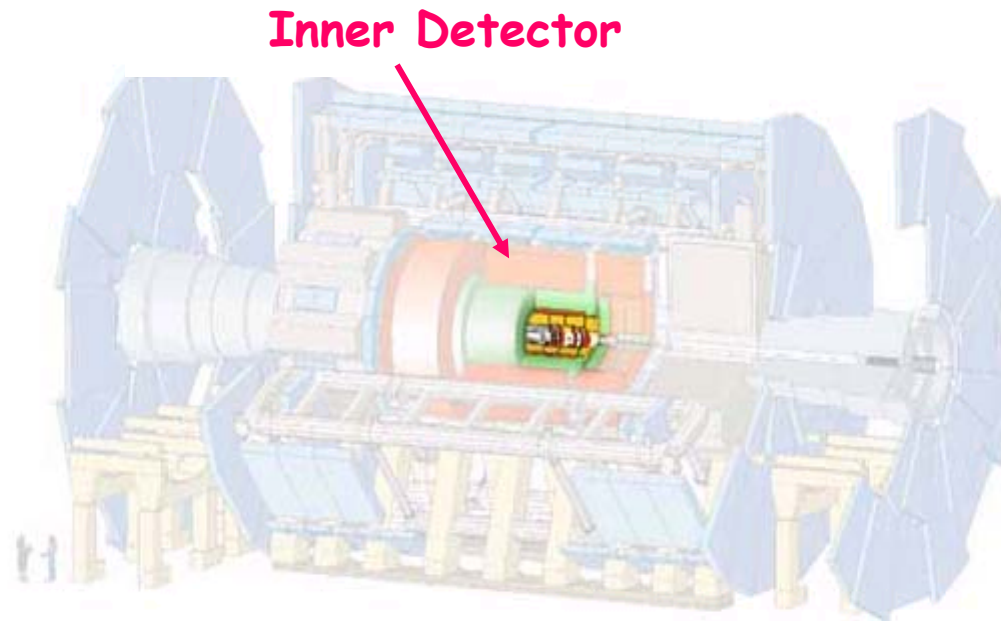
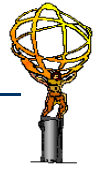
27 M€ reine Baukosten

> 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:

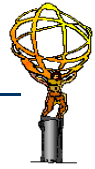
19.6 M€

ATLAS DETEKTOR: VON AUSSEN NACH INNEN



Entwickelt und gebaut extern in den Instituten
Zusammenbau am CERN

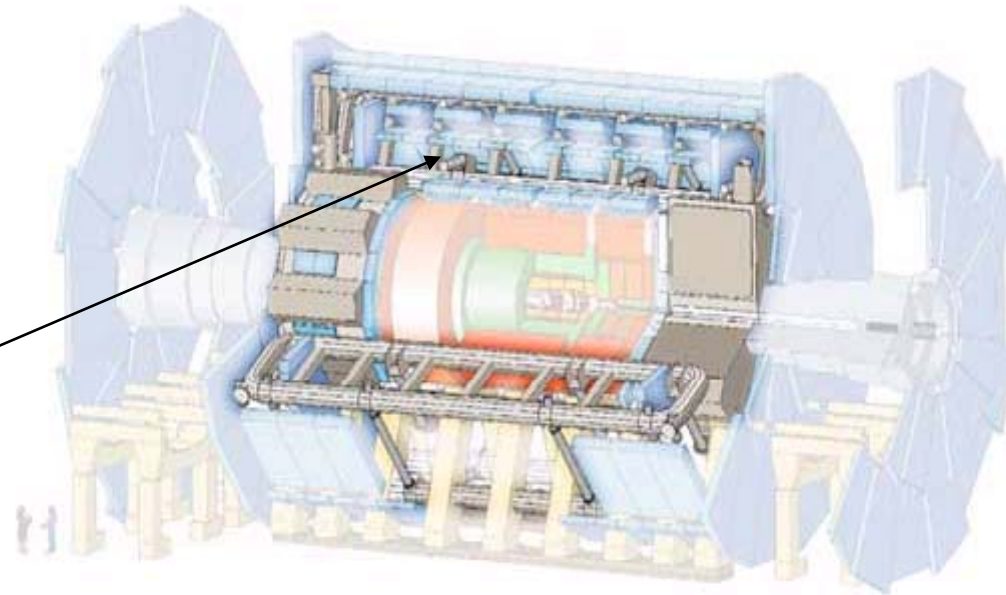
ATLAS DETEKTORSYSTEME



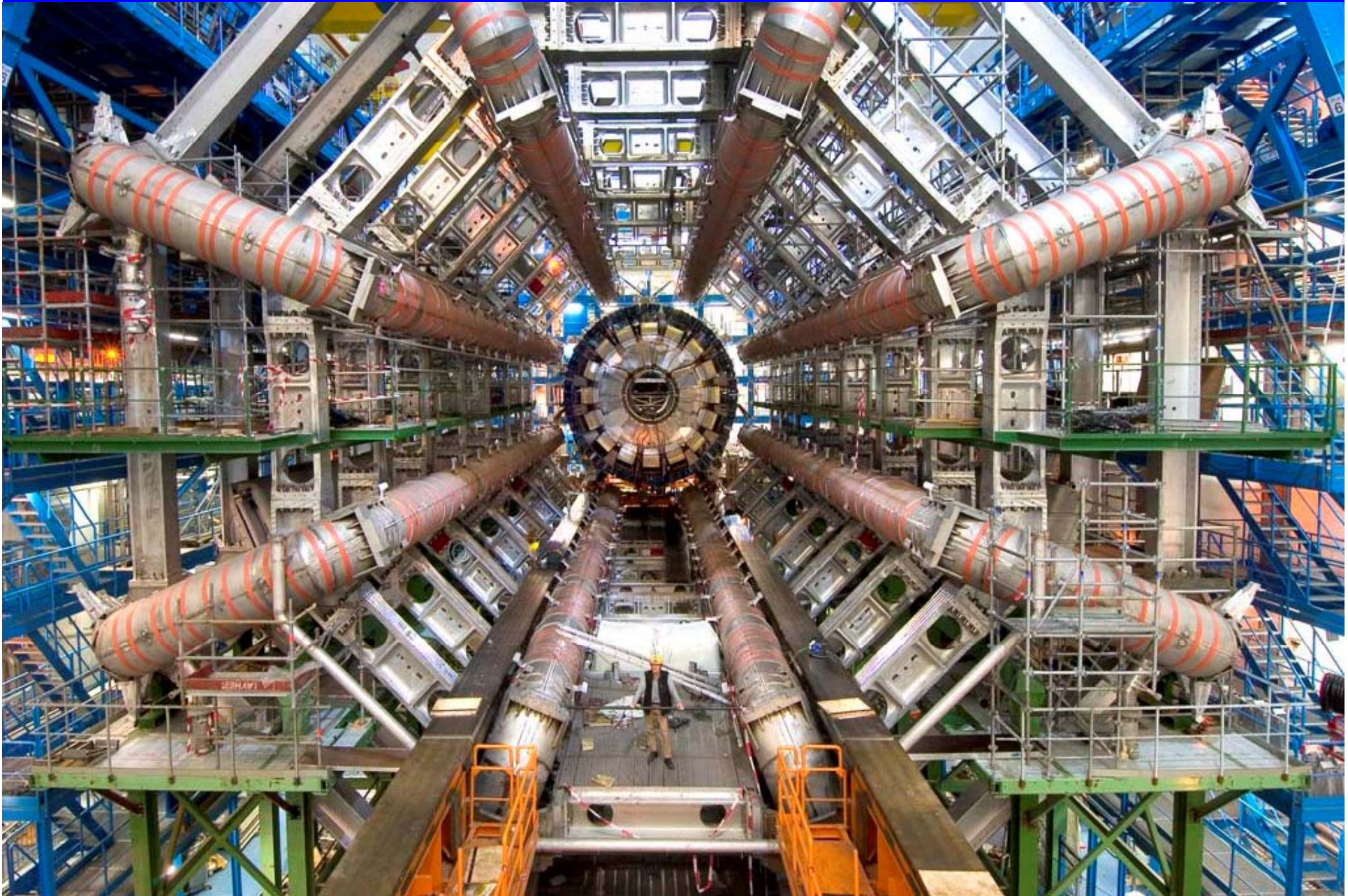
Magnet Systeme

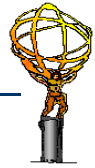
Toroid Magnet

beteiligt:
Uni Bonn
Uni Freiburg
Uni Mainz



Toroid-Magnet: riesige Spulenkörper (26m lang)





Spektrometer für Myonen

Myon-Driftkammern

Uni Freiburg

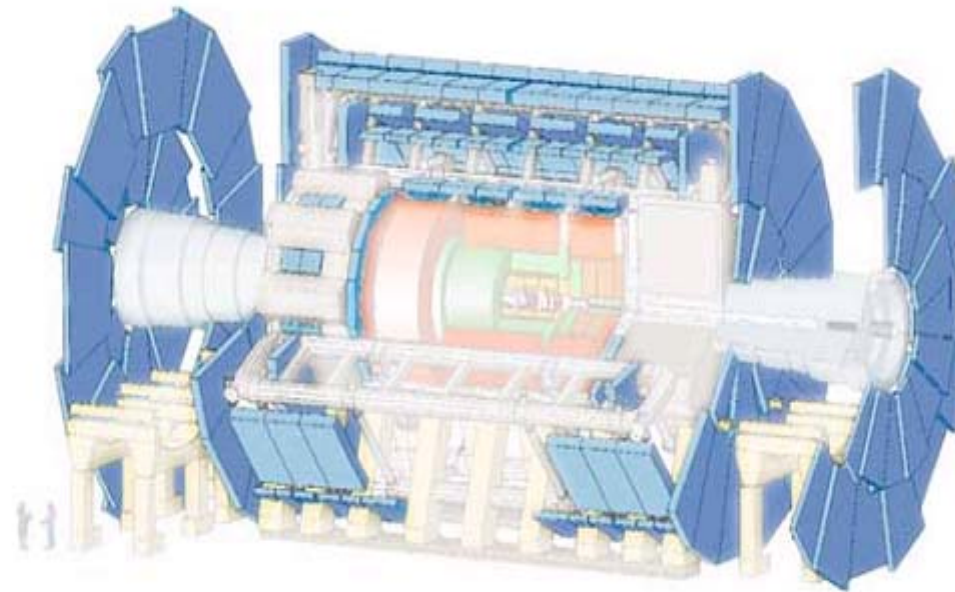
Prof. G. Herten

LMU München

Prof. O. Biebel
Prof. D. Schaile

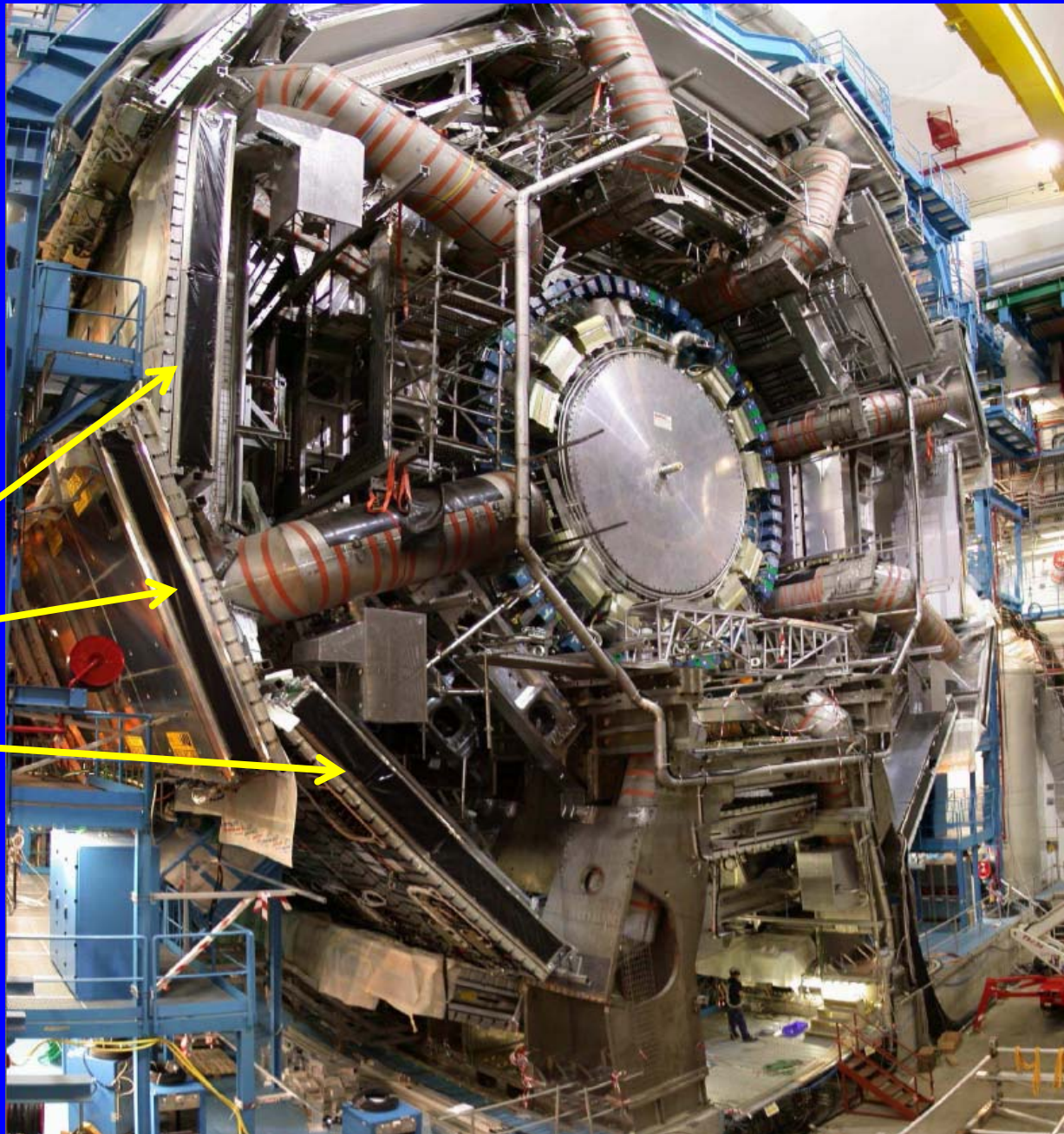
MPP München

Prof. S. Bethke
Dr. H. Kroha



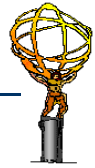
→ Bau von 120 MDT Kammern (800 m²)

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

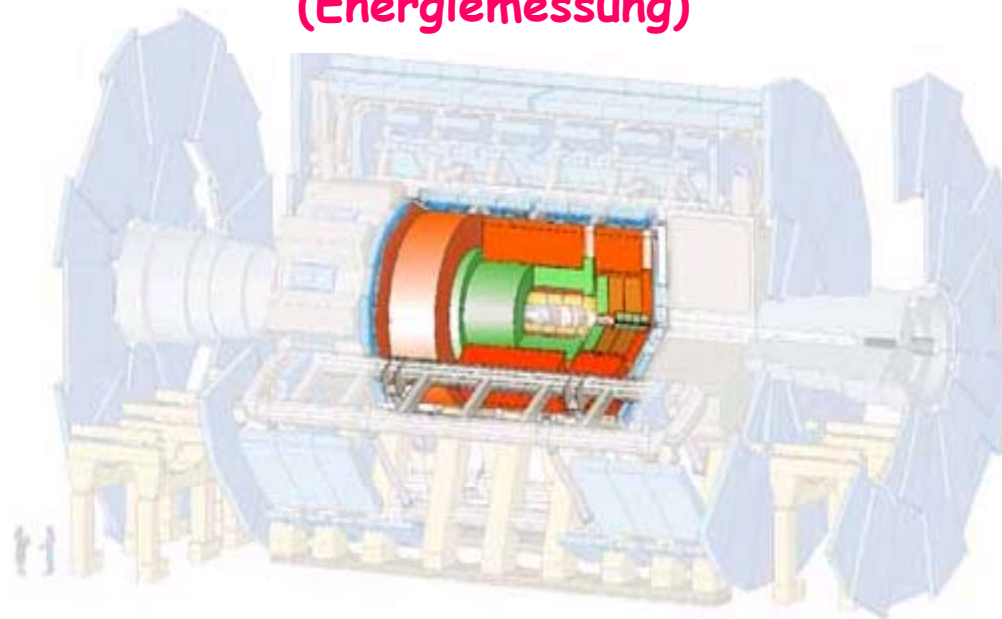
Uni Mainz

Prof. K. Kleinknecht
Prof. L. Köpke

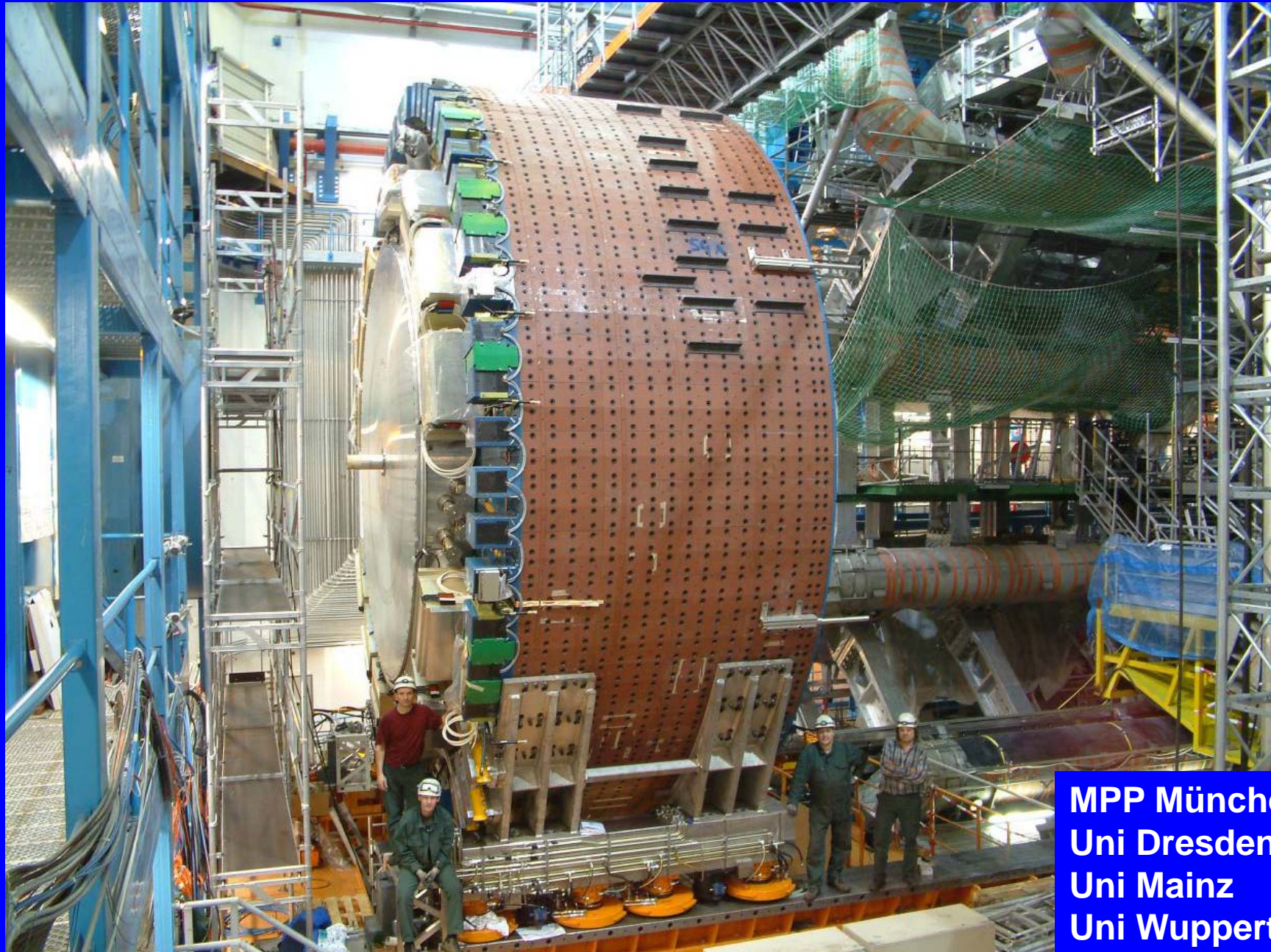
Uni Wuppertal

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

Bau der Hadron-Endkappen-Kalorimeter (HEC)

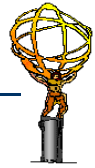


Kalorimeter Endkappe gefüllt mit flüssigem Argon: 37 000 Liter

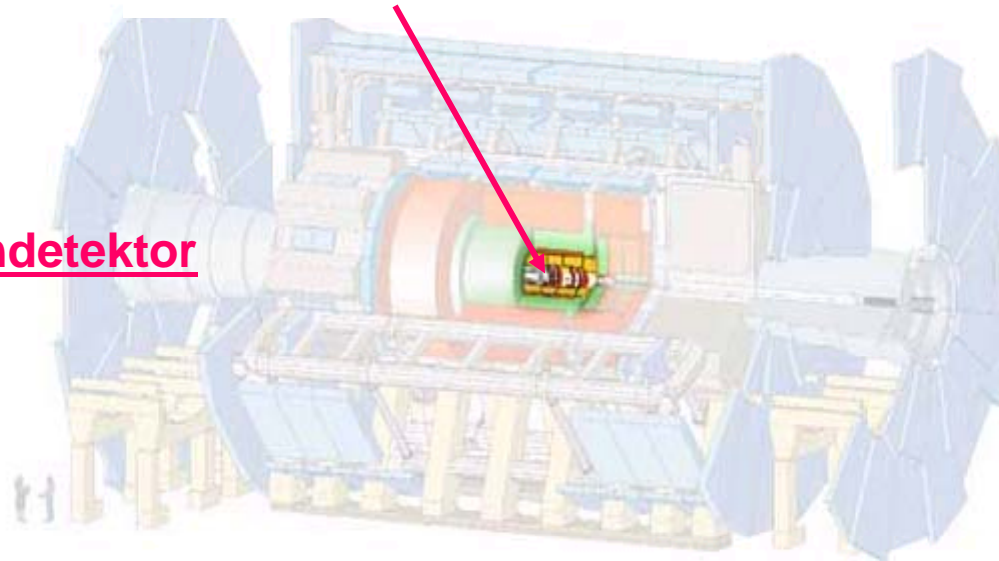


MPP München
Uni Dresden
Uni Mainz
Uni Wuppertal

ATLAS DETEKTORSYSTEME



Innendetektor (Teilchenspuren)



**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

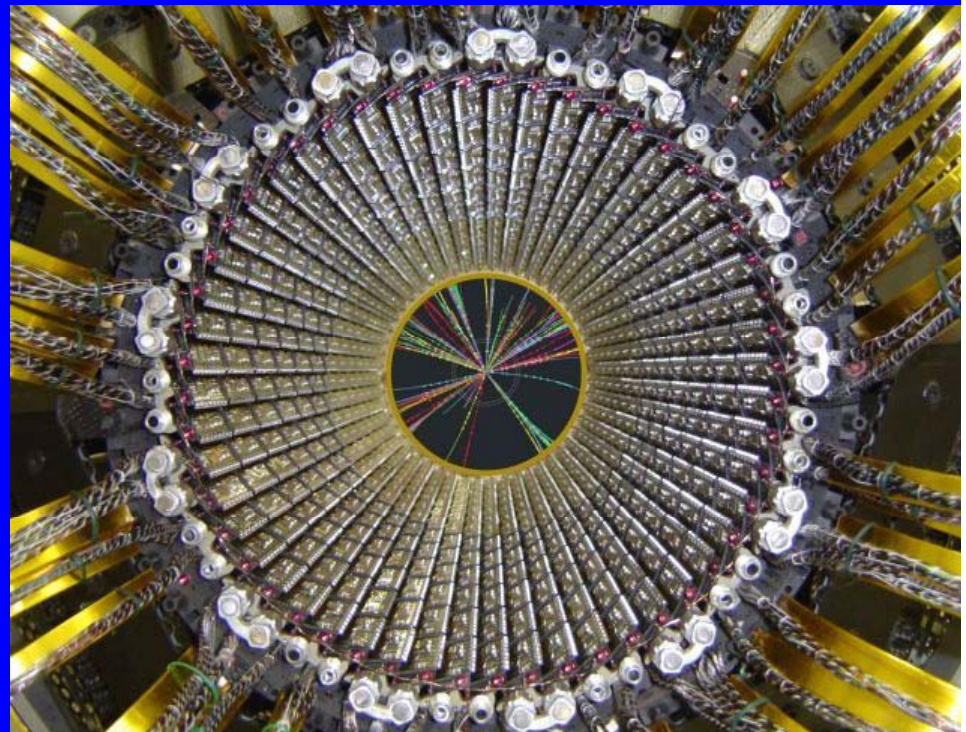
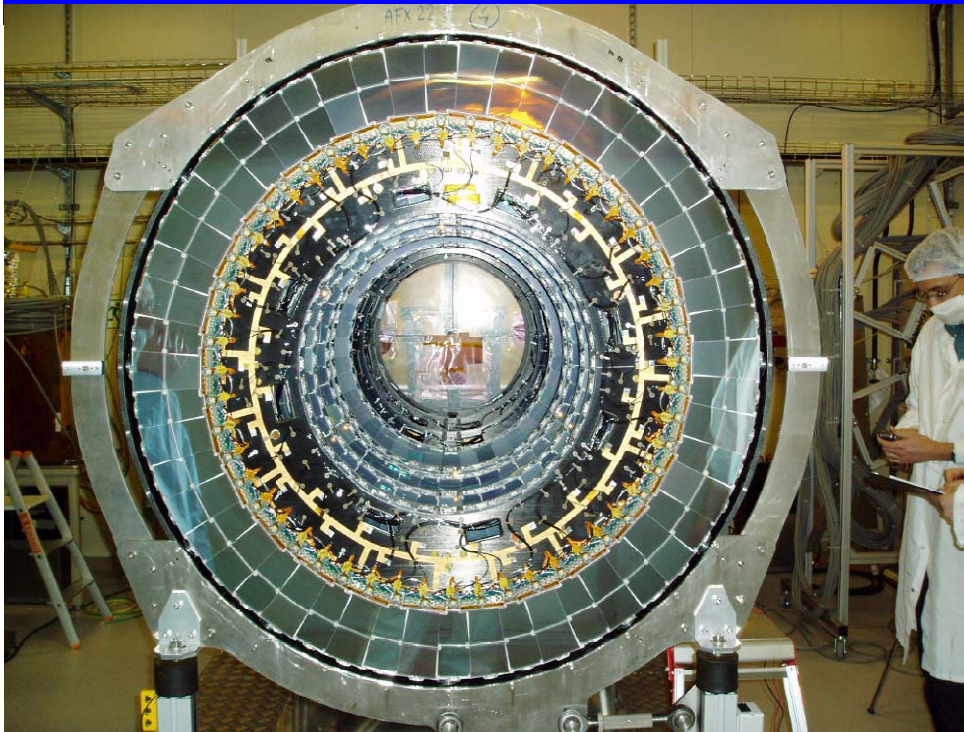
Uni Wuppertal

Prof. P. Mättig

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

Silizium Mikrostreifendetektor
(hier: Endkappe)
15 Millionen Sensorstreifen

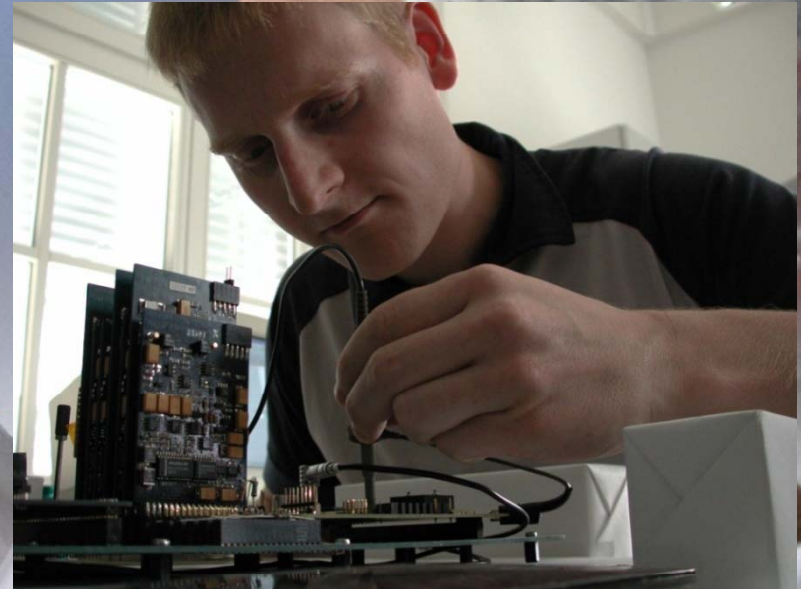
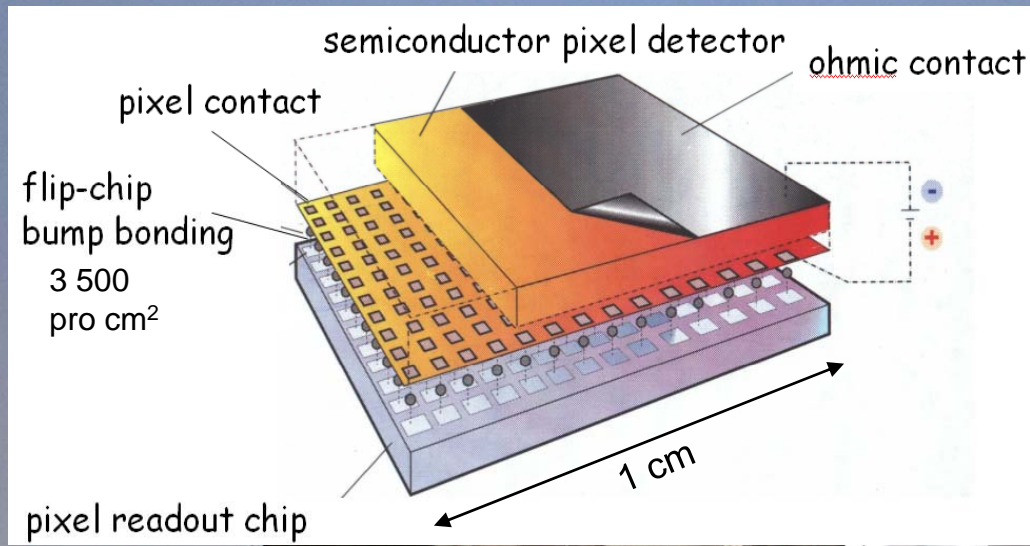
Pixeldetektor
80 Millionen Pixel



Uni Freiburg
MPP München

Uni Bonn
Uni Dortmund
Uni Siegen
Uni Wuppertal

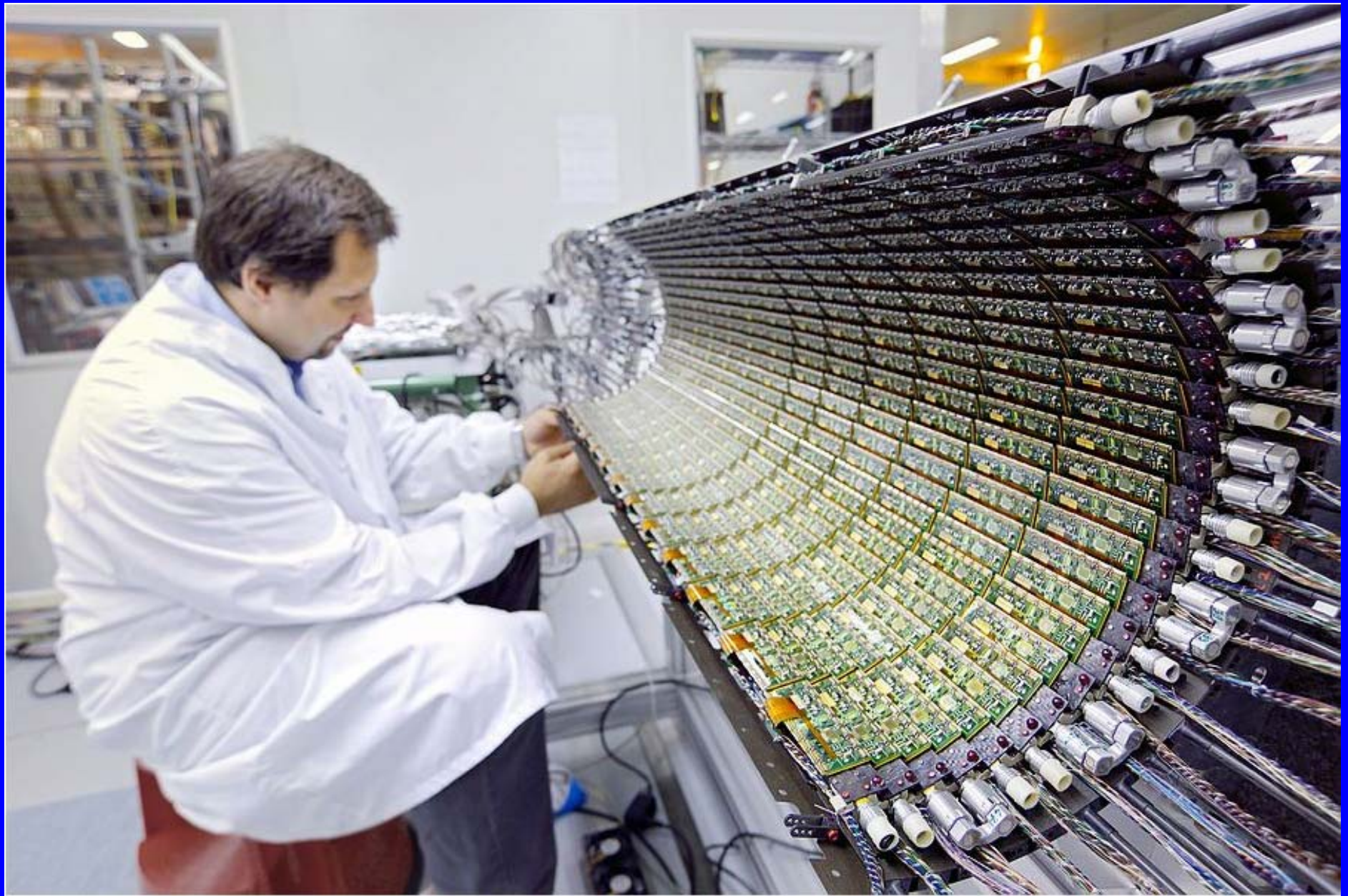
Z.B. DER PIXELDETEKTOR



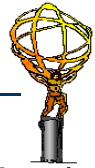
- ganz nahe am Kollisionspunkt (5cm)
- größter je gebaute Pixeldetektor
- Technologie wurde erst für LHC entwickelt
- „high tech“: strahlungsresistente Chips und Sensoren, Mikroverbindungstechnologie Mikrokabel
- spin-offs in bio-medizinische Bereiche
- interessante Diplom- und Doktorarbeiten



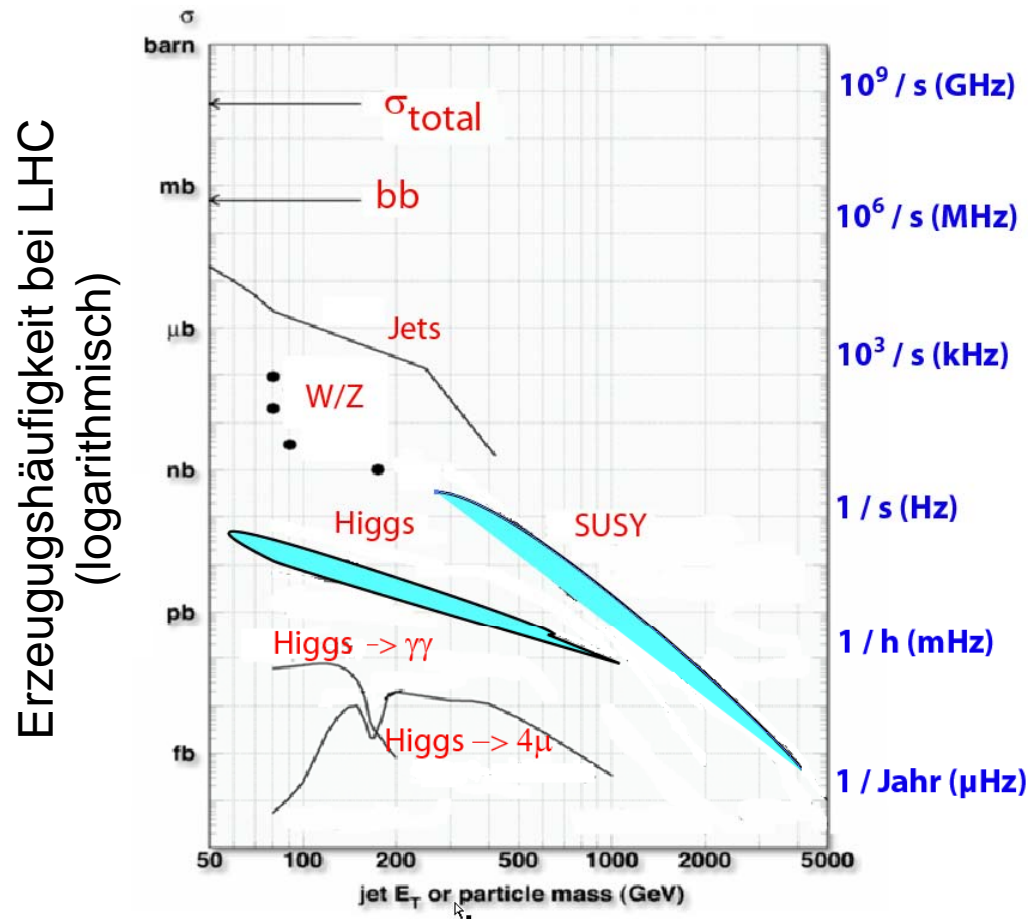
**Pixeldetektor: nur 5cm vom Kollisionspunkt entfernt
80 Millionen Pixel, 80 Millionen Verstärker**



AUSWAHL (TRIGGER) UND DATENNAHME



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



alle Kollisionen \rightarrow nicht interessant



Trigger
(2 μ s)

abspeichern \rightarrow evtl interessant (0.0005%)



mögl. Entdeckungen \rightarrow nur 0.000000001%

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

komplexe Trigger – Elektronik: Datenreduktion in 2 μ s und Datenverarbeitung

Uni Heidelberg (Level 1 Trigger)

Prof. K. Meier

Uni Mainz (Level 1 u. High Level Trigger)

Prof. S. Tapprogge

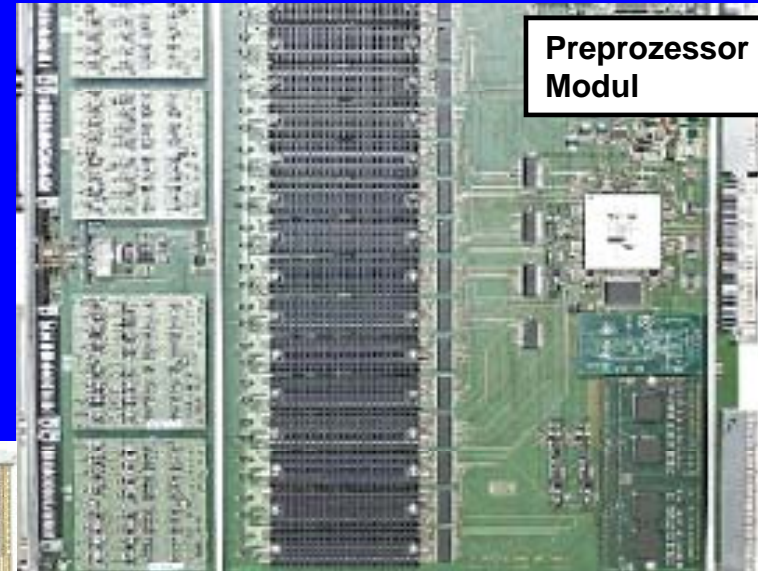
Uni Mannheim (Trigger und DAQ)

Prof. R. Männer

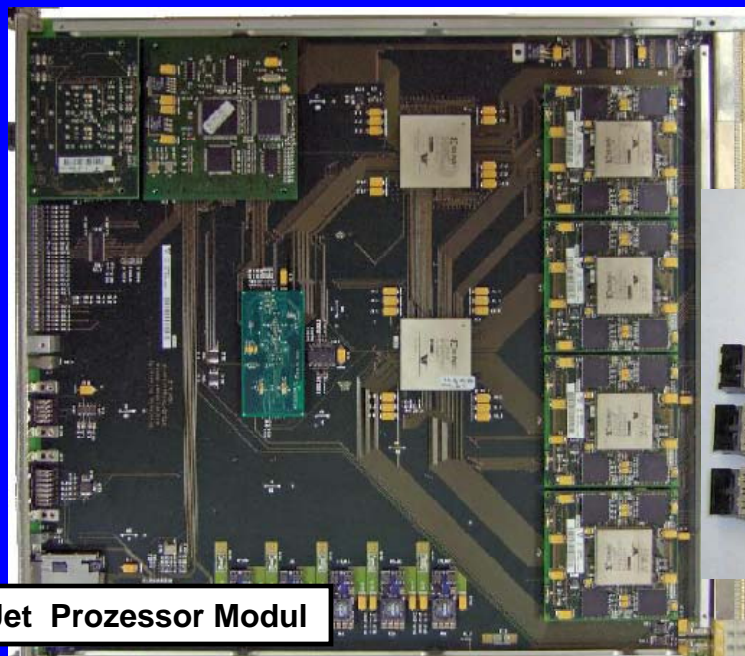
HU Berlin / DESY / Uni Hamburg (HLT)

Prof. J. Haller, Prof. H. Kolanoski

Prof. T. Lohse, Dr. K. Moenig, Dr. M. Medinnis



Preprozessor
Modul

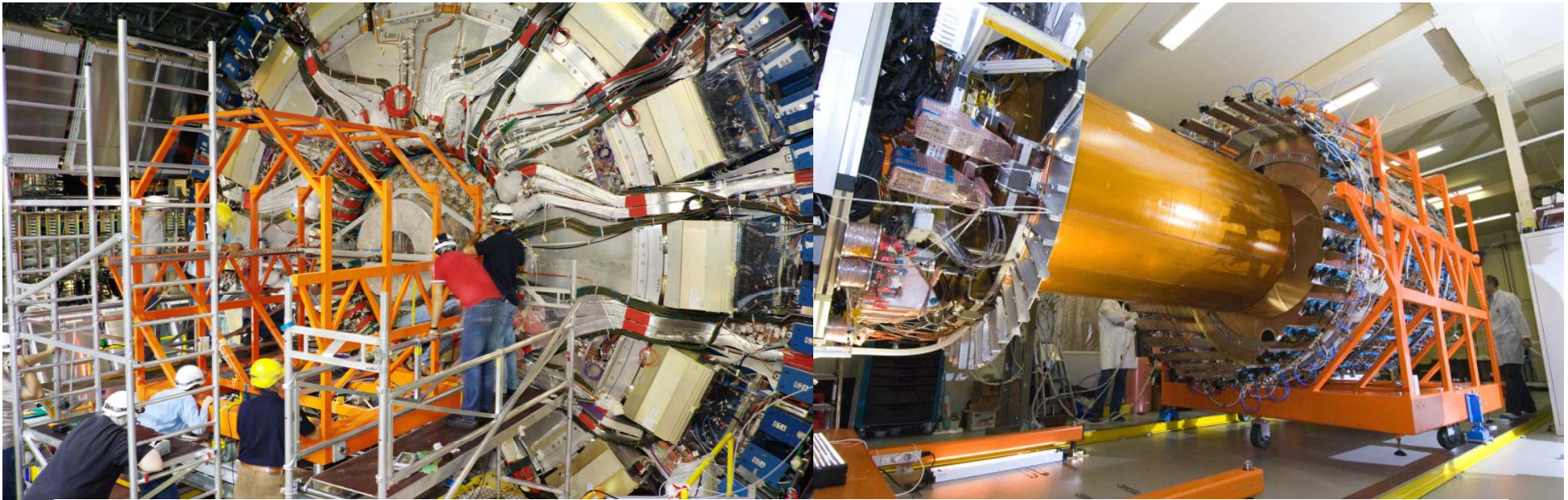


Jet Prozessor Modul

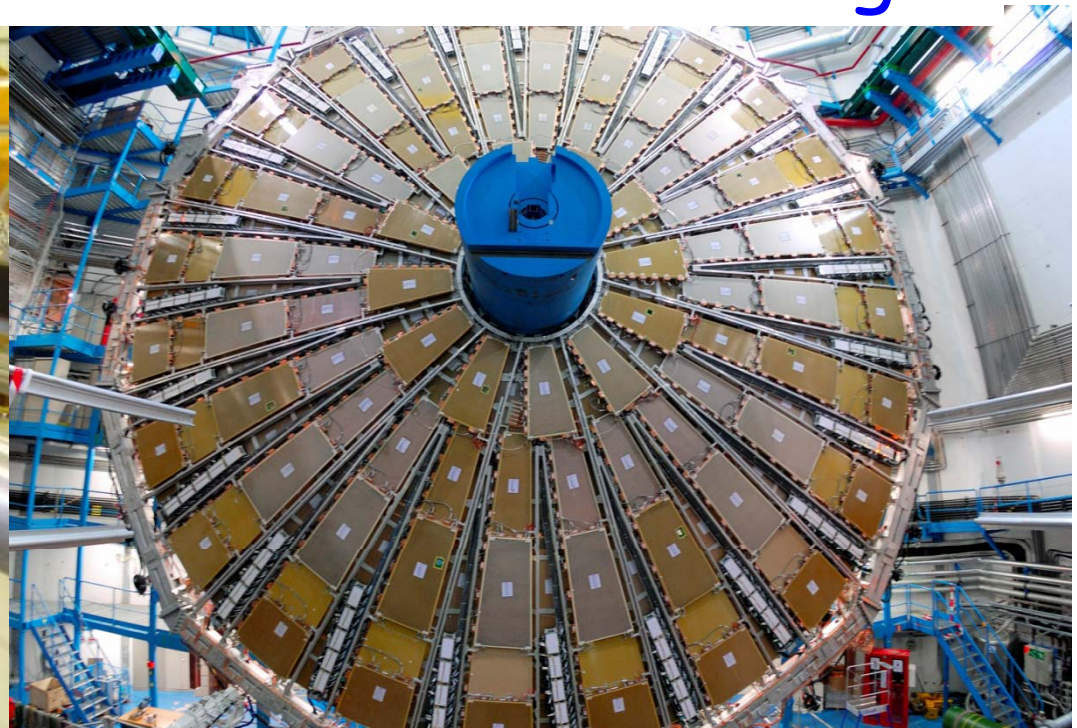
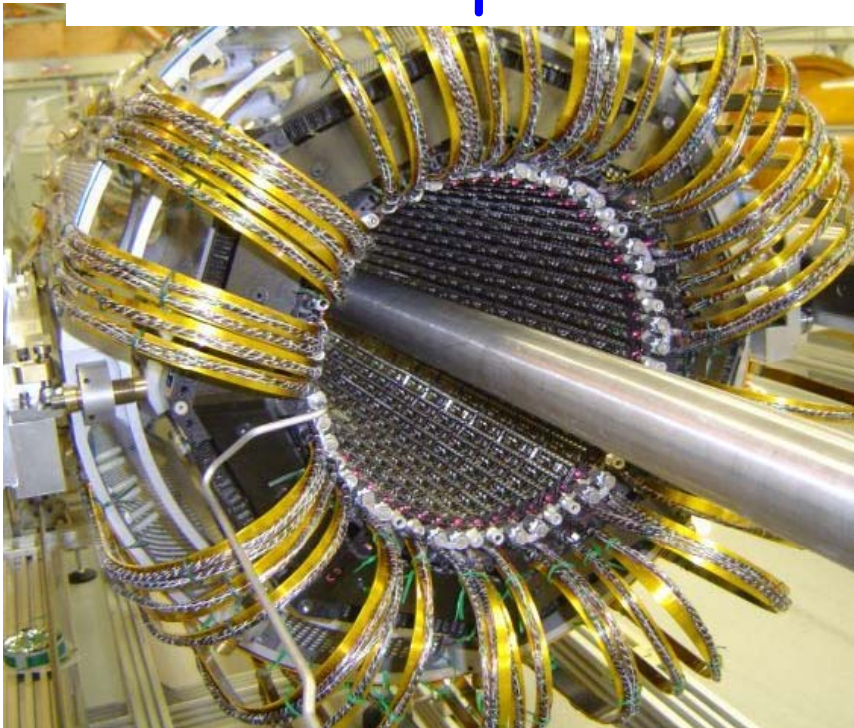


ROBIN Speicherkarte

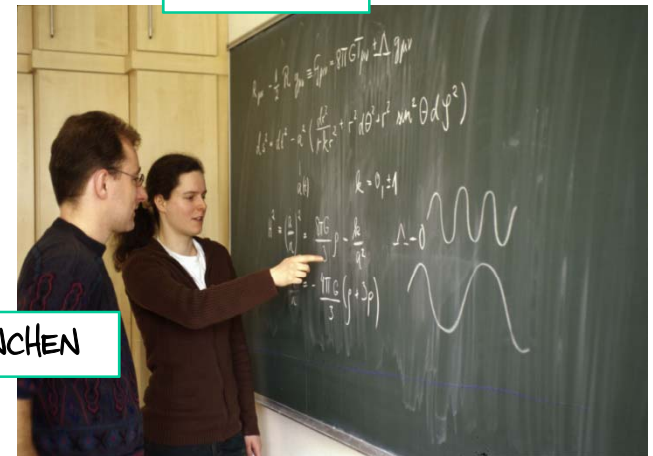
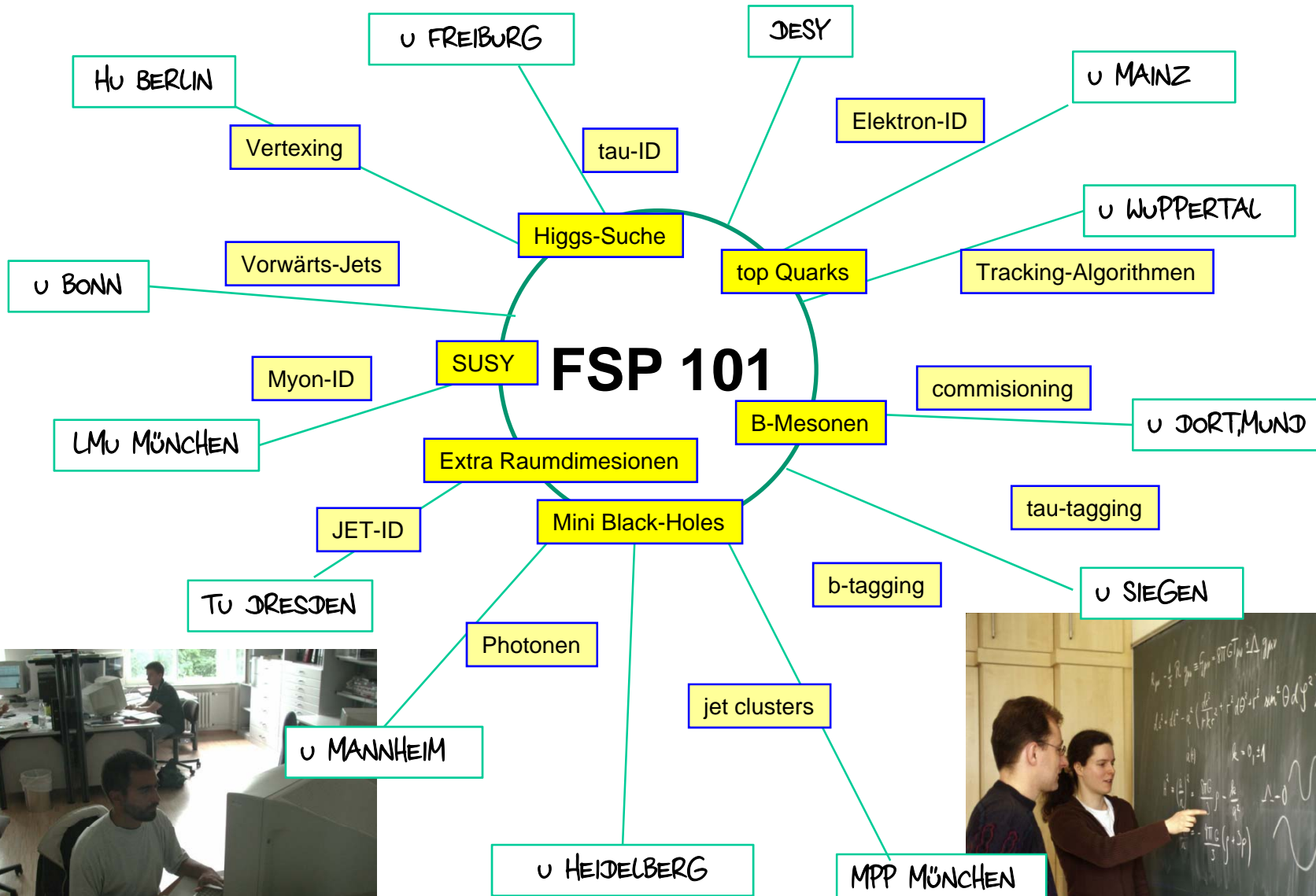
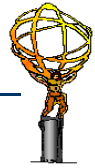
spin-off → industrielle Bildverarbeitung



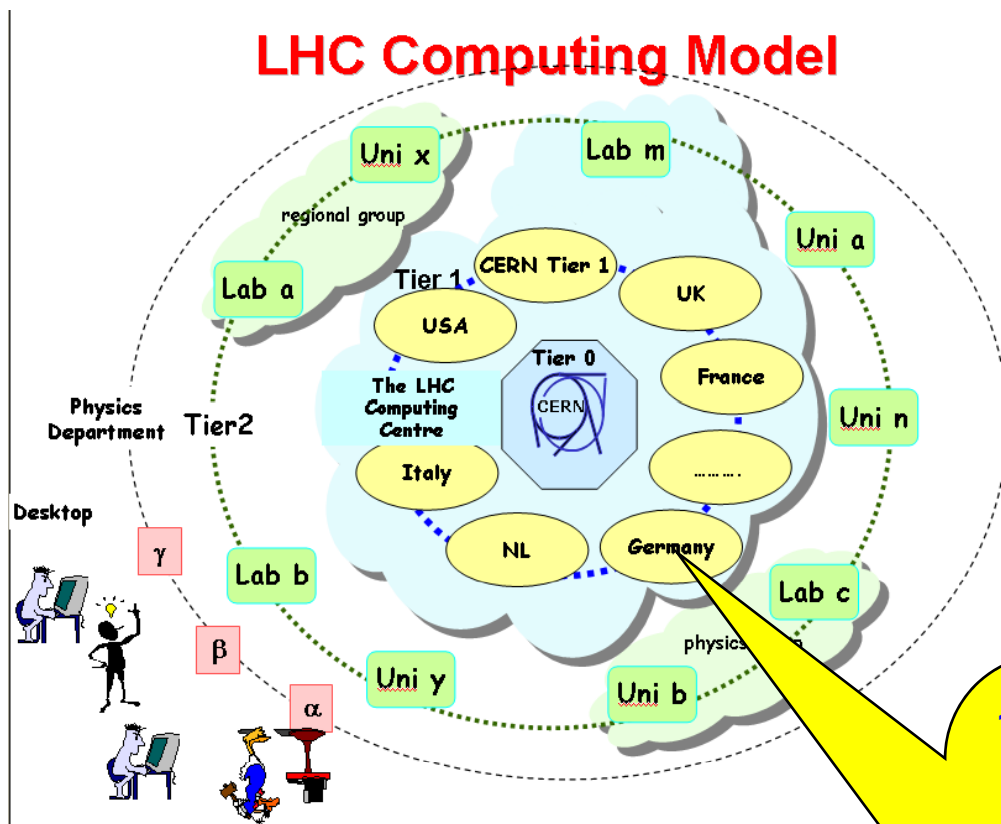
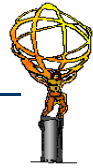
Alle Komponenten von ATLAS sind fertig !



JETZT GEHT ES ERST LOS



ATLAS IM LHC COMPUTING MODELL



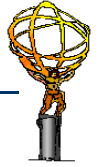
1 x Tier-1 GridKA Karlsruhe (LHC)
1800 CPUs, 2500 TB Speicher

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

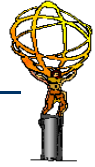
WARUM IST DIE SUCHE NACH HIGGS-BOSONEN SO WICHTIG ?



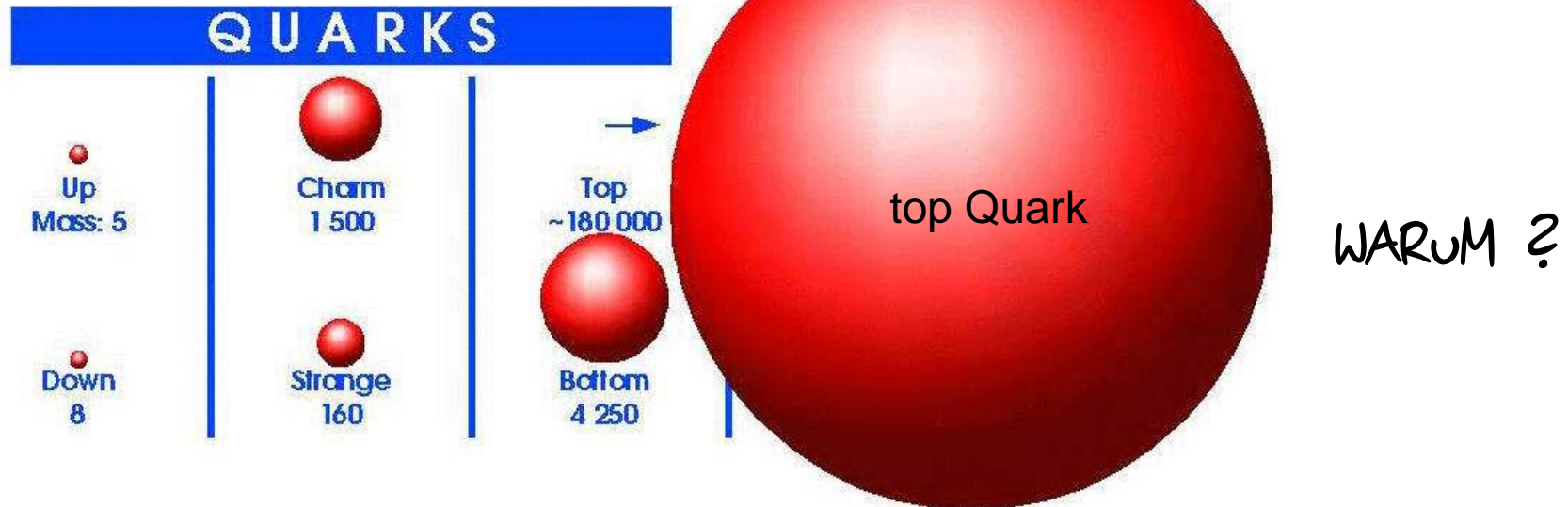
Aber:

Subatomar ist der „Ursprung“ von Masse nicht verstanden.

WARUM IST DIE SUCHE NACH HIGGS-BOSONEN SO WICHTIG ?

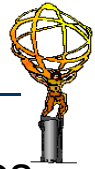


Die elementaren Materieteilchen
- die Quarks - haben
völlig verschiedene Massen.



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 Lichtgeschwindigkeit.



Higgsfeld (gebrochene Symmetrie)

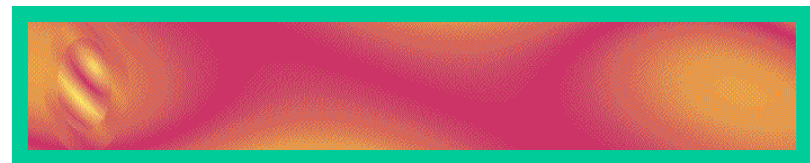
Teilchen wechselwirken mit dem Higgs-Hintergrund-Feld und werden dadurch verlangsamt. Sie erhalten effektiv eine Masse. Die Masse hängt von der Stärke der Wechselwirkung mit dem Hintergrundfeld ab.

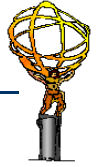
HONIG-ANALOGIE



Higgs-Boson

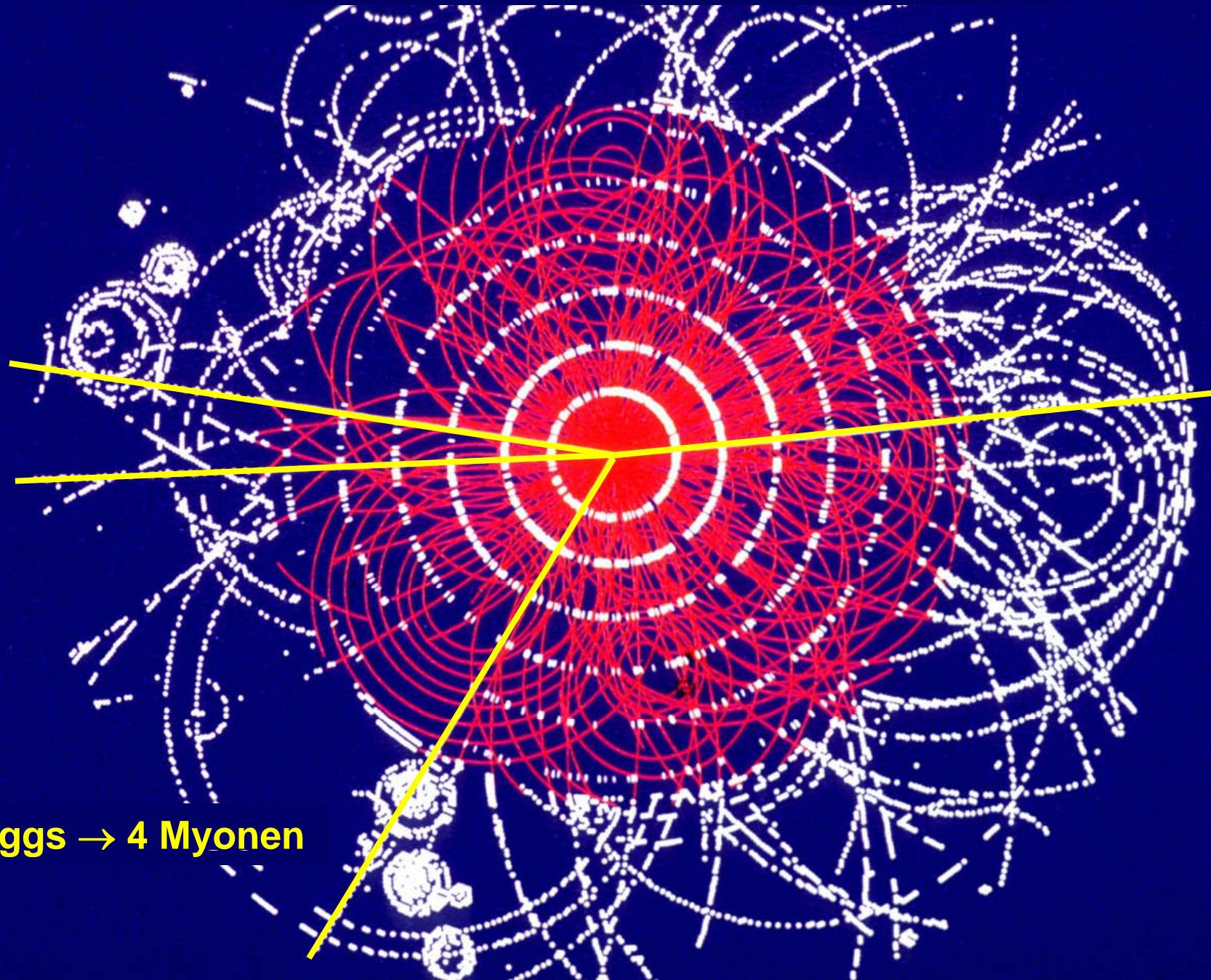
Eine quantenmechanische Anregung des Higgsfeldes
Eine notwendige Konsequenz dieses Konzepts !





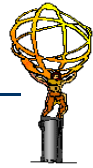
- Die zugrunde liegende Theorie (Standardmodell) ist vielfach getestet.
- Higgs-Bosonen (oder ein Ersatz dafür) müssen in dem LHC zugänglichen Energiebereich liegen und nachweisbar sein.
- ATLAS ist für die Entdeckung von Higgs-Bosonen gut ausgelegt.

pp-Kollision am LHC (simuliert)



Higgs \rightarrow 4 Myonen

MESSUNG VON MYONEN IN ATLAS

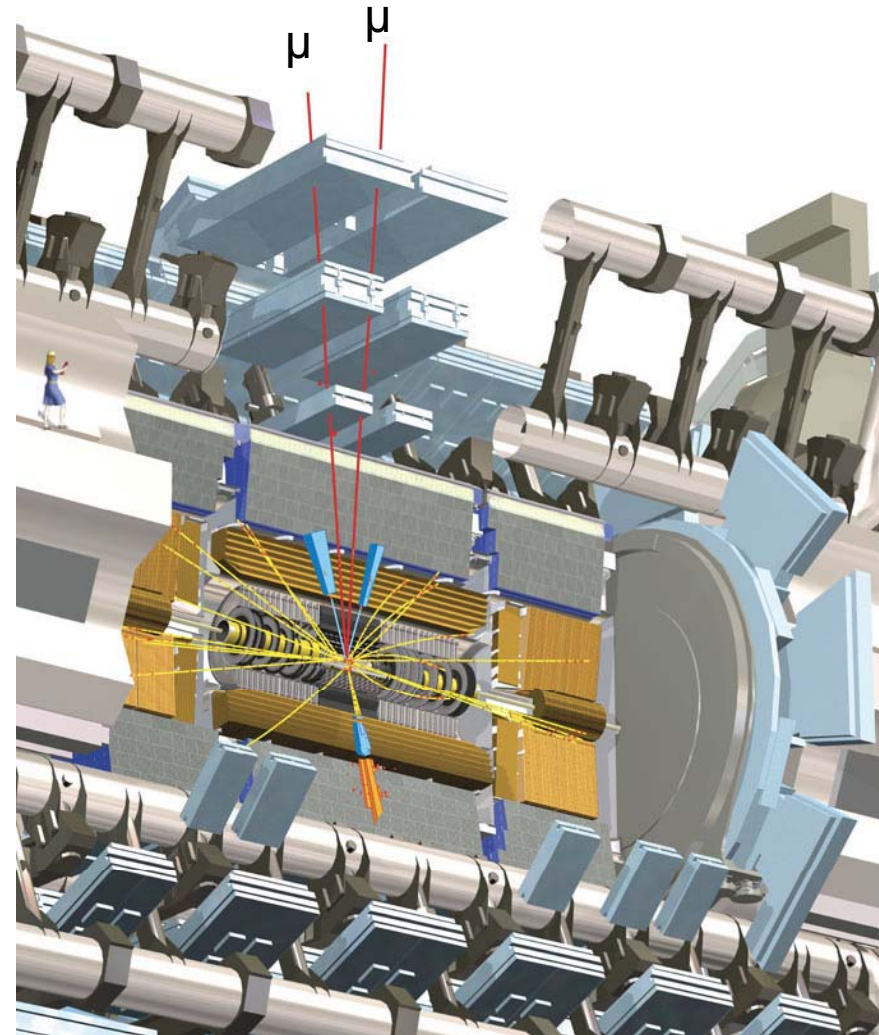


Myonen sind schwere Elektronen

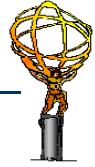
Eigenschaften

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

→ gut identifizierbar



MESSUNG VON MYONEN IN ATLAS



Myonen sind schwere Elektronen

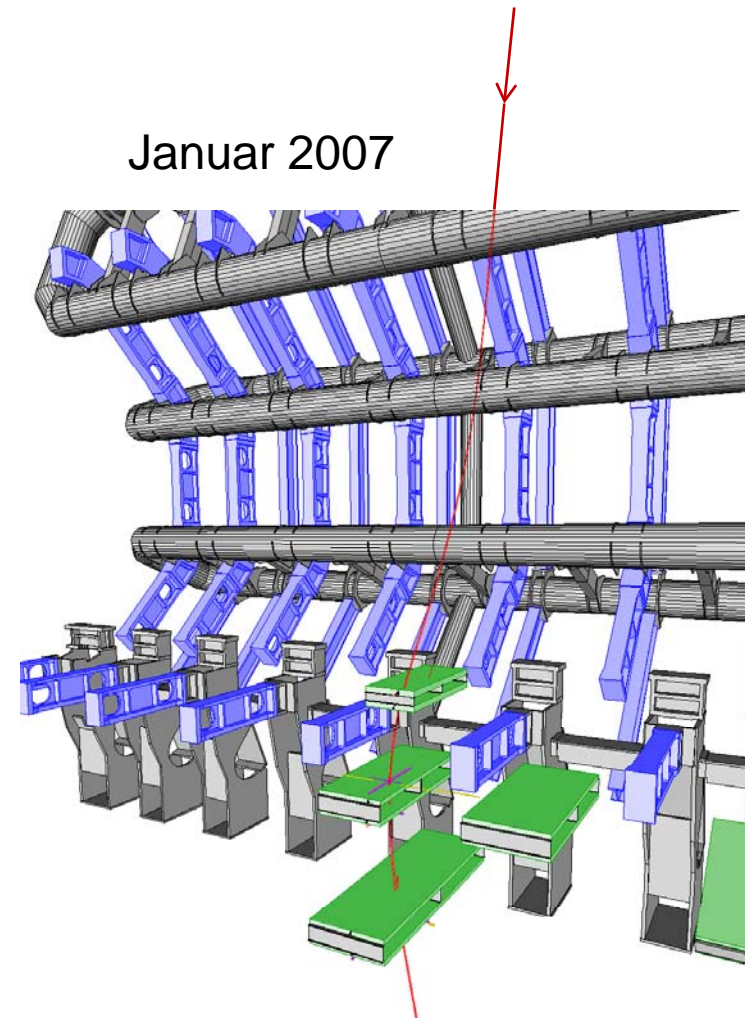
Eigenschaften

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

→ gut identifizierbar

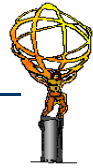
Messung ihrer Energie

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



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).

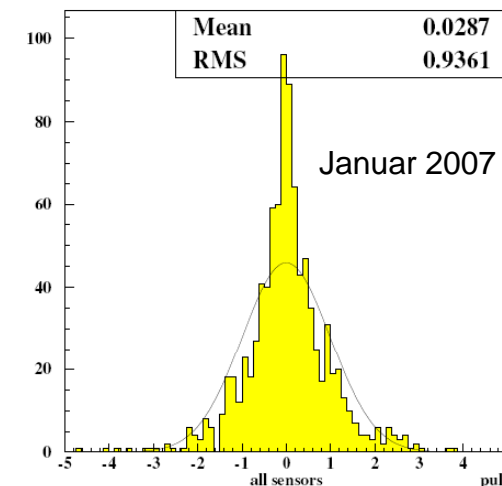
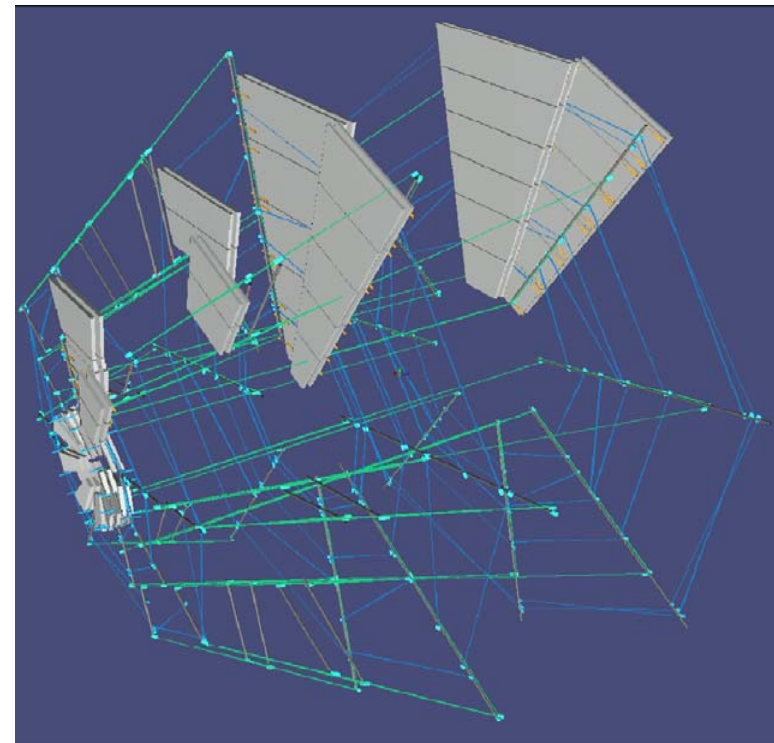
→ gut identifizierbar

Messung ihrer Energie

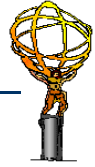
- durch Ablenkung im Magnetfeld
- Myonen ionisieren die Atome im Gas der 3 Kammern (grün)
- präzise Messung der Spurkrümmung

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

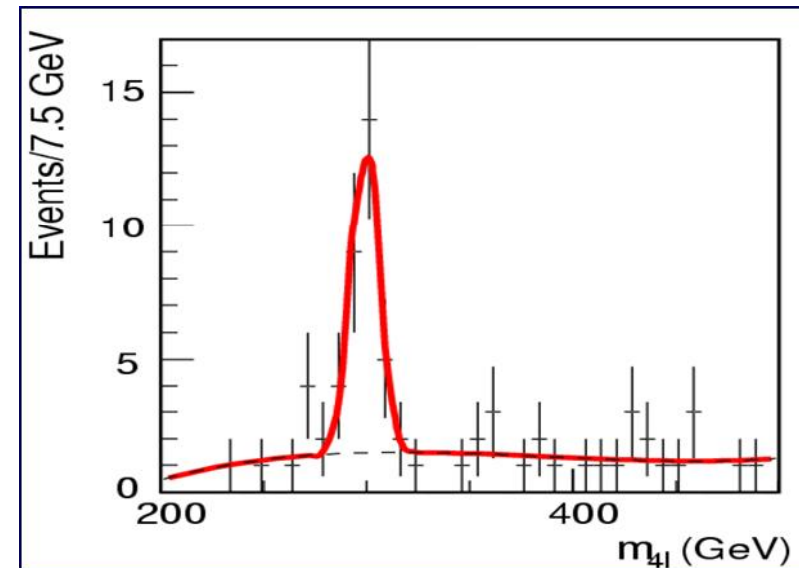
Messung ihrer Energie

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

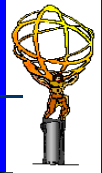
Technische Herausforderung

- 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.

