

Elementarteilchenphysik am MPI für Physik



Cresst



Magic

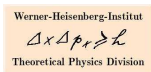


ATLAS

München, 22. Dezember 2004

Richard Nisius (MPI München)

nisius@mppmu.mpg.de



Einleitung

Das H1 Experiment

Das Magic Teleskop

Das Atlas Projekt

Zusammenfassung

Die Organisation der Max-Planck-Gesellschaft



- Die Max-Planck-Gesellschaft (MPG) zur Förderung der Wissenschaften e.V. ist eine unabhängige gemeinnützige Forschungsorganisation. Sie fördert die Forschung vorrangig in eigenen Instituten, den MPIs.
- Die MPG unterhält derzeit 80 Forschungsinstitute, in denen mehr als 12.000 Mitarbeiter sowie 9.100 Doktoranden, Postdoktoranden, Gastwissenschaftler und studentische Hilfskräfte tätig sind.
- Die Forschungsgebiete der MPG sind in drei Bereiche aufgeteilt: Die **Biologisch-Medizinische**, die **Chemisch-Physikalisch-Technische** und die **Geisteswissenschaftliche** Sektion.
- In der CPT Sektion sind 5 Institute in München und Umgebung angesiedelt. Dies sind die MPIs für Astrophysik, extraterrestrische Physik, Plasmaphysik, und Quantenoptik in Garching, und in München das MPI für Physik (Werner-Heisenberg-Institut).

MPI für Physik - Aufgabe und Geschichte

Die Aufgabe

Das MPI betreibt sowohl theoretische als auch experimentelle Grundlagenforschung auf den Gebieten der Elementarteilchen- und Astroteilchenphysik.

Die Geschichte

- 1917 Gründung als **Kaiser-Wilhelm Institut für Physik** in Berlin.
Vorsitzender des Direktoriums war Albert Einstein.
- 1946 Wiedergegründet als **MPI für Physik** in Göttingen.
Der Direktor war Werner Heisenberg.
- 1958 Umzug von Göttingen zum heutigen Standort in München.
- 1960 Ausgliederung des Tochterinstituts für Plasmaphysik (IPP) in Garching.
- 1991 Ausgliederung der Tochterinstitute für extraterrestrische Physik (MPE) und für Astrophysik (MPA) in Garching.

Einige ehemalige Mitarbeiter

Peter Debye, Albert Einstein, Werner Heisenberg, Max v. Laue, Gerhart Lüders, Carl Friedrich v. Weizsäcker, ...

Das MPI für Physik - Personal und Forschung

Die heutigen Mitarbeiter

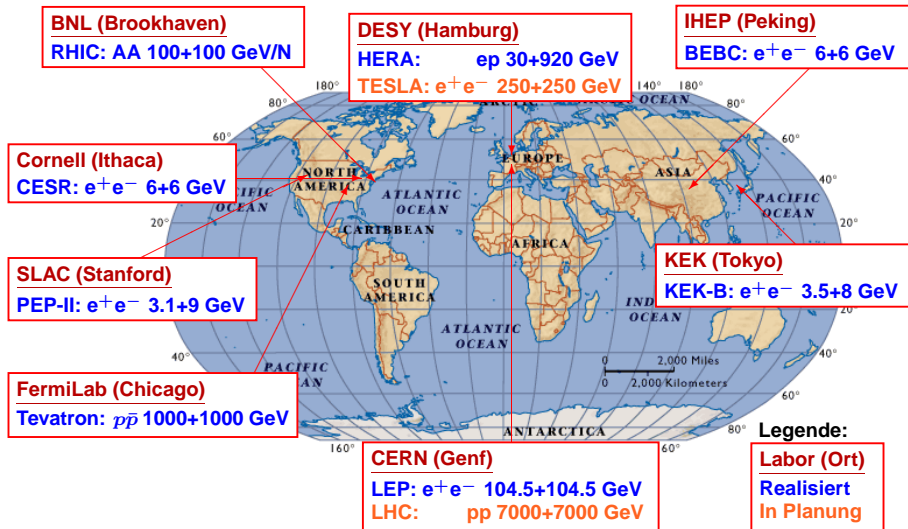
- Das MPI beschäftigt ca. 210 Mitarbeiter, und zwar 65 Wissenschaftler, 115 Personen im technischen Dienst und 30 Personen in der Verwaltung.
- Zusätzlich forschen ca. 30 Gastwissenschaftler am MPI.
- Es sind ca. 35 Doktoranden, 10 Diplomanden und 12 Lehrlinge in der Ausbildung.

Die Forschungsschwerpunkte

- Die Forschungsprojekte umfassen theoretische Arbeiten zur Teilchen- und Astroteilchenphysik, **Experimente** an den **Beschleunigern LEP (ALEPH, OPAL), HERA (H1), LHC (ATLAS) und RHIC (STAR)**, sowie die nicht-Beschleuniger Experimente **MAGIC** und **CREST**.
- Zusätzlich betreibt das Institut eine Halbleiterlabor zur Entwicklung innovativer Nachweisgeräte in Neuperlach.

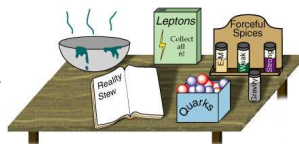
Das MPI hat ein breites Forschungsspektrum in Theorie und Experiment.

Auszug aus der Welt der Beschleuniger



Der Stand der Dinge

– Unser heutiges Bild der Rezeptur



der Natur, ist:

- Es gibt drei Familien von Leptonen und Quarks.
- Sie sind Fermionen (Spin = 1/2), und nur die erste Familie bildet stabile Materie, $p = uud$ und $n = udd$.
- Zu jedem Teilchen gibt es ein Antiteilchen mit umgekehrten Ladungen aber sonst identischen Eigenschaften.
- Die Massen sind sehr verschieden und niemand weiß warum. Die Massen reichen von weniger als 1 eV für das ν_e bis zu 175 GeV (Masse eines Gold-Atom) für das top Quark.
- Die Wechselwirkungen der Fermionen werden durch den Austausch von Bosonen (Spin = 1,2) beschrieben.

Leptons	ν_e e- Neutrino	ν_μ μ - Neutrino	ν_τ τ - Neutrino
	e electron	μ muon	τ tau
	I	II	III
Quarks	u up	c charm	t top
	d down	s strange	b bottom

Die fundamentalen Wechselwirkungen

	Wechselwirkung	Beispiel	Boson	Masse [GeV/c ²]	Elektrische Ladung [e]	rel. Stärke (Reichweite)
	Gravitation	Erdanziehung	Graviton G ?	0	0	10 ⁻³⁸ (∞)
Standardmodell ??	schwach	Kernzerfall	Z W [±]	91.2 80.4	0 ±1	10 ⁻⁵ (10 ⁻³ fm)
	elektromagnetisch	Coulombanziehung	Photon γ	0	0	10 ⁻² (∞)
	stark	Quark-Einschluss	Gluon g	0	0	1 (1 fm)

Diagramm zur Standardmodell-Gruppierung:

- Ein blauer Pfeil zeigt von der Beschriftung "Standardmodell" nach oben zu den Wechselwirkungen Gravitation und schwach.
- Ein grüner Pfeil zeigt von der Beschriftung "Standardmodell" nach unten zu den Wechselwirkungen elektromagnetisch und stark.
- Ein brauner Pfeil zeigt von der Beschriftung "elektro-schwach" nach oben zu den Wechselwirkungen schwach und elektromagnetisch.
- Ein brauner Pfeil zeigt von der Beschriftung "elektro-schwach" nach unten zu der Wechselwirkung stark.

Der Quark-Baukasten zur Konstruktion von Hadronen

Welche Bausteine gibt es

- Quarks, q , kommen in drei Farben vor **Rot**, **Grün** oder **Blau**.
- Antiquarks, \bar{q} , haben Antifarbe, **Antirrot (cyan)**, **Antigrün (Magenta)** oder **Antiblau (gelb)**.
- Quarks haben eine elektrische Ladung Q von $+2/3$ (u,c,t) oder $-1/3$ (d,s,b) und $Q_q = -Q_{\bar{q}}$

Die Bauregeln

- Es gibt nur farblose Teilchen (drei Farben oder Farbe-Antifarbe).
- Es gibt nur Teilchen mit ganzzahliger elektrischer Ladung.



Einfachste Gebilde



Proton

$$p = uud \quad \text{und} \quad Q = +2/3 + 2/3 - 1/3 = 1.$$





Pion

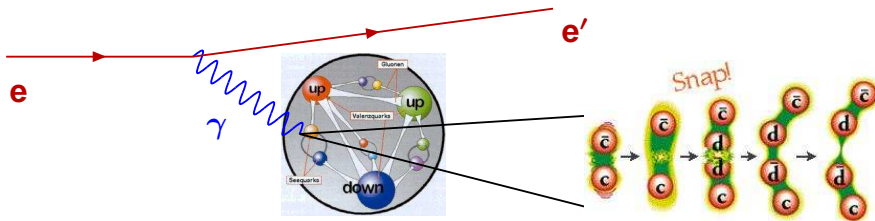
$$\pi^+ = u\bar{d} \quad \text{und} \quad Q = +2/3 + 1/3 = 1.$$

Das Proton und seine Konstituenten

- Das  besteht aus den quasi-freien uud Valenzquarks und den Seequarks.

- Die Quarks sind durch  gebunden. Diese Bindung sorgt für das  confinement.

- Insgesamt ergibt sich dann ein sehr komplexes Gebilde aus Valenz- und Seequarks.



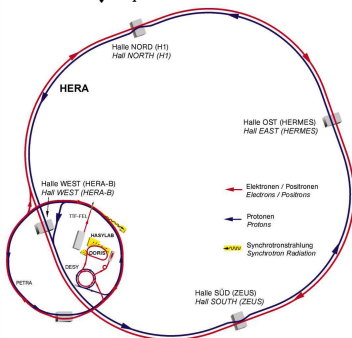
- Durch Streuung von hochenergetischen Elektronen an Protonen können Quarks aus dem Verband befreit werden. Die Häufigkeit und die kinematischen Eigenschaften der Ereignisse geben dann Aufschluß über die Quarks im Proton.

Die komplexe Struktur des Protons wird in der Elektron-Proton Streuung untersucht.

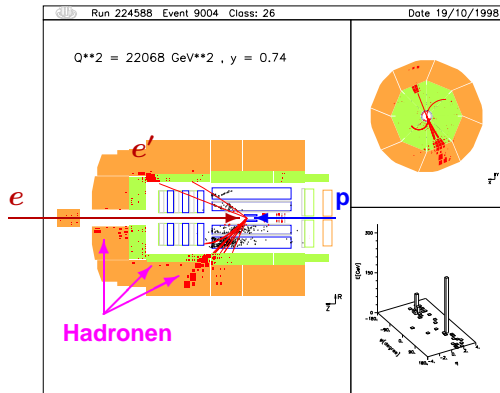
HERA und ein H1 Ereignis

Die Beschleunigeranlagen

- $E(e^+/e^-) = 27.6 \text{ GeV}$
- $E(p) = 920 \text{ GeV}$
- $\sqrt{s_{ep}} \approx 320 \text{ GeV}$



Ein H1 Ereignis



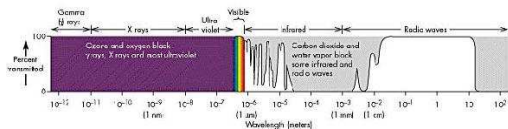
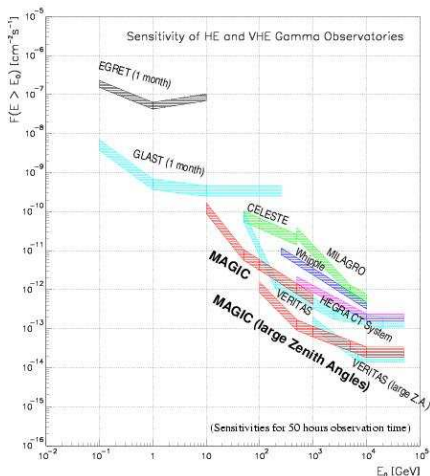
Die Experimente H1 und Zeus nehmen seit 1989 Daten.

Magic - Was untersuchen wir

- Das **Major Atmospheric Gamma-ray Imaging Cherenkov Telescope** untersucht Luftschauer ausgelöst durch hochenergetischen Teilchen der kosmischen Strahlung,

hauptsächlich durch Photonen mit Hilfe der Cherenkov Strahlung.

- Cherenkov Strahlung entsteht wenn sich Teilchen in Materie mit Geschwindigkeiten grösser der lokalen Lichtgeschwindigkeit bewegen.
- Dieser Effekt ist analog zum Überschallknall.

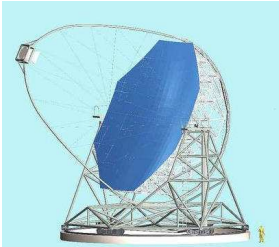


- Die Erdatmosphäre ist für die Cherenkov Strahlung sehr transparent.

Man braucht klare Nächte und große Spiegel.

Magic - Das Teleskop am Roque de los Muchachos auf La Palma

Von der Prinzipskizze ...



... über das Modell ...



... zum fertigen Teleskop ...



$$\varnothing = 17 \text{ m}, A = 240 \text{ m}^2$$

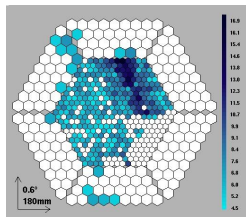
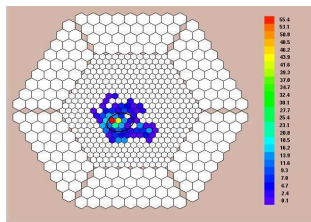
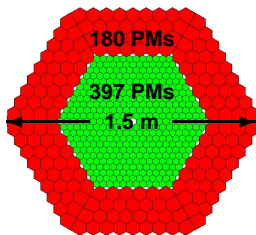
... und zur Einweihung.



MAGIC nimmt seit Sommer diesen Jahres Daten.

Magic - Die Kamera und erste Ereignisse

- Das Kamera-Layout, die Photo-Multiplier (PM), und die fertige Kamera in ihrem Rahmen.



- Ein simuliertes Ereignis, und das erste kosmische Muon.

Wir sind schon gespannt auf die ersten Physikresultate von Magic.

Der Large Hadron Collider (LHC)



Der LHC - ein Proton-Proton Beschleuniger (2007⁺⁺)

Alice

Schwere Kerne, ...

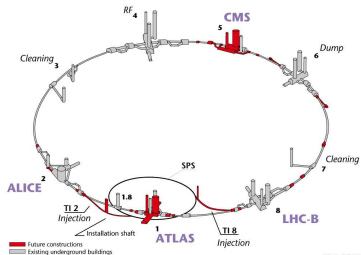
LHC-B

Materie ↔ Antimaterie,
...

ATLAS / CMS

Higgs Produktion, ...

Das Herzstück des LHC -
die supraleitenden Magnete



Technische Daten

$L = 26.7 \text{ km}$

$E_p = 7 \text{ TeV}$

$N_p = 1.1 \cdot 10^{11} / \text{Strahl}$

Lumi Erwartungen

$10 \text{ fb}^{-1} / \text{a}$ beim Start

$100 \text{ fb}^{-1} / \text{a}$ nominal



Länge	15 m
Gewicht	23.8 t
B-Feld	8.3 T
Temperatur	1.9 K
Strom	12000 A
Energie	7.1 MJ

Bauarbeiten für ATLAS - die Installation im Zeitraffer



29.05.2003

30.05.2003

11.07.2003

01.09.2003

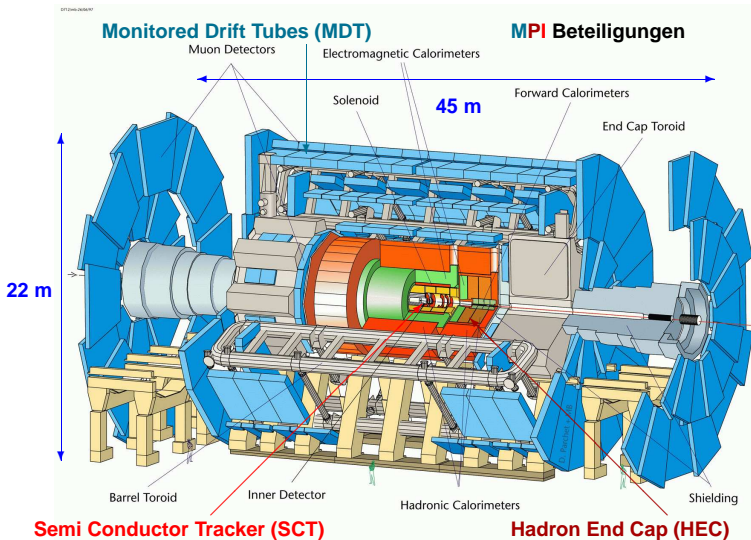
27.10.2003

03.11.2003

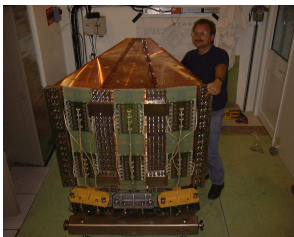
22.12.2003

Schauen Sie doch bitte bis zum Frühjahr 2007 noch ein paar Mal vorbei.

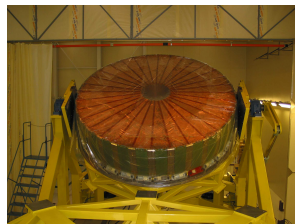
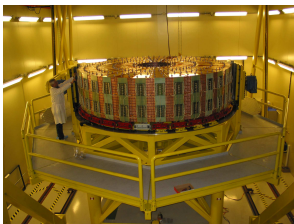
Der ATLAS Detektor



Das Hadronische Endcap Kalorimeter

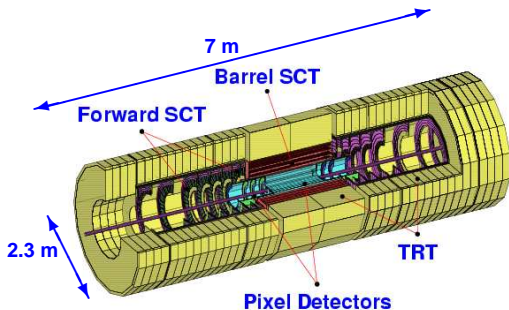


- Die Abschwächung der durch die Hadronen ausgelösten Teilchen-Schauer erfolgt durch 25 mm dicke Kupferplatten. Das sensitive Material ist flüssiges Argon.
- Es müssen je 32 Module zu Rädern zusammengefügt werden. Am MPI werden 27 dieser Module gebaut.
- Insgesamt gibt es 4 Räder. Jedes Rad hat einen Radius von 2.1 m und ein Gewicht von 67 t.



Das Zusammenfügen der einzelnen Module zu einem kompletten Rad ist Maßarbeit.

Der innere Spurdetektor von ATLAS



Am MPI bauen wir 400 Module des SCT Vorwärtsbereichs.

Der Pixel Detektor

- Radius 4.8 – 16 cm.
- 3 Lagen, 8 Scheiben.
- $1.4 \cdot 10^8$ Auslesekanäle.
- σ : $12 \mu\text{m}$ ($R\Phi$) and $\approx 70 \mu\text{m}$ (z/R).

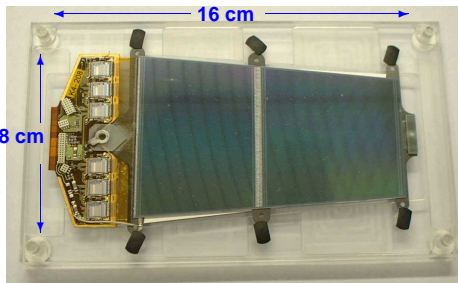
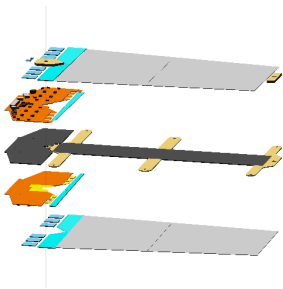
Der Semi Conductor Tracker

- Radius 27 – 52 cm.
- 4 Lagen, 18 Scheiben
- $6.3 \cdot 10^6$ read-out channels.
- 4088 Module, 61 m^2 Silizium
- σ : $16 \mu\text{m}$ ($R\Phi$) and $580 \mu\text{m}$ (z/R).

Der Transition Radiation Tracker

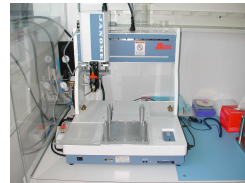
- Radius 56 – 107 cm.
- 420 k Auslesekanäle.
- Xe Strahler zum Elektronnachweis.
- σ : $170 \mu\text{m}$ / pro Röhrrchen.

Vom Modell zum Modul ist ein langer Weg

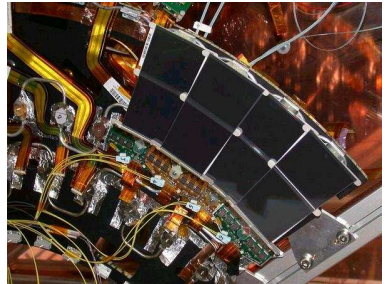
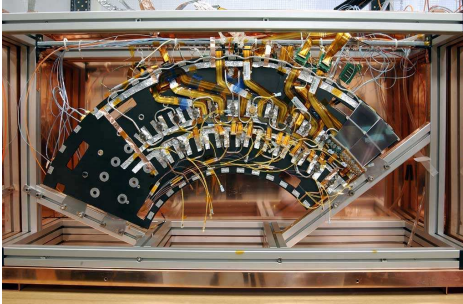


Die wichtigsten Dinge sind

- ein Roboter zum Ausrichten der Detektoren mit einer Genauigkeit von besser als $5 \mu m$,
- ein Kleberoboter,
- und viel Ruhe und Geduld, Bauzeit: 1 Tag/Modul.



Der Test eines Teilsystems



Die Integration der Module ist schwierig

- Die Module sind sehr empfindlich.
- Eine präzise Vermessung ist nötig (X-Ray).
- Elektronisches Rauschen ist zu vermeiden.
- Es ist nicht viel Platz, die Module überlappen.

Beim Zusammenspiel aller Kräfte ist sehr viel Abstimmung nötig.

Wir suchen immer noch nach Antworten auf eine Reihe von Fragen.

1. **Sind Quarks und Leptonen wirklich elementar, oder haben sie Sub-Struktur?**
2. **Warum haben die Teilchen so verschiedene Massen?**
3. **Gibt es das Higgs Teilchen wirklich? Wenn nicht, was sonst ist zuständig für die Massenerzeugung?**
4. **Woraus besteht die Dunkle Materie?**
5. **Wie passt die Gravitation in unser Wechselwirkungsbild?**
6. **...**

Es gibt viel zu entdecken - Schauen mer mal und derweil ...

Eine kleine Auswahl interessanter Links

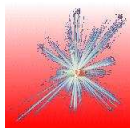
Dieser Vortrag



<http://www.mppmu.mpg.de/~nisius/welcomeaux/lehre.html>

Die Startseite der deutschen Teilchenphysik

Eine kompakte Seite mit vielen weiteren Links



<http://www.teilchenphysik.info>

Zum Durcharbeiten

Ein Lernprogramm der Uni Erlangen aus dem ich Bilder entnommen habe



<http://www.didaktik.physik.uni-erlangen.de>

Zum Erholen

Eine Sammlung von Portraits



und Cartoons



<http://www.th.physik.uni-frankfurt.de/~jr>