

Der Urknall im Labor -

Hermann Kolanoski, Humboldt-Universität zu Berlin



Teilchenphysik bei den höchsten Energien

... worüber ich berichten will:



Gigantisch:

- Large Hadron Collider
- Detektor
- Datenströme
- Datenverarbeitung

Warum:

- Hohe Energien
- Forschungsziele
- unser Universum verstehen

Soziologie:

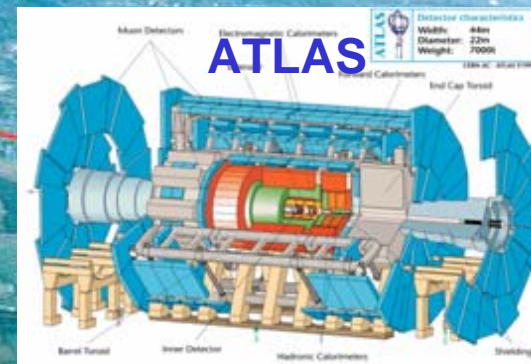
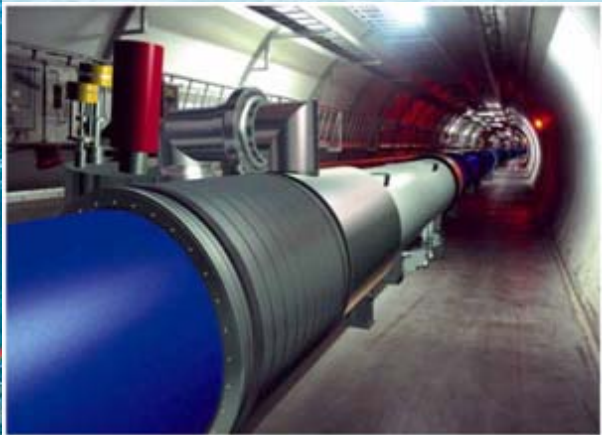
- internationale Kollaborationen
- Management
- Kommunikation
- Individuen in der Menge

A stylized, hand-drawn map of Europe. The Lake Geneva region is highlighted in blue and labeled 'LAKE GENEVA' and 'SWITZERLAND'. A light blue rounded rectangle with a red border is centered over the map, containing the title. France is highlighted in pink, and the LHC region is highlighted in yellow and labeled 'LHC' and 'collaborators of ATLAS'. The ALICE region is highlighted in green and labeled 'collaborators of ALICE'. The map includes simple drawings of trees and buildings.

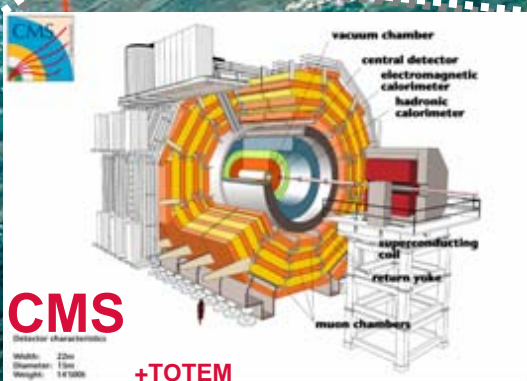
CERN, der Large Hadron Collider und seine Experimente

B-Physik,
CP-Verletzung

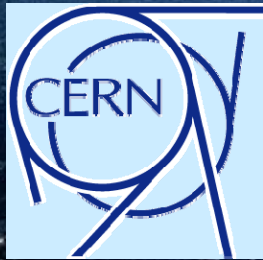
Proton-Proton-Collider LHC :
27 km lang
100 m unter der Erde



Universelle
Detektoren



Schwerionen, pp



Was ist CERN?

- CERN ist das weltweit **größte Zentrum für Teilchenphysik**
- was Teilchenphysiker suchen::
 - **elementaren Bausteine der Materie**
 - **die fundamentalen Kräfte, die alles zusammenhalten**
- dazu braucht die Teilchenphysik:
 - **aufwendige Apparaturen** um neue Teilchen zu erzeugen und zu untersuchen



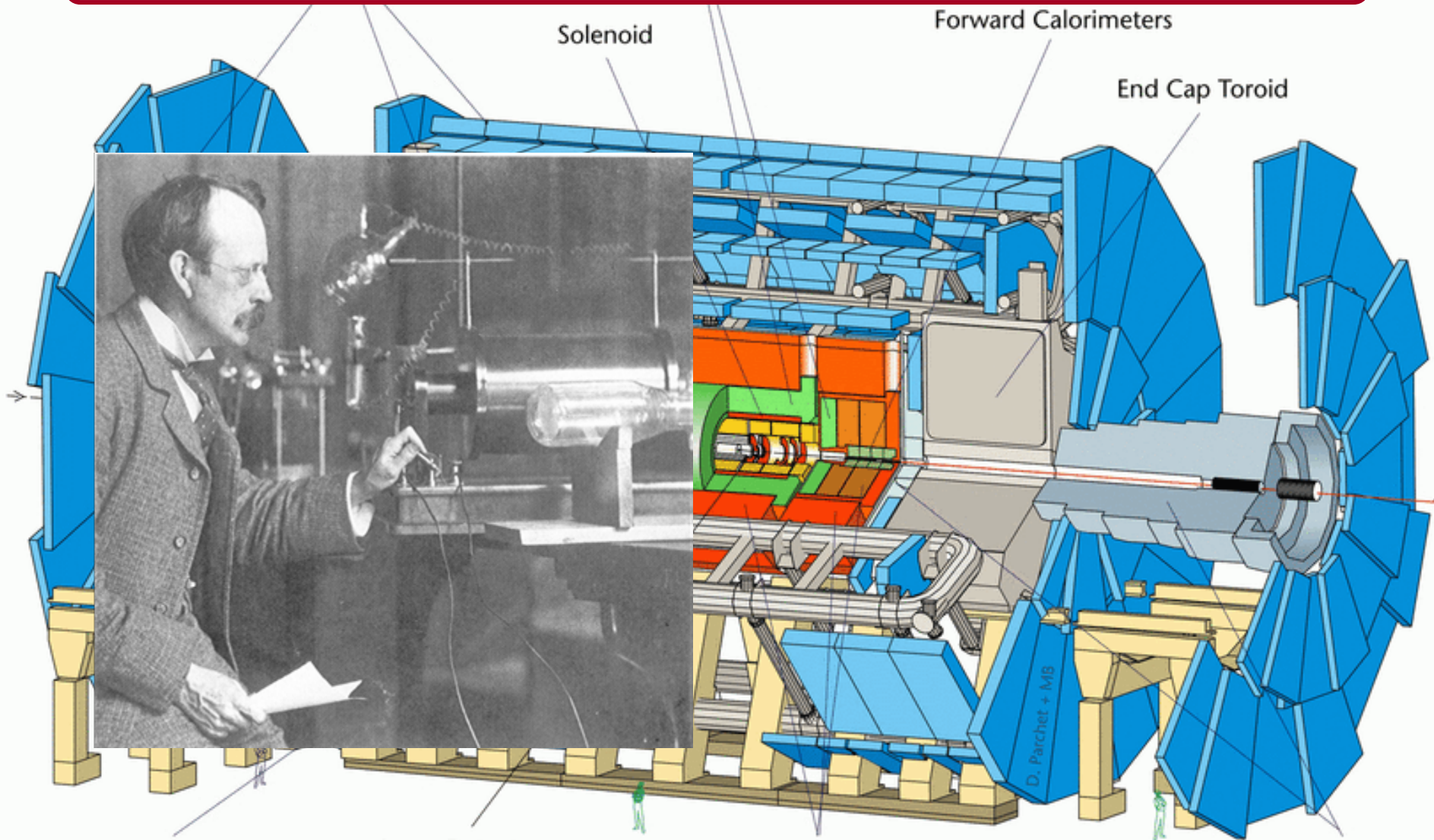
CERN is:

- **~ 2500 staff scientists** (physicists, engineers, ...)
- **Some 6500 visiting scientists** (half of the world's particle physicists)

They come from 500 universities representing 80 nationalities.

CERN

Von der Entdeckung des Elektrons bis ...



... bis zu der Entdeckung des Higgs, SUSY, Extra-Dimensionen ...



- | | |
|----------------|-------------|
| Argentina | Netherlands |
| Armenia | Norway |
| Australia | Poland |
| Austria | Portugal |
| Azerbaijan | Romania |
| Belarus | Russia |
| Brazil | Serbia |
| Canada | Slovakia |
| China | Slovenia |
| Czech Republic | Spain |
| Denmark | Sweden |
| France | Switzerland |
| Georgia | Taiwan |
| Germany | Turkey |
| Greece | UK |
| Israel | USA |
| Italy | CERN |
| Japan | JINR |
| Morocco | |

ATLAS Collaboration

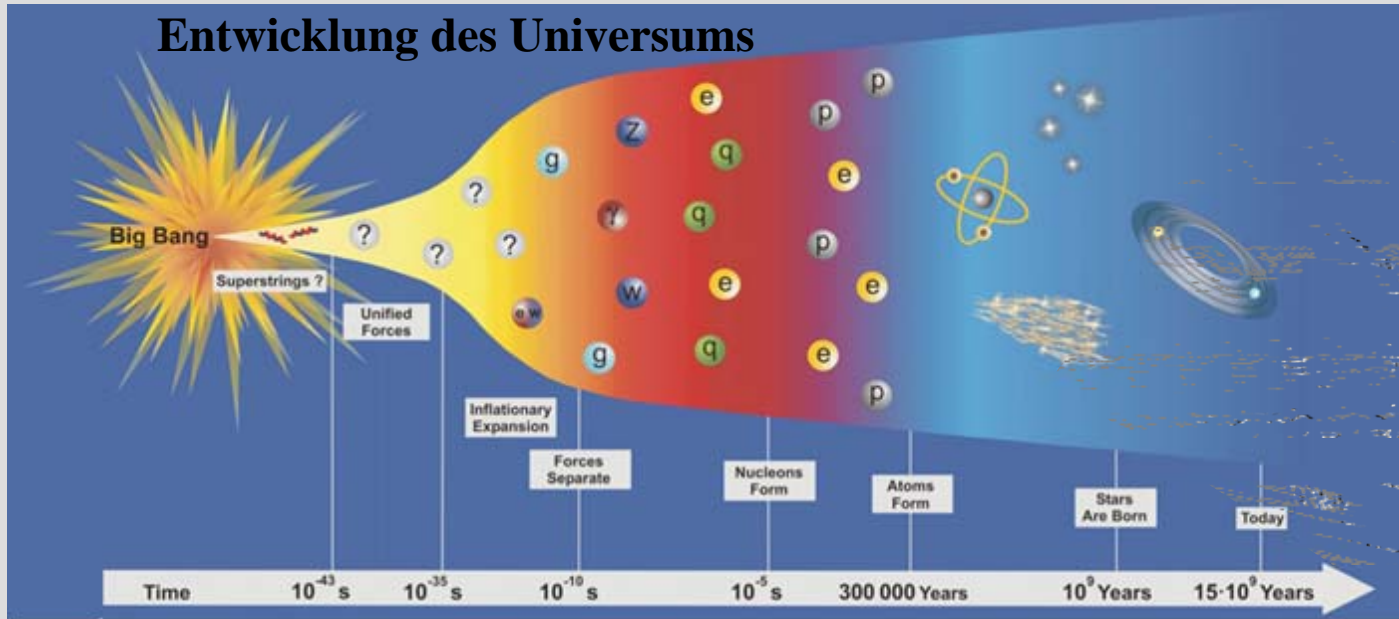


„Dass ich erkenne,

Die Motivation ...

zusammenhält“

Standardmodelle: Kosmologie und Teilchenphysik



Marieteilchen

1. Familie

u Up-Quark

d Down-Quark

e Elektron

ν_e Elektron-Neutrino

2. Familie

c Charm-Quark

s Strange-Quark

μ Myon

ν_μ Myon-Neutrino

3. Familie

t Top-Quark

b Bottom-Quark

τ Tauon

ν_τ Tau-Neutrino

Kraftteilchen

Starke Kraft

g_1

g_5

g_2

g_6

g_3

g_7

g_4

g_8

8 Gluonen

Schwache Kraft

W^-

W-Minus

Z^0

Z-Null

W^+

W-Plus

Elektromagnetische Kraft

γ

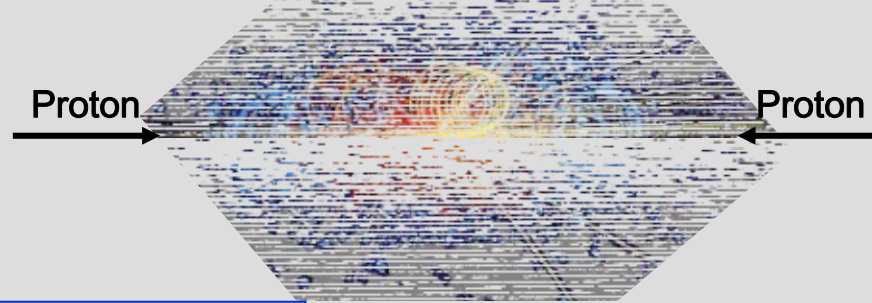
Photon

Massenerzeugung



Alles verstanden? Es bleiben Fragen:
Higgs, Dunkle Materie, Quantentheorie der Gravitation,

Warum hohe Energien?

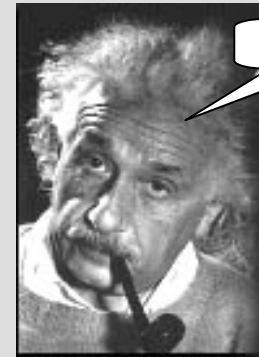


Ortsauflösung
Mikroskop: 10^{-6} m

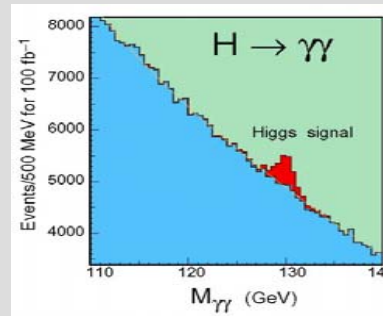
Ortsauflösung
LHC: 10^{-20} m



$\Delta x = h / \Delta p$



$E=mc^2$



Energie:

- Abtasten von Strukturen
- Aufbrechen von Strukturen
- Erzeugung von neuer Materie: $E=mc^2$

HIGGS-Teilchen

Die Teilchen in den 3 Familien unterscheiden sich nur in ihrer Masse.

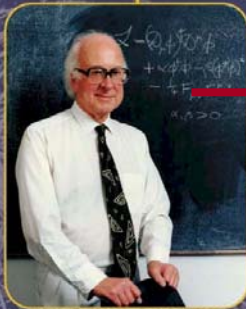
Schöne Symmetrie, wenn alle Teilchen keine Masse hätten.
Warum haben die Teilchen Masse?

Antwort der Theoretiker: **Higgs-Teilchen** „gibt“ allen Teilchen Masse

Wie kann man das verstehen????

WHAT IS MASS?

Massless particles travel at the speed of light. Particles with mass are slowed down. But why? According to the best theory so far particles with mass interact with a Higgs field that fills space. If the Higgs field were switched off then everything would be massless.



Peter Higgs

In the demonstration a non-magnetic 'slug' represents a massless particle. It moves at the same speed through both the one-dimensional universes - the tubes. The magnetic slug represents a massive particle, which is slowed down when passing through the universe with the Higgs field switched on.

Masse \Leftrightarrow Trägheit

Der britische Wissenschaftsminister wollte das auch verstehen, bevor er das Geld für den „Large Hadron Collider“ locker macht

Wie die HIGGS-Teilchen träge machen



Party: Gäste erwarten
Angela ...



Angela kommt –
Wellenbewegung in Richtung Tür

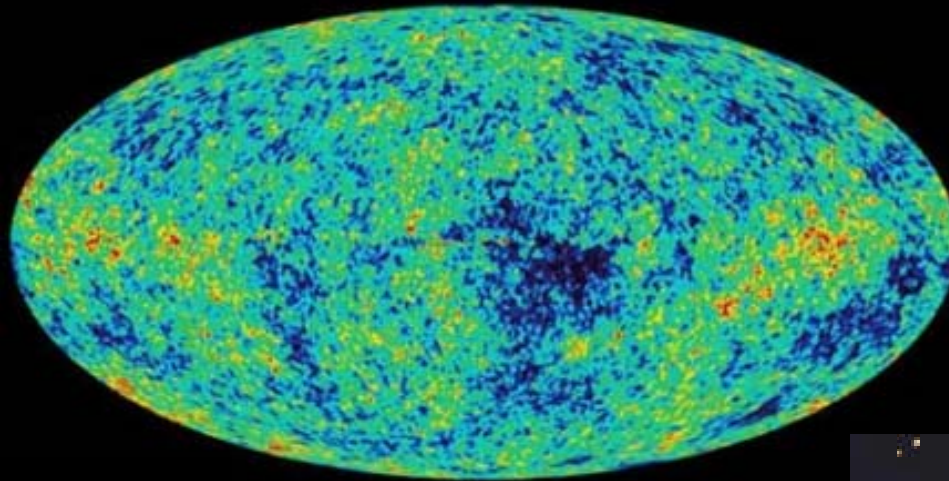


Gäste suchen die Nähe
von Angela

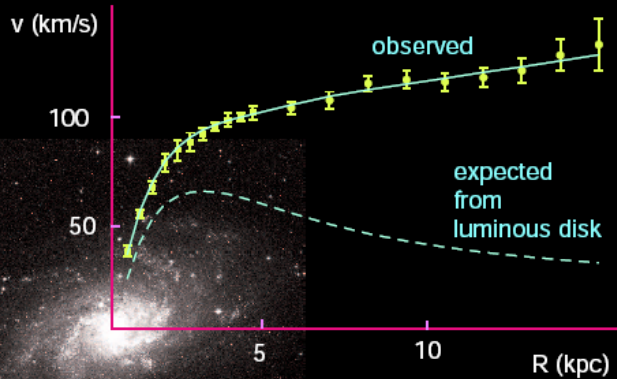
Gäste = Higgs-Feld
Angela = massives Teilchen

**Angela wird unbeweglich –
bekommt Masse**

Dunkle Materie und ...



Mikrowellenhintergrund
(Nobelpreis 2006)



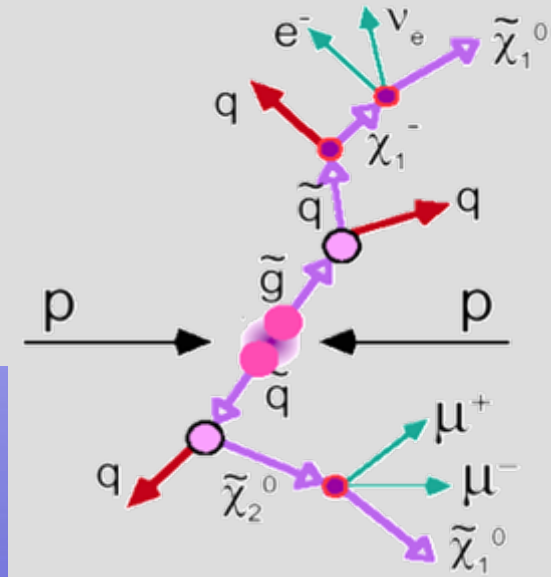
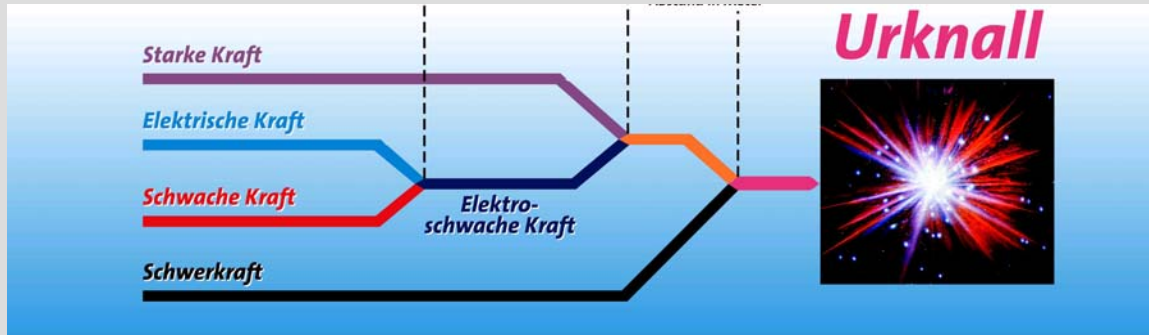
M33 rotation curve
(fig. 1)

Rotationskurven von Galaxien



Dynamik von Galaxienhaufen

... und Supersymmetrie



Teilchen und ihre supersymmetrischen Partner (SUSY)

Spin	Normales Teilchen	Superpartner	Spin
1/2	Leptons (e, ν_e, \dots) Quarks (u, d, \dots)	Sleptons ($\tilde{e}, \tilde{\nu}_e, \dots$) Squarks ($\tilde{u}, \tilde{d}, \dots$)	0
1	Gluons W^\pm Z^0 Photon (γ)	Gluginos Wino Zino Photino ($\tilde{\gamma}$)	1/2
0	Higgs	Higgsino	1/2
2	Graviton	Gravitino	3/2

stabiles **LSP**
„lightest SUSY particle“

„Neutralinos“ sind Kandidaten
für Dunkle Materie

Suche nach ‚Extra-Dimensionen‘



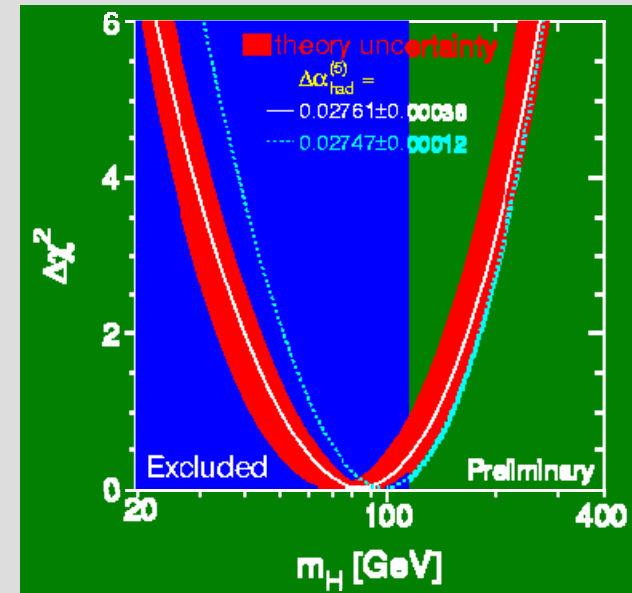
Mini
Schwarzes
Loch

Basic idea : solve hierarchy problem $M_{EW} / M_{Planck} \sim 10^{-17}$ by lowering gravity scale from $M_{Planck} \sim 10^{19}$ GeV to $M_D \sim 1$ TeV
Possible if gravity propagates in $4 + n$ dimensions.

Forschungsprogramm

Suche nach

- dem Higgs-Teilchen
- nach Supersymmetrie (→ Dunkle Materie?)
- Extra-Dimensionen
- ... dem Unerwarteten



Antworten auf die offenen Fragen der Teilchenphysik und der Kosmologie
- also unserer Welt



Apparaturen

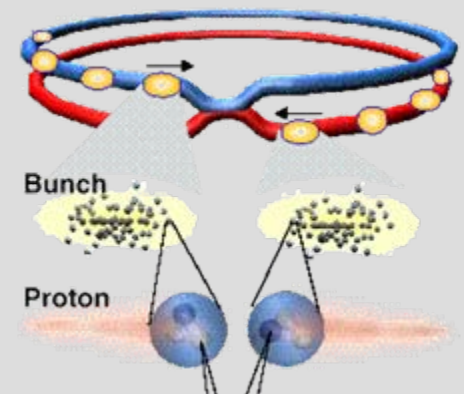
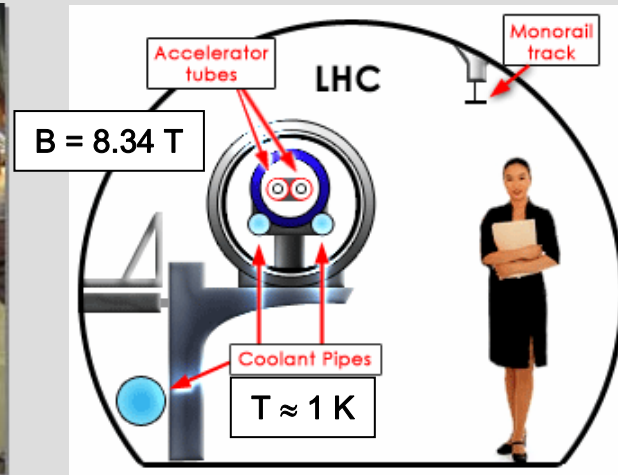
Maschine: Large Hadron Collider (LHC)

Ablassen des ersten Dipolmagneten
in den Tunnel im März 2005



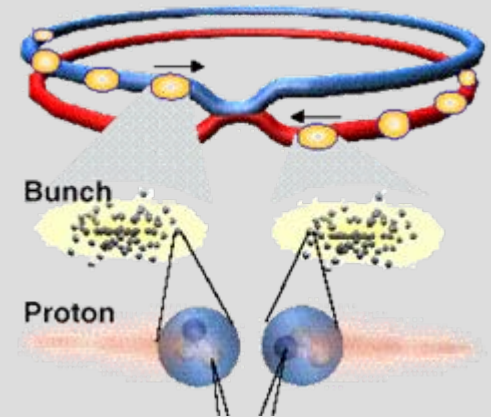
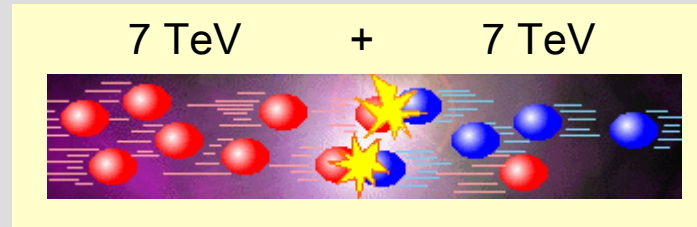
... und der 616. Magnet von
insgesamt 1232 im Juli 2006

Supraleitende Magnettechnologie basiert auf Pionierarbeit für HERA-Collider im DESY



LHC-Parameter

Energie



Bunch-Kollisionen:

40 MHz = 1/25 ns

Luminosität

$L = 10^{34} \text{ cm}^{-2} \text{ s}^{-1}$

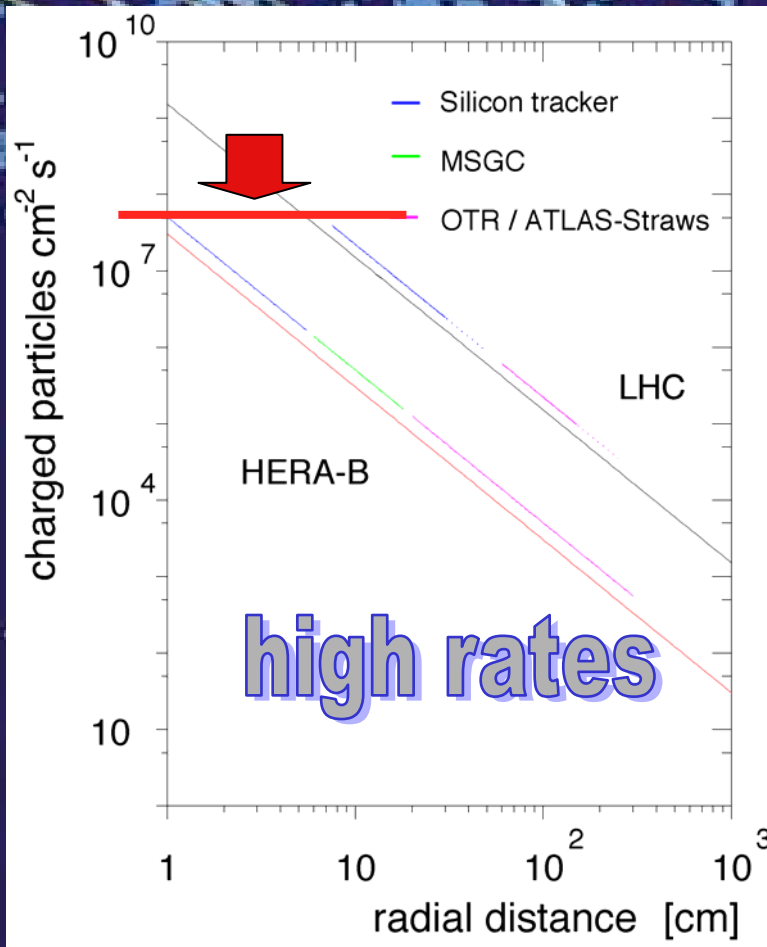
$$\dot{N} = \sigma \cdot L$$

mit $\sigma_{pp} \approx 100 \text{ mb} = 10^{-25} \text{ cm}^2$ folgt :

$$\dot{N} = 10^9 \text{ Ereignisse/s} = 1 \text{ GHz} !!!$$

⇒ in 1 Jahr = 10^7 s wird 1 Ereignis erzeugt,
das 10^{16} –mal seltener als eine Proton-Proton-Kollision ist !!

F&E für Detektoren



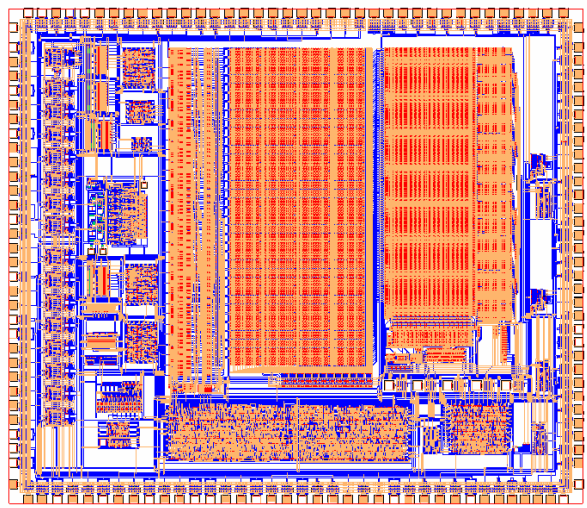
Bedingungen für die Detektoren:

- hohe Teilchenraten
- hohe Teilchendichten ...
- schnelle Ereignisfolge

Anforderungen an die Detektoren:

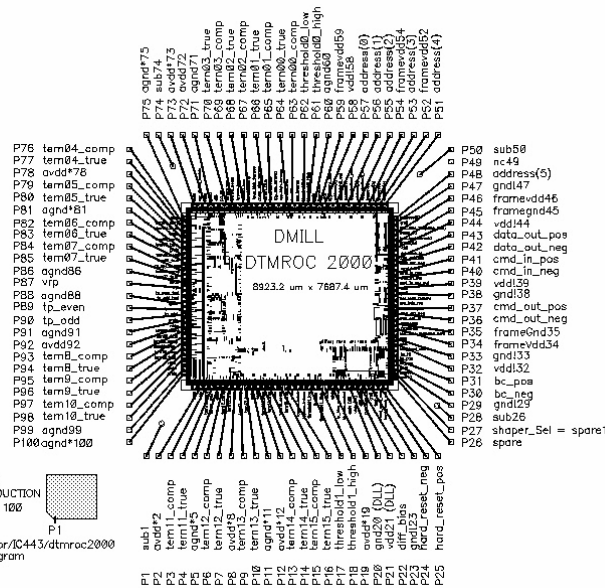
- gute Auflösung (Ort, Energie, Impuls, ...)
- hohe Granularität, niedrige „Occupancy“
- strahlenhart
- schnelle Signale
- hohe Integrationsdichte der Elektronik

Detektorelektronik

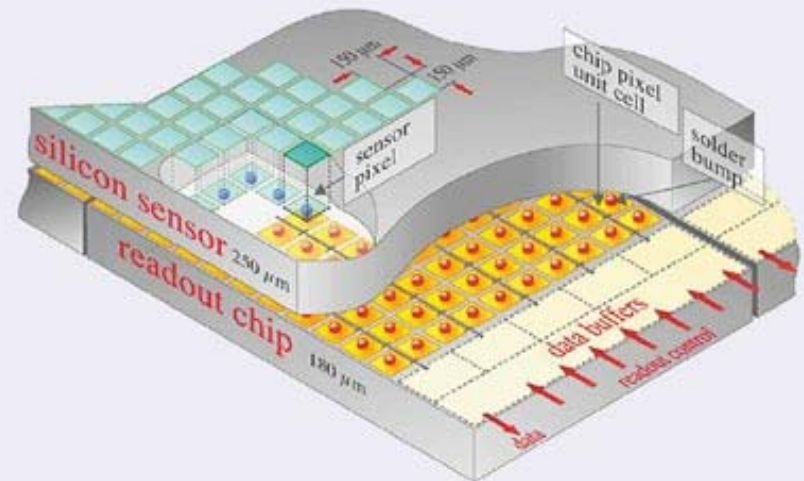


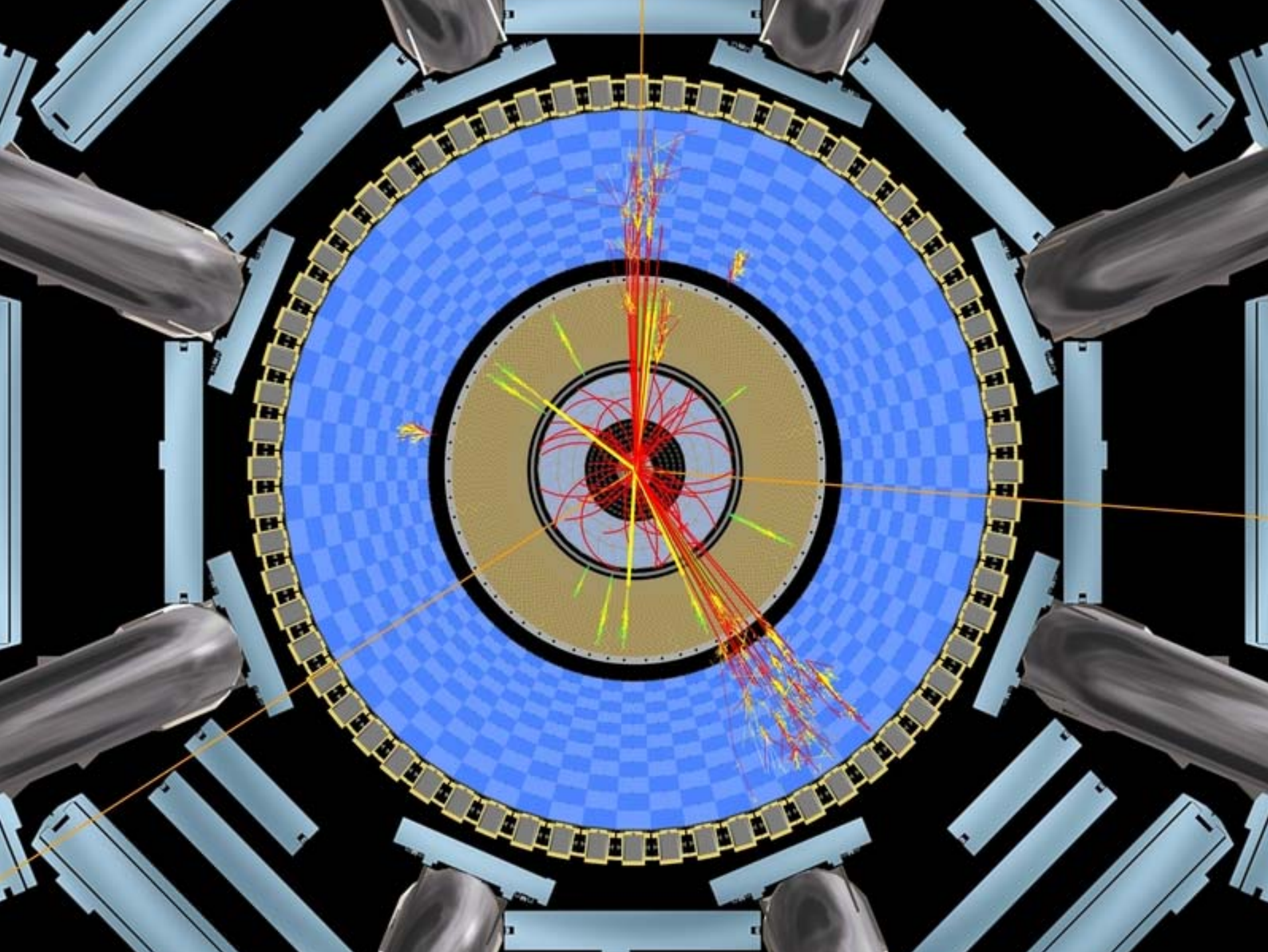
ASIC-Entwicklungen

- strahlenharte Technologien (jetzt deep-submicron)
- hohe Integrationsdichte: Granularität und Anzahl)
- Pipeline-Prinzip (Speichern, um Totzeit zu vermeiden)
- ...



Beispiel: Pixel-Detektoren





Trigger, Datennahme und Detektorkontrolle

Trigger

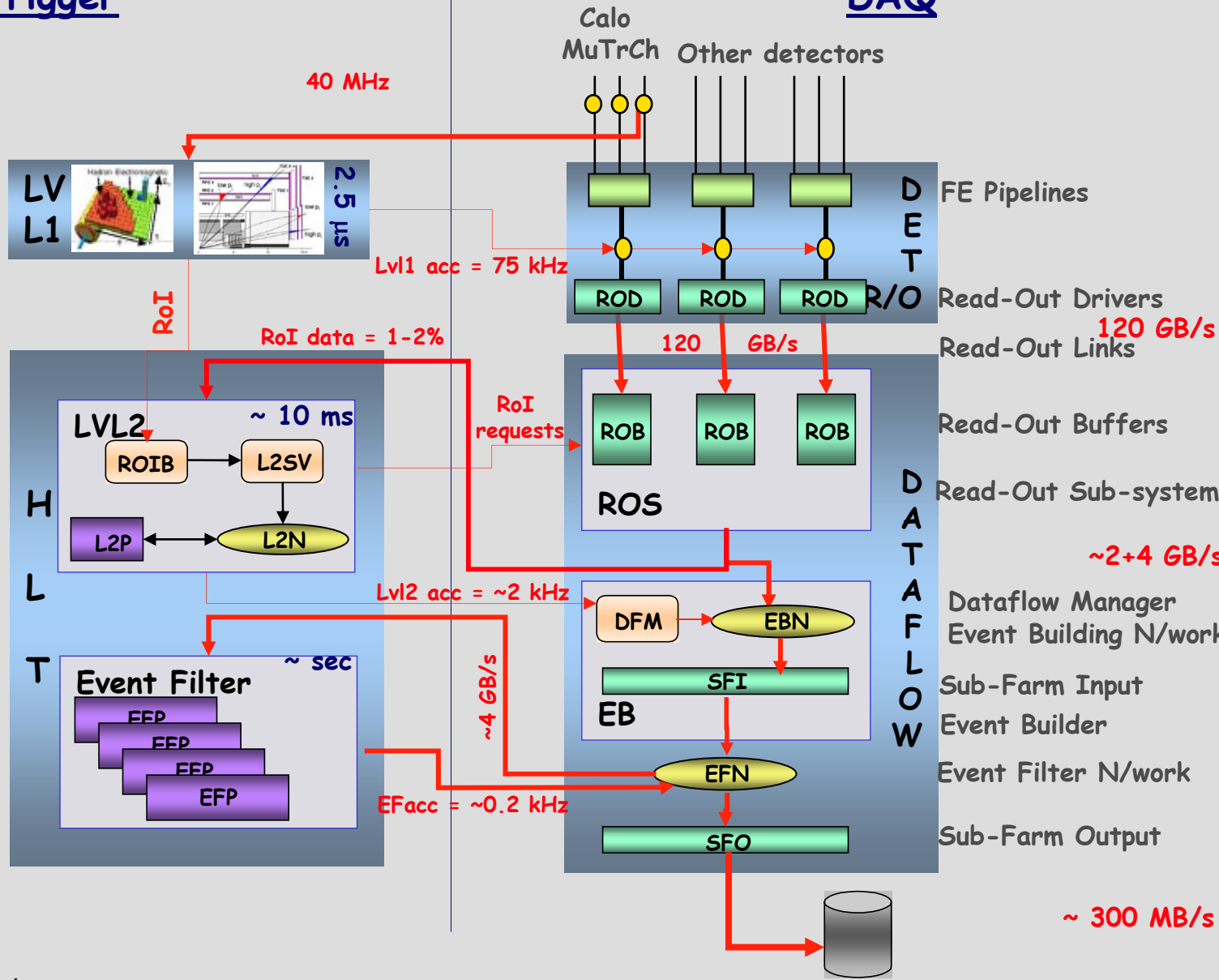
DAQ

40 MHz

75 kHz

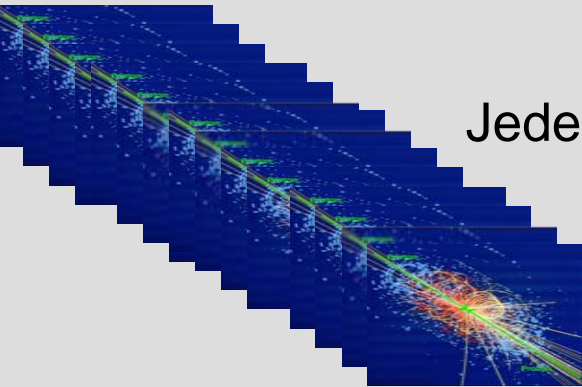
~2 kHz

~ 200 Hz



LHC und die Datenflut

„The Big Data Bang“



Jede Sekunde -

600 000 000 Ereignisse

x 20 000 000 Sensoren

≈ 10 Petabyte/s

Datenfilter: 1 : 10 000 000

Datenspeicher: 10 Petabyte pro Jahr

(~ 1% der globalen Information)

1 Megabyte (1MB)
A digital photo

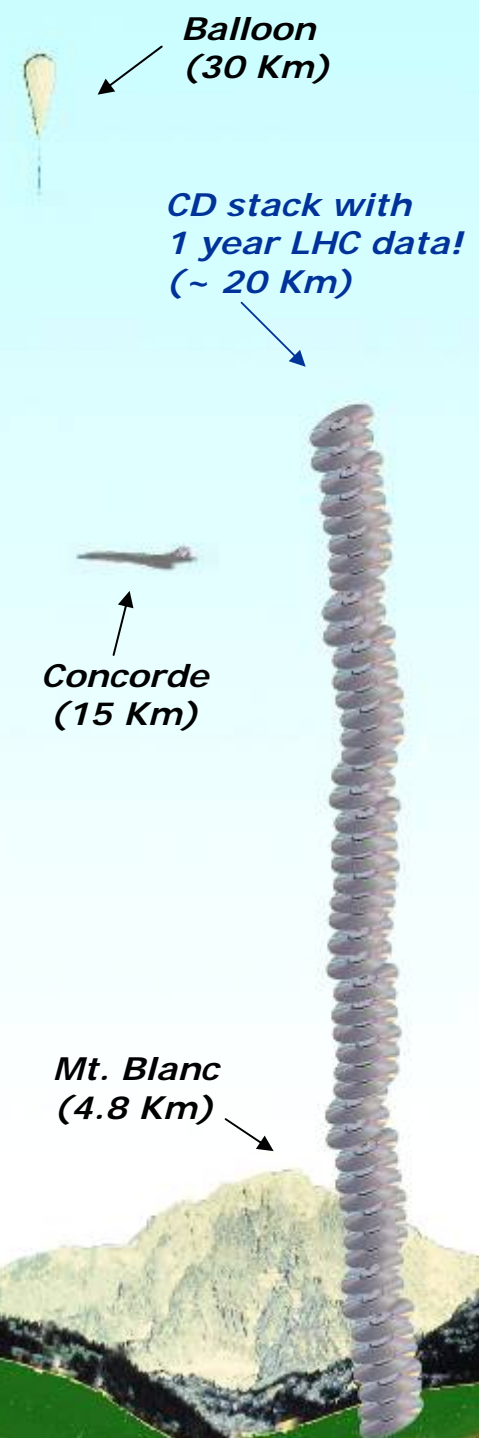
1 Gigabyte (1GB)
= 1000MB
A DVD movie

1 Terabyte (1TB)
= 1000GB
World annual
book production

1 Petabyte (1PB)
= 1000TB
Annual production of one
LHC experiment

1 Exabyte (1EB)
= 1000 PB
World annual information
production

http://edu-resources.web.cern.ch/edu-Resources/CERN_Intro_061101.pdf

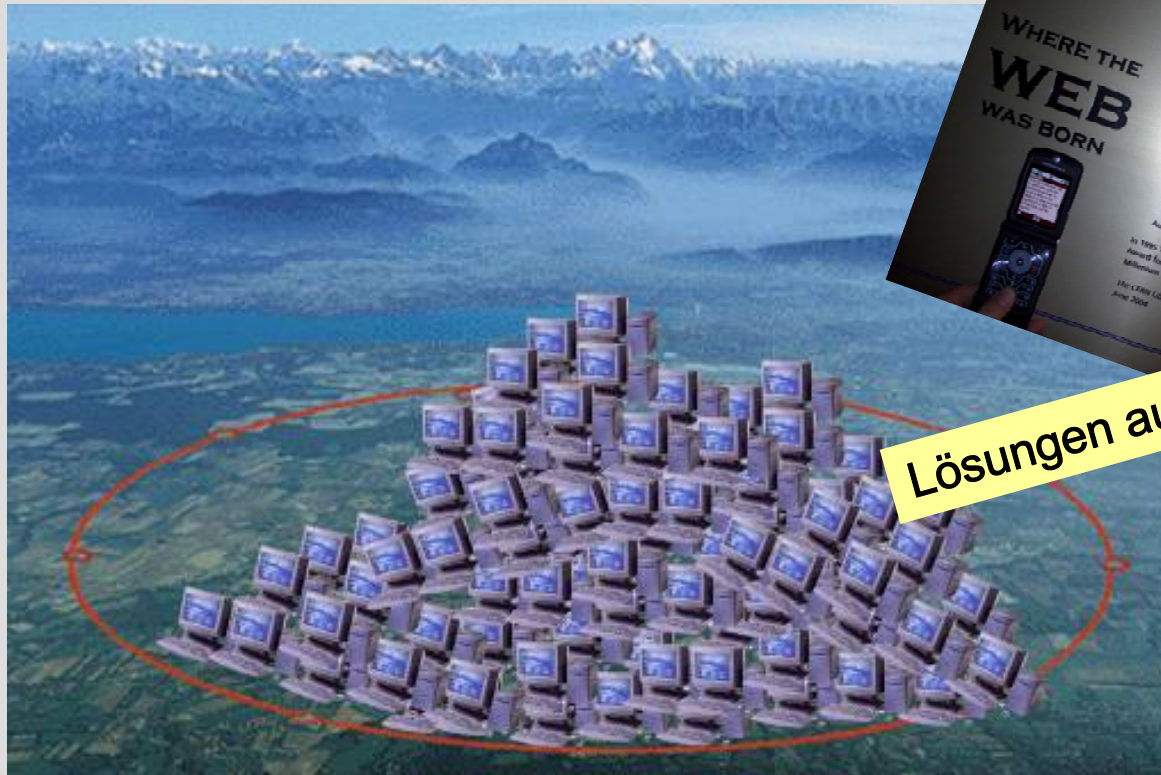




LHC Datenverarbeitung

LHC-Datenanalyse erfordert Computer Kapazitäten
entsprechend ~ 100,000 der schnellsten heutigen PC's

Wo findet man das?

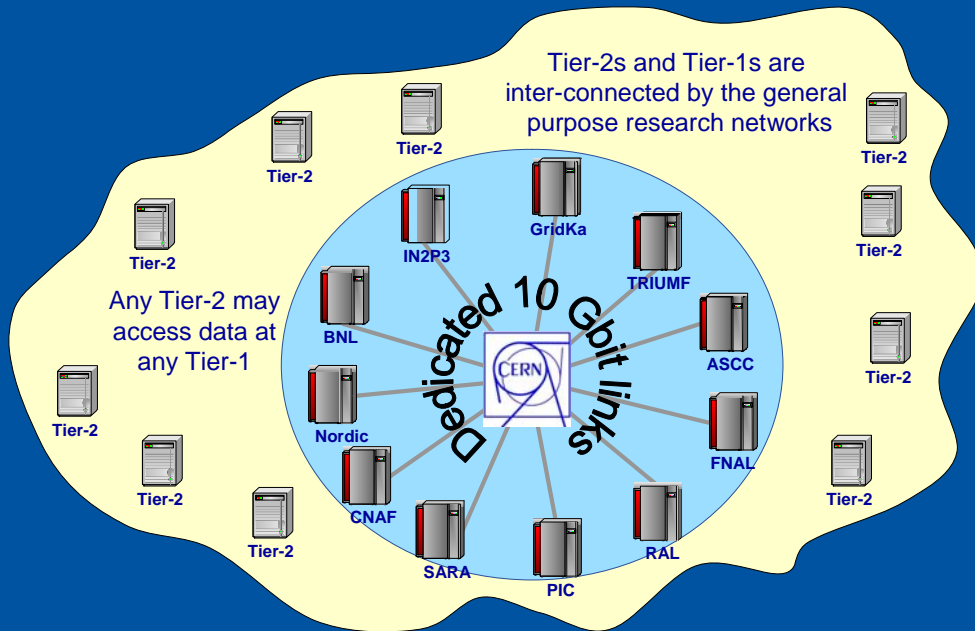


LHC Computing Grid

Web für Informationen ↔ Grid für Computing

LHC-Experimente:

- ~200 Computer-Center
- 12 große Zentren (Tier-0, Tier-1)
- 38 kleinere "Tier-2"-Zentren



LCG-TDR-001
CERN-LHCC-2005-024

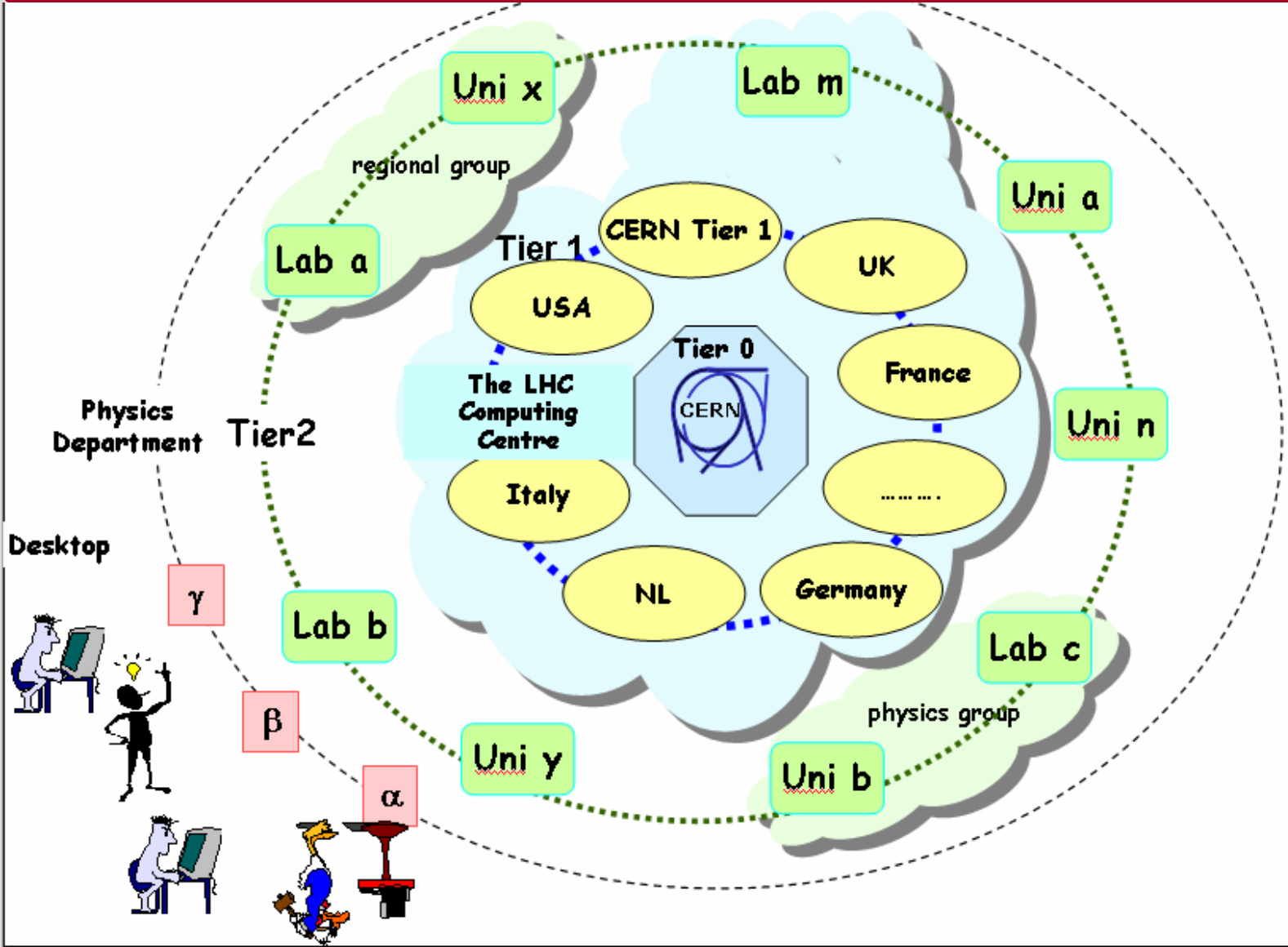
www.cern.ch/lcg

LHC Computing Grid
Technical Design Report

Editor: Jürgen Knobloch



Das weltweite LHC-GRID





15:38:56 UTC

Tier-1 Centers: TRIUMF (Canada); GridKA(Germany); IN2P3 (France); CNAF (Italy); SARA/NIKHEF (NL); Nordic Data Grid Facility (NDGF); ASCC (Taipei); RAL (UK); BNL (US); FNAL (US); PIC (Spain)



Kollaboration und Individuen in ATLAS

Arbeiten am und für das Experiment



This month's photo is of the insertion of ATLAS pixel barrel layer 2 into the global support frame.



Kontrollraum eines Teststrahls

Control room at H8 2am Saturday morning, red team raises the alarm.
"We have lost contact with module 2, Sir..."



ATLAS-Kontrollraum: noch sehr friedlich ...

Kommunikation



VRVS, the enhanced Web conference System!



- E-Mail
- Telefon
- Web

- Meetings, lokal und fern mit:
 - Telefon-Konferenz
 - Video-Konferenz
 - VRVS

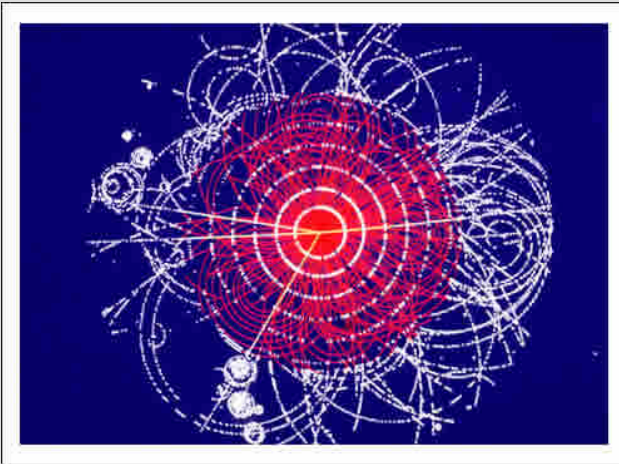
- 3-mal pro Jahr „ATLAS Overview Week“
(davon 1-mal ausserhalb CERN)

„Outreach“

ATLAS-Film

<http://atlasexperiment.org/index.html>

[Hands on CERN](#) – an educational project aimed at teachers and high school students studying natural sciences of matter.



<http://www.weltderphysik.de/>

Zutaten für ein Universum
Welt des Aller kleinsten

Teilchenphysik für alle: <http://www.teilchenphysik.org/info.htm>

DESY Angebote für Schüler und Lehrer:

http://zms.desy.de/arbeiten_lernen/schueler_lehrer/index_ger.html

<http://www.kworkquark.net/start/wissensdurst2.html>

Teacher Programmes



If you'd like to stay for three days or three weeks, CERN has the programme for you!

Keep up-to-date with research in particle physics, experience a dynamic, international environment: register for one of our programmes and meet up with teaching colleagues from all over Europe.

Pht@CERN

**Physics Teachers at
CERN 2006**

A three day meeting for teachers gathering at CERN from all over Europe. The programme is delivered in English and includes seminars, visits and educational activities.

The next session of this programme will take place from 24-26 November 2006. Please see the PhysicsTeachers@CERN2006 webpage for more information.

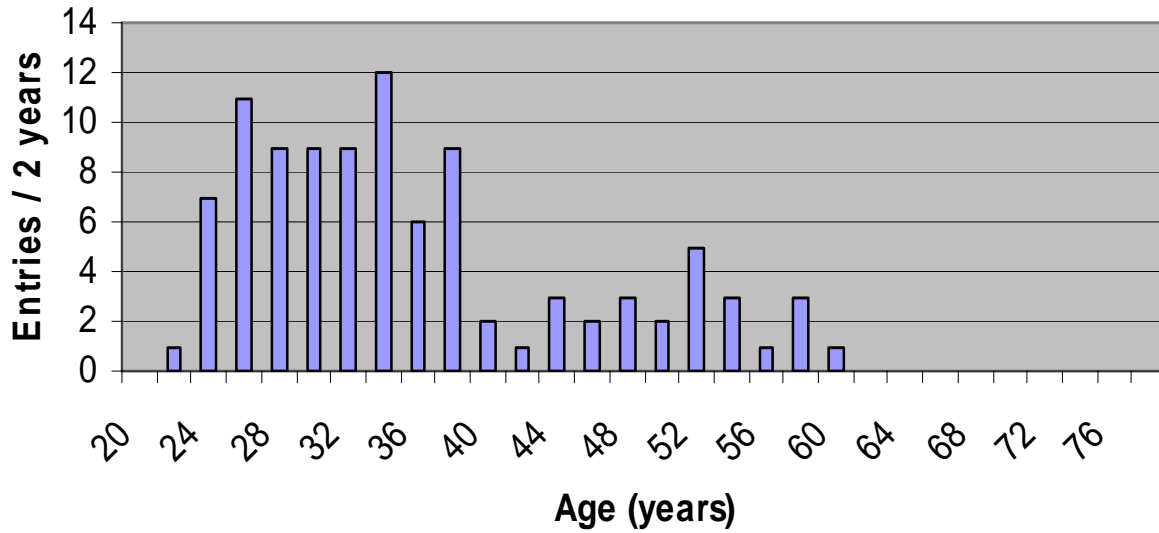


This is the longest - and most complete - programme aimed at Physics high-school teachers who would like to spend the first three weeks of July at CERN. Teachers attend lectures and workshops and produce their own resources. Everything is published on a dedicated website where you can also find detailed programmes and schedules.

<http://public.web.cern.ch/Public/Content/Chapters/Education/TeacherProgrammes/TeacherProgrammes-en.html>

Speakers age distribution

99 entries
(21 F plus 78 M)



**5th ATLAS Physics WS
Rome 6-11 June 2005**



441 registered participants

Studenten in ATLAS



arbeitet an einer graphischen Darstellung eines Online-Überwachungssystems

studiert die „Physik der 1.Stunde“

ATLAS-Studenten
von der Humboldt-Universität



arbeitet an einer Testinstallation für die „Higher-Level-Triggerfarm“ (im DESY-Rechenzentrum)

Etwa 400 Doktoranden in ATLAS

Einzigartige Möglichkeiten:

- Teil von etwas Bedeutendem
- Teamarbeit, Kommunikation
- Sichtbarkeit in der Kollaboration und nach außen
- Internationalität

Die Größe der Kollaboration scheint für Studenten kein Problem zu sein (eher für die Bosse).

Aufgaben sind eingebettet in kleinere Arbeitsgruppen, in denen auch ein Diplomand für sein Gebiet der Spezialist sein kann.

Studenten in internationaler Forschung

Man lernt:

Hardware

Planung, Bau, Tests
Datennahme
Überwachung...

Software

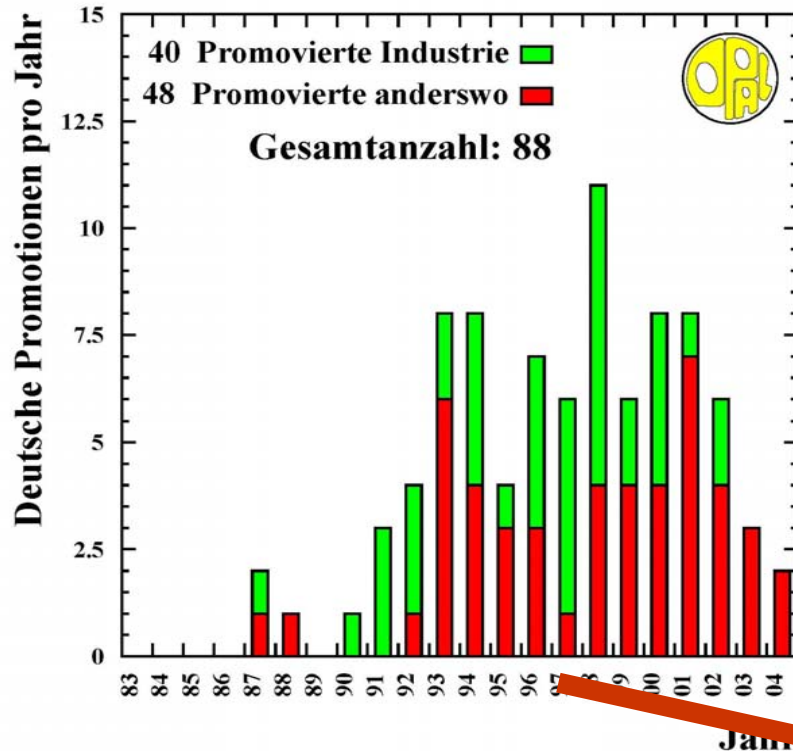
Objekt Orientiert
große Programmpakete
Simulationen
Statistische Analysen

Methodik

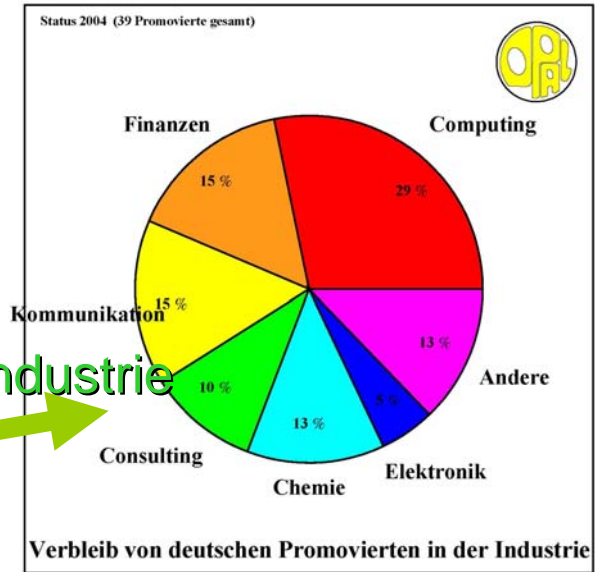
Team-Arbeit in **internationalen Kollaborationen** mit sinnvoller Aufgabenteilung
Zerlegen **komplexer Probleme** in Teilschritte
Koordination der Arbeit, oft über **große Entfernungen**
Zusammenarbeit mit Menschen anderer Kulturen und Weltanschauungen
englischsprachige Kommunikation und Vorträge
konstruktive Konkurrenzsituationen



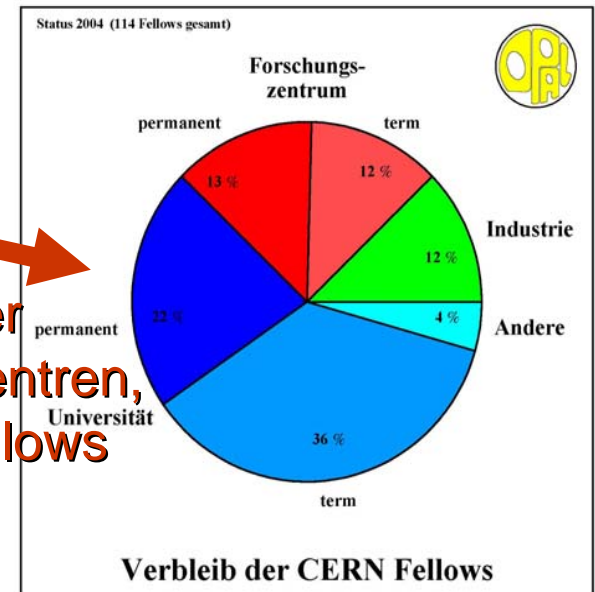
Berufsentwicklung am Beispiel OPAL (LEP)



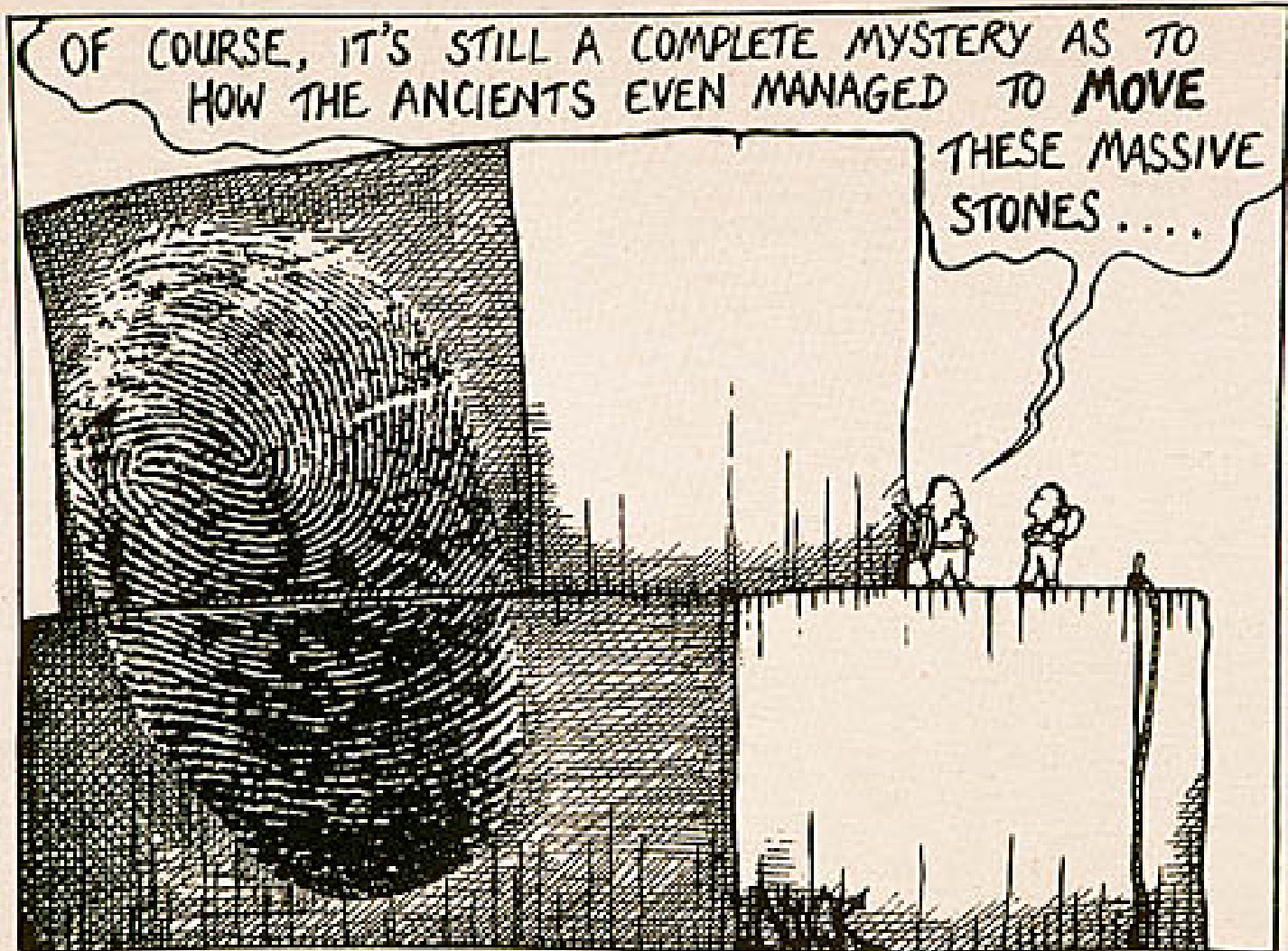
50% Industrie



50% Unis oder Forschungszentren, z.B. CERN fellows



Das Gigantische schafft man mit Giganten ...



© 1993 Nicholas Kit. Printed and Distributed by Comic Expressions, Ltd. - Chicago, IL.



Ende