

ATLAS -

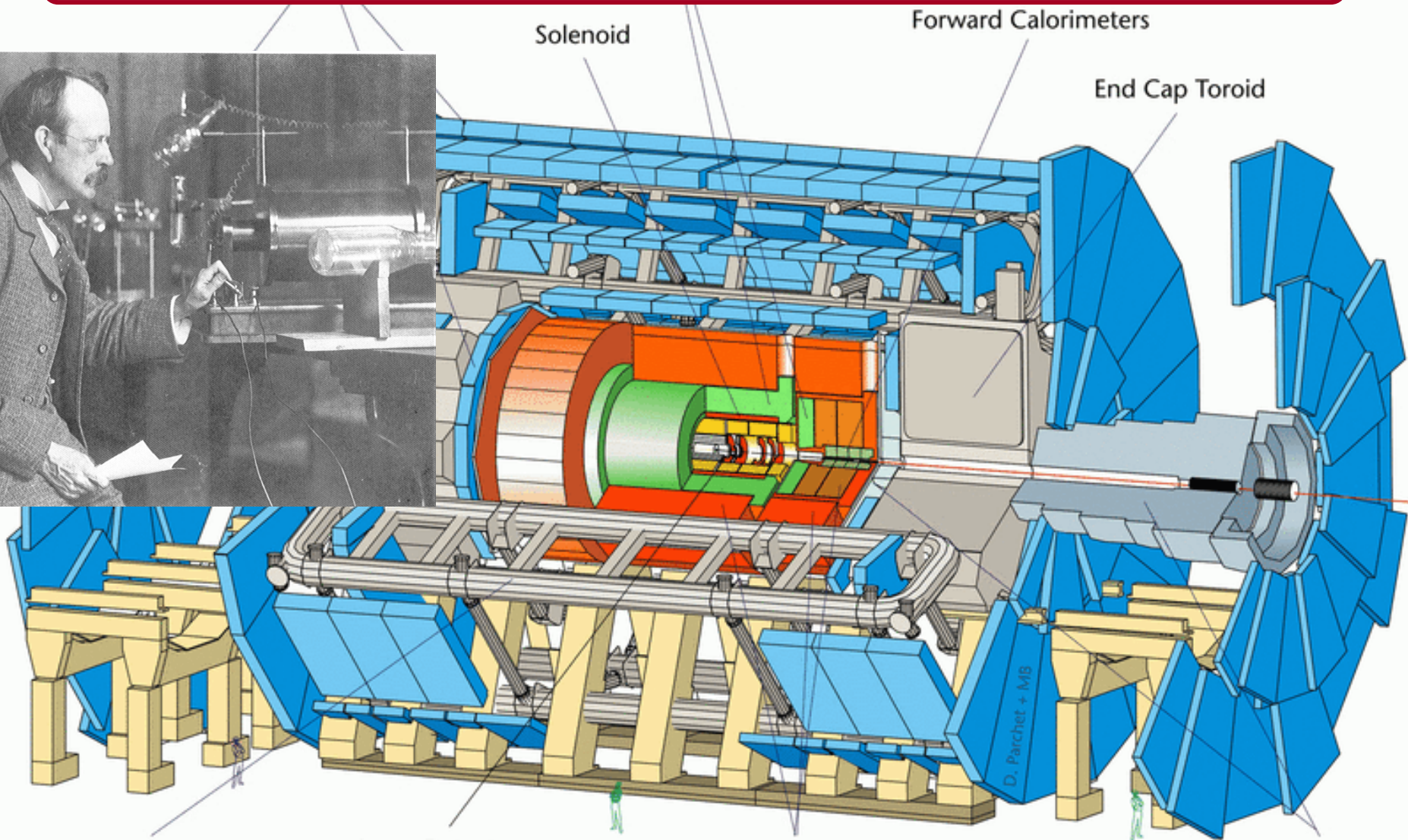
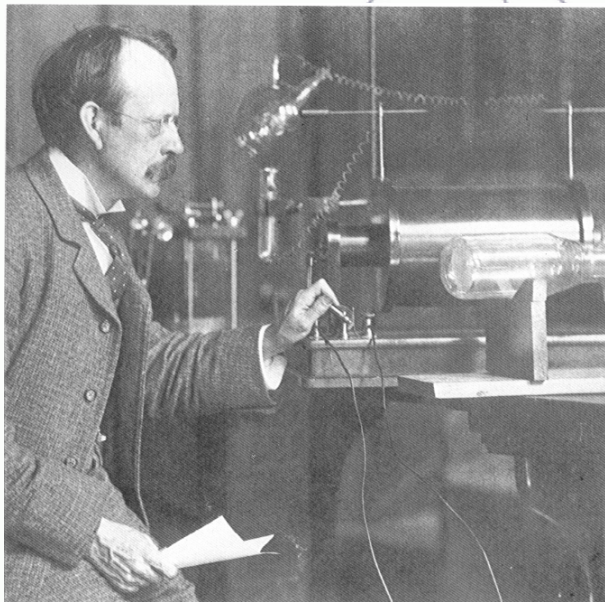
Hermann Kolanoski, Humboldt-Universität zu Berlin



Die Soziologie eines Giganten

Planung, Organisation, Aufbau und Durchführung
eines Experimentes in der Teilchenphysik

Von der Entdeckung des Elektrons bis ...



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

... 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

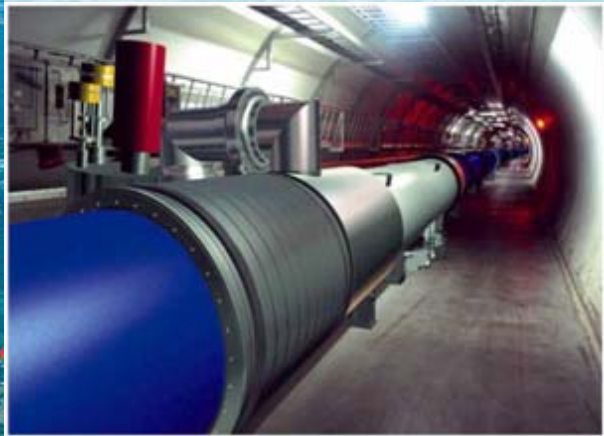


**CERN, der Large Hadron Collider
und seine Experimente**

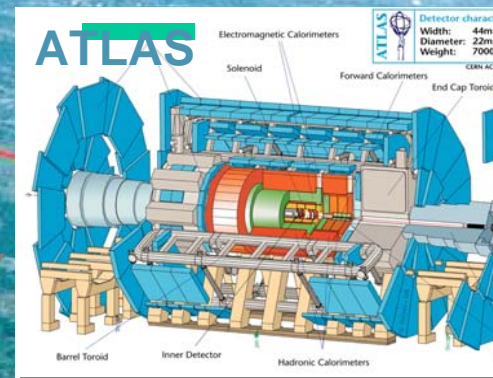
B-Physik,
CP-Verletzung



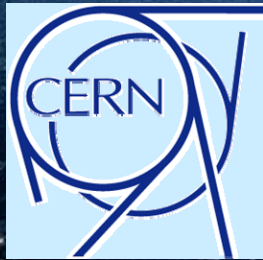
Proton-Proton-Collider LHC :
27 km lang
100 m unter der Erde



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

ATLAS

Muon Spectrometer ($|\eta| < 2.7$)

- air-core toroids with muon chambers

Länge : ~ 46 m
 Durchmesser : ~ 25 m
 Gewicht: ~ 7000 tons
 elektronische Kanäle ~ 100 Millionen
 Kabellänge: ~ 3000 km

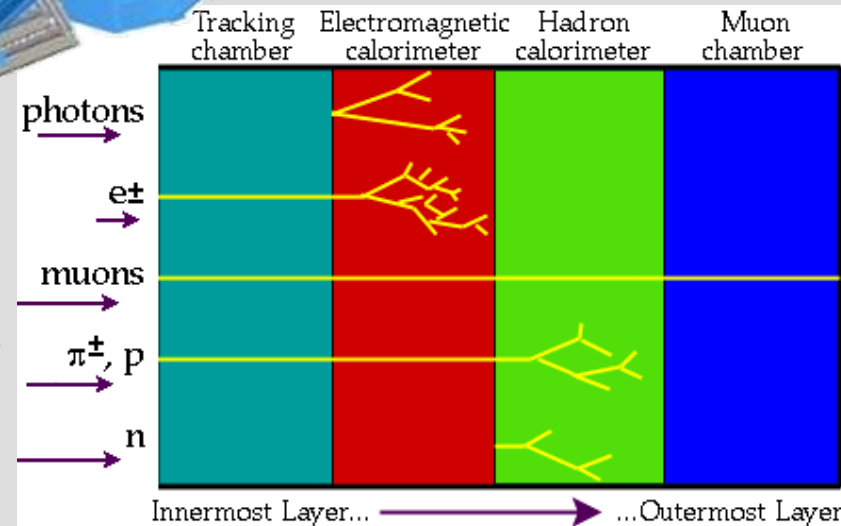
Tracking ($|\eta| < 2.5, B=2T$)

- Si pixels and strips
- TRD (e/ π separation)

Calorimetry ($|\eta| < 5$)

- EM : Pb-LAr
- HAD : Fe/scintillator (central), Cu/W-Lar (fwd)

Menschen

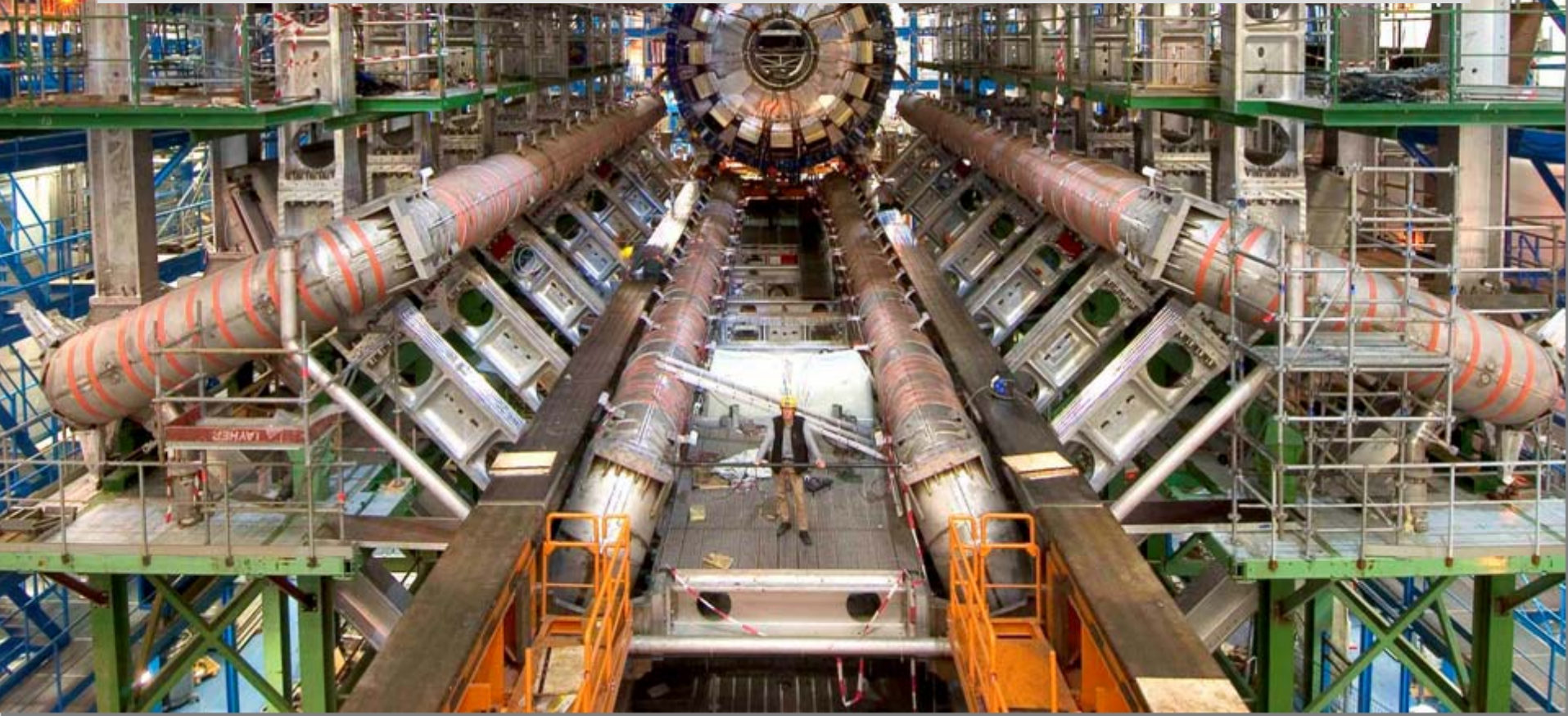


ATLAS Toroidmagnet

Powering up ATLAS's mega magnet

Just before midnight on 9 November the largest superconducting magnet ever built was successfully powered up to the magnetic field of 4 tesla. An electrical current of more than 21 000 amperes passed through the eight gigantic coils of the magnet.

Once the magnet reached full power, the current was gradually switched off and magnetic energy of 1.1 Gigajoules, the equivalent of about 10 000 car traveling at 70 km/h, has been safely dissipated, raising the magnet temperature to -218°C .



Die ATLAS-Kollaboration






- | | |
|----------------|-------------|
| 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

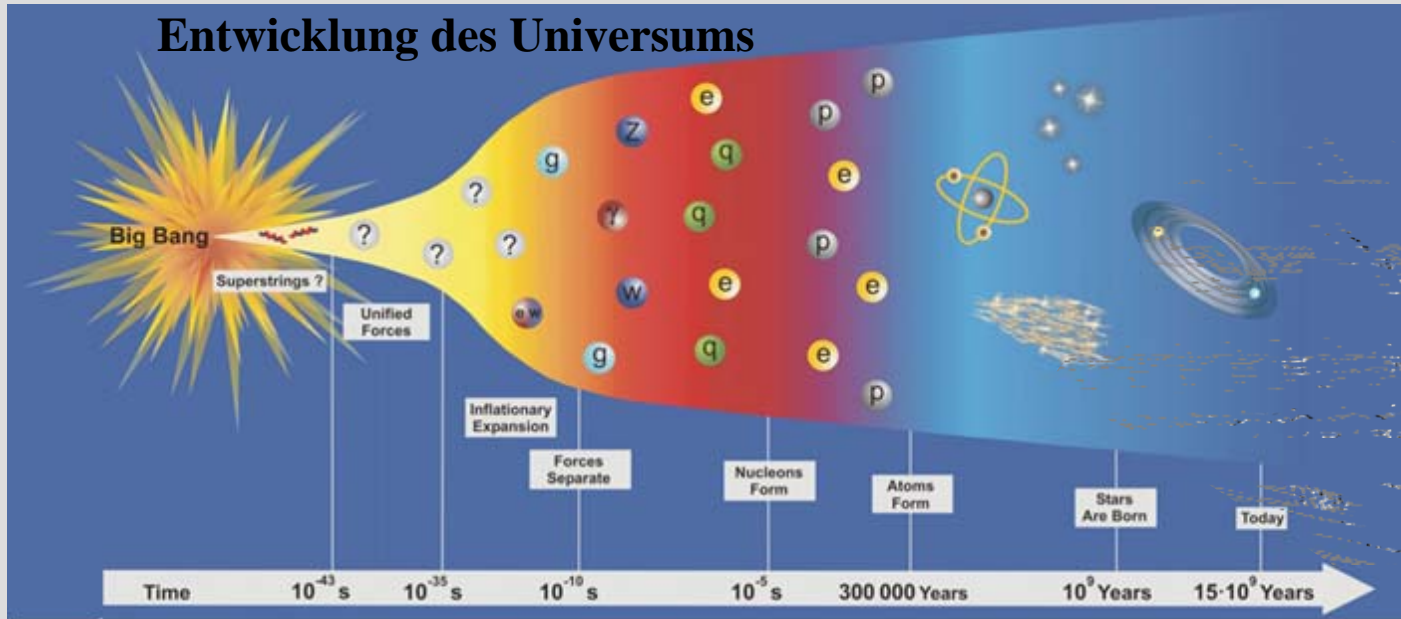


Die Motivation ...



**„Dass ich erkenne,
was die Welt, im Innersten
zusammenhält“**

Standardmodelle: Kosmologie und Teilchenphysik



Materieteilchen			Kraftteilchen						
1. Familie	u	Up-Quark	Stärke Kraft	g₁	Schwache Kraft	w⁻	W-Minus		
	d	Down-Quark		g₂		z⁰	Z-Null		
	e	Elektron		g₃		w⁺	W-Plus		
	ν_e	Elektron-Neutrino		g₄		γ	Photon		
2. Familie	c	Charm-Quark		g₅		8 Gluonen	Elektromagnetische Kraft		
	s	Strange-Quark		g₆					
3. Familie	t	Top-Quark		g₇					
	b	Bottom-Quark		g₈					
	τ	Tauon							
	ν_τ	Tau-Neutrino							

Massenerzeugung

Higgs-Teilchen

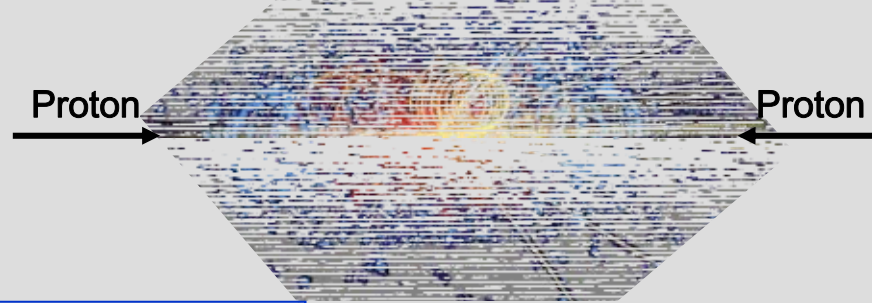
Alles verstanden? Es bleiben Fragen:
Higgs, Dunkle Materie, Quantentheorie der Gravitation,

Warum hohe Energien?

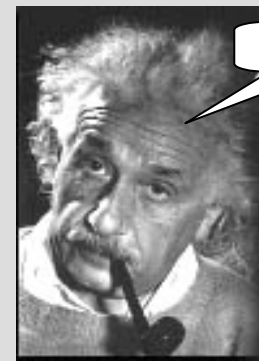


Ortsauflösung
Mikroskop: 10^{-6} m

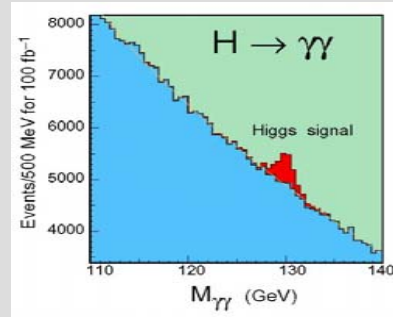
Ortsauflösung
LHC: 10^{-20} m



$\Delta x = h / \Delta p$



$E=mc^2$



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.

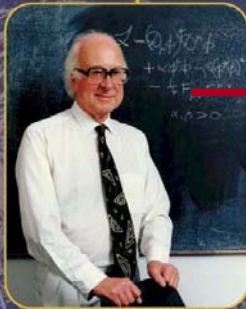
Schöne Symmetrie, wenn alle Teilchen keine Masse hätten.
Warum haben die Teilchen Masse?

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

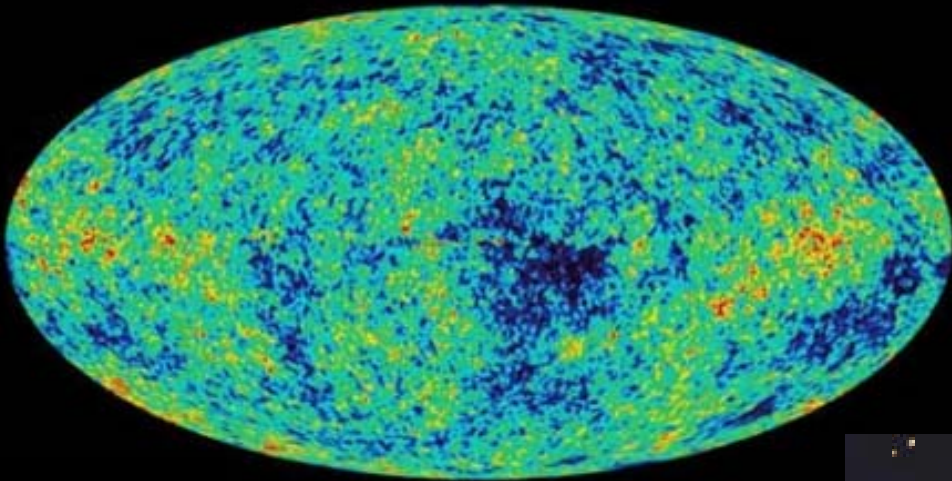


Gäste suchen die Nähe
von Angela

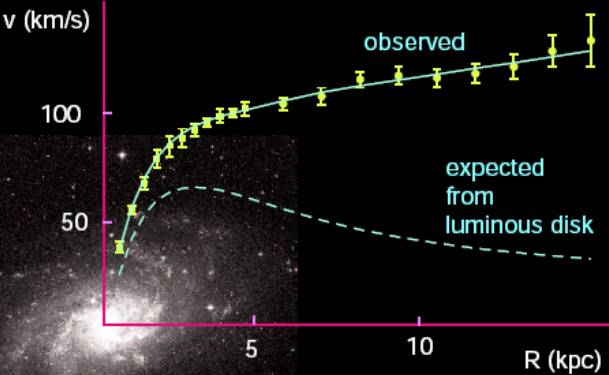
Gäste = Higgs-Feld
Angela = massives Teilchen

**Angela wird unbeweglich –
bekommt Masse**

Dunkle Materie und ...



Mikrowellenhintergrund
(Nobelpreis 2006)



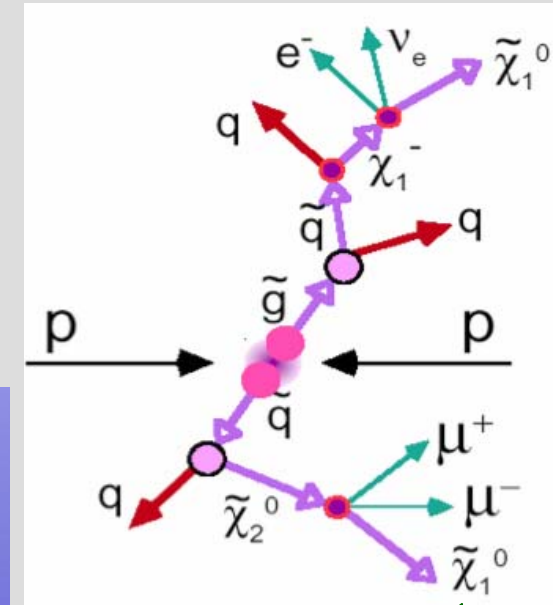
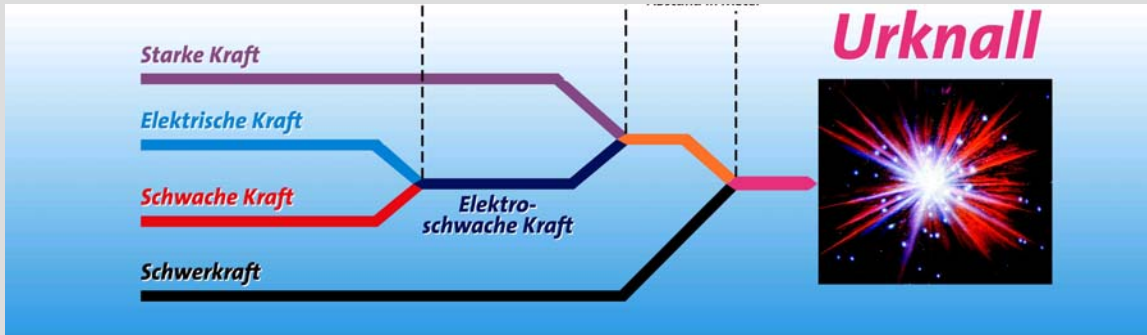
M33 rotation curve
(fig. 1)

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‘



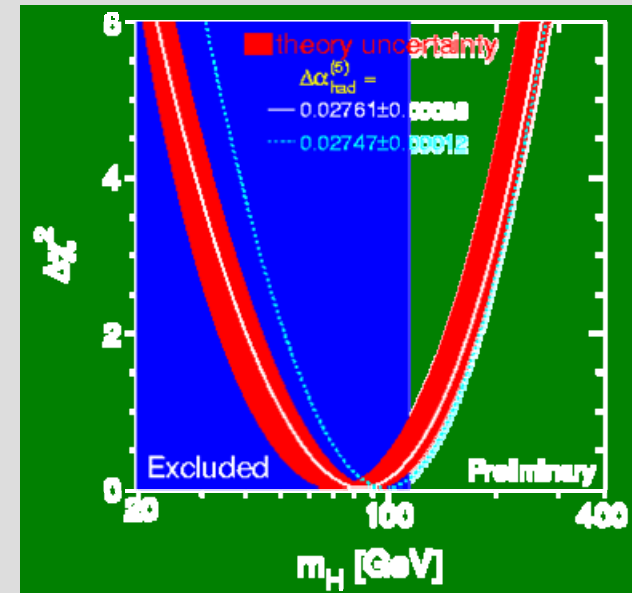
Mini
Schwarzes
Loch

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 of die offenen Fragen der Teilchenphysik und der Kosmologie
- also unserer Welt



Apparaturen

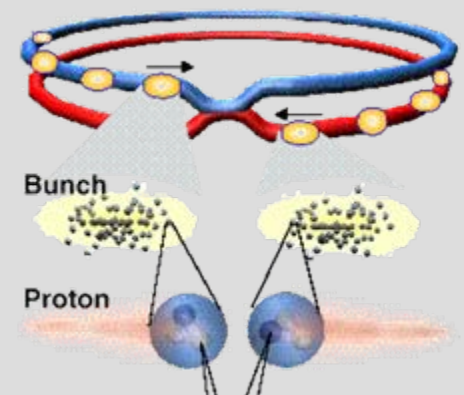
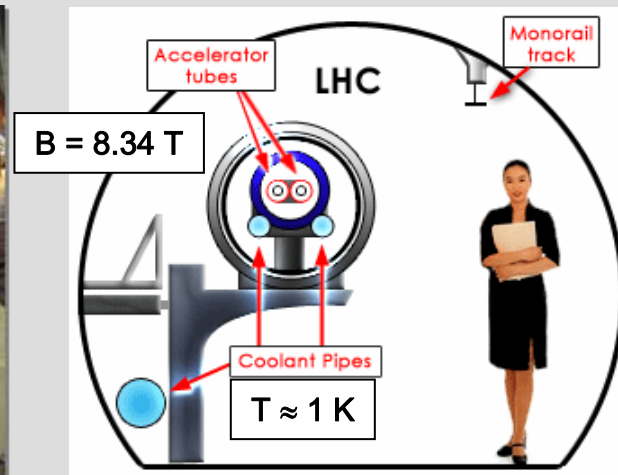
Maschine: Large Hadron Collider (LHC)

Ablassen des ersten Dipolmagneten
in den Tunnel im März 2005



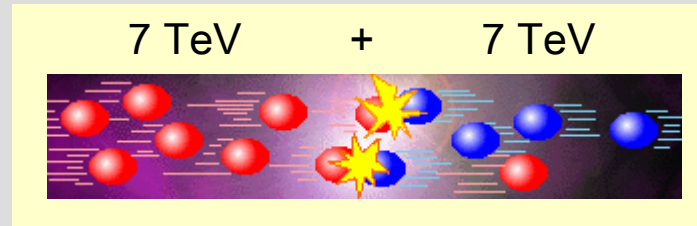
... und der 616. Magnet von
insgesamt 1232 im Juli 2006

Supraleitende Magnettechnologie basiert auf Pionierarbeit für HERA-Collider im DESY



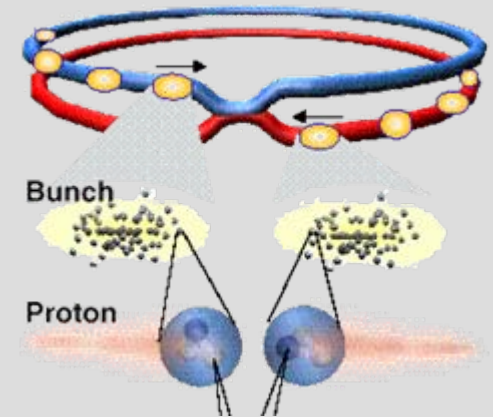
LHC-Parameter

Energie



Bunch-Kollisionen:

40 MHz = 1/25 ns



Luminosität

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

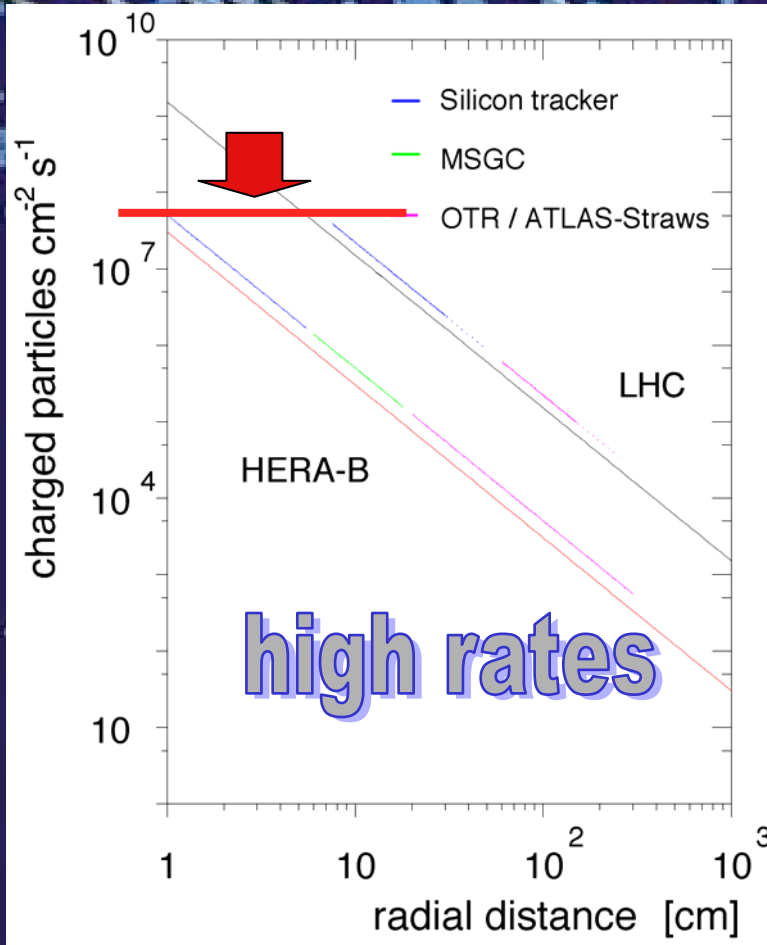
$$\dot{N} = \sigma \cdot L$$

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



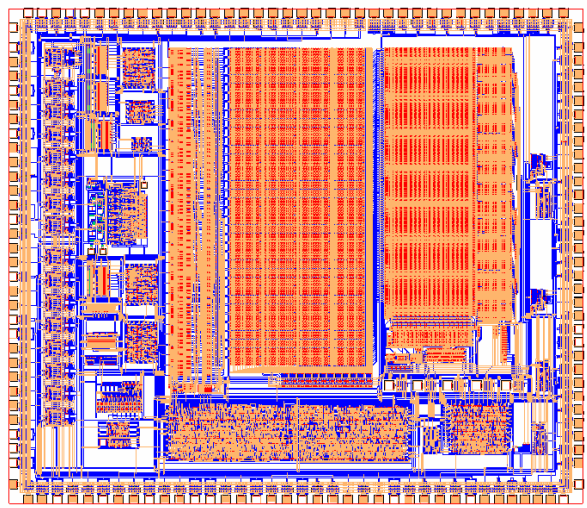
Bedingungen für die Detektoren:

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

Anforderungen an die Detektoren:

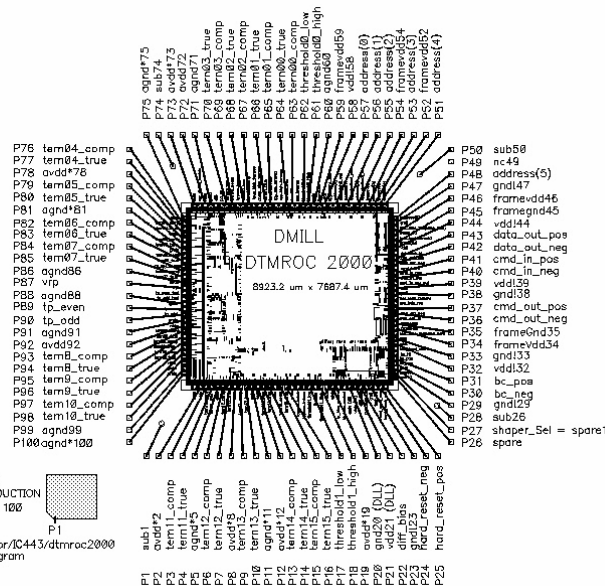
- gute Auflösung (Ort, Energie, Impuls, ...)
- hohe Granularität, niedrige „Occupancy“
- strahlenhart
- schnelle Signale
- hohe Integrationsdichte der Elektronik

Detektorelektronik

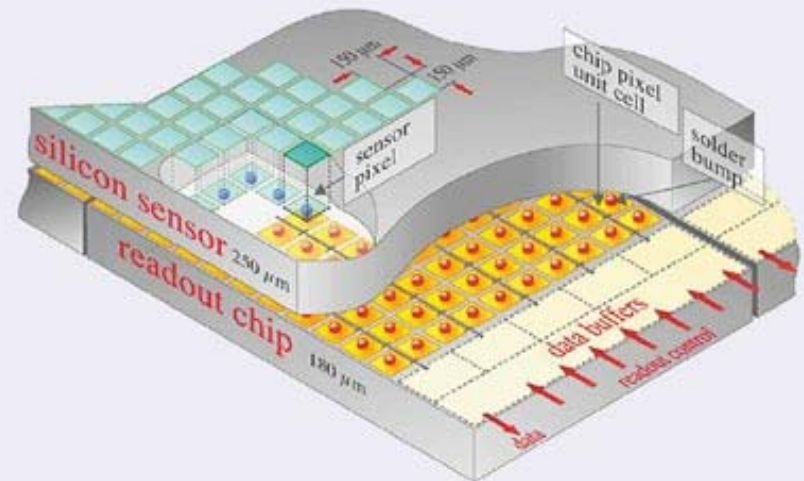


ASIC-Entwicklungen

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



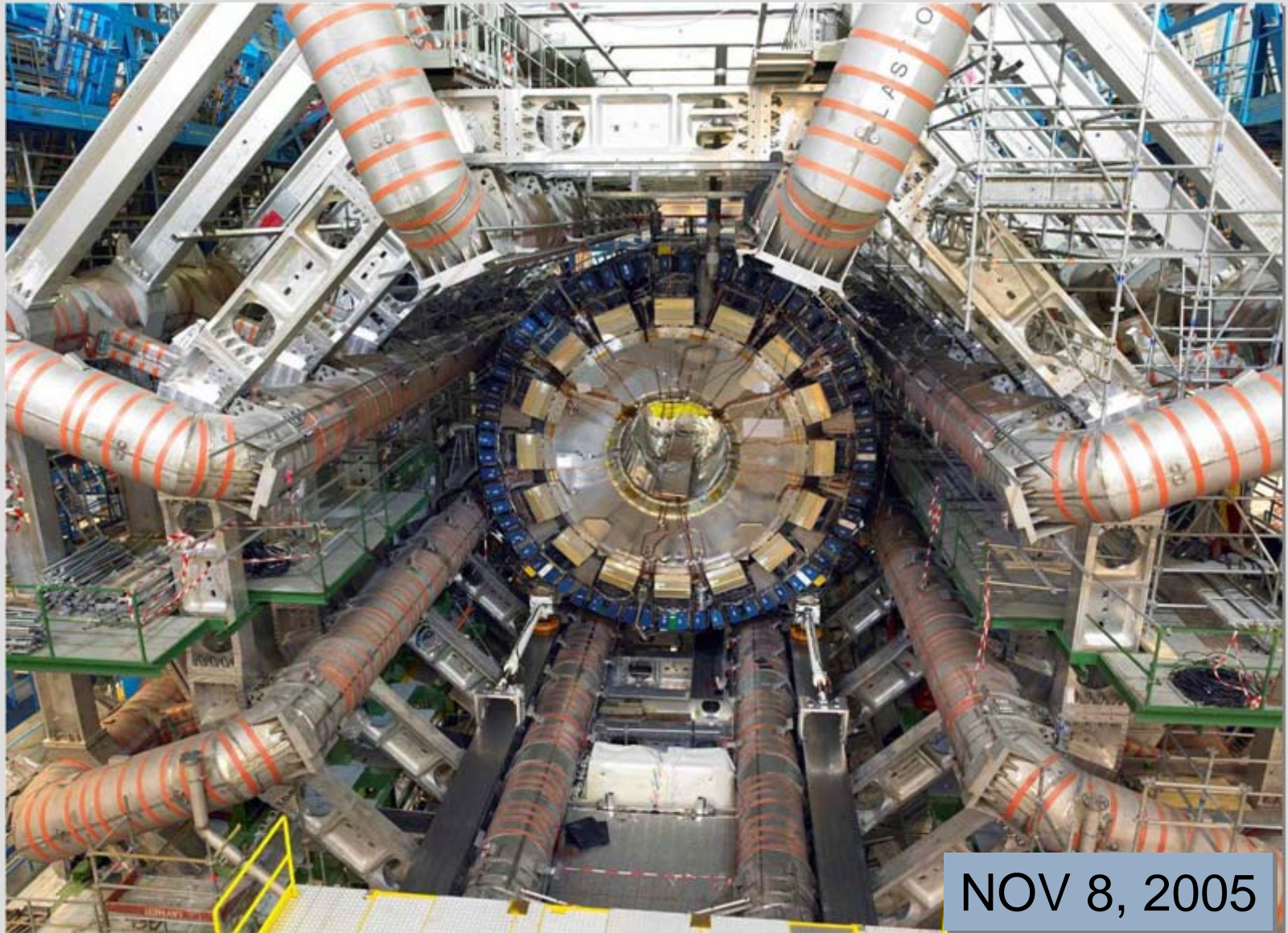
Beispiel: Pixel-Detektoren



Toroidmagnet-Installation



Toroidmagnet



Trigger, Datennahme und Detektorkontrolle

Trigger

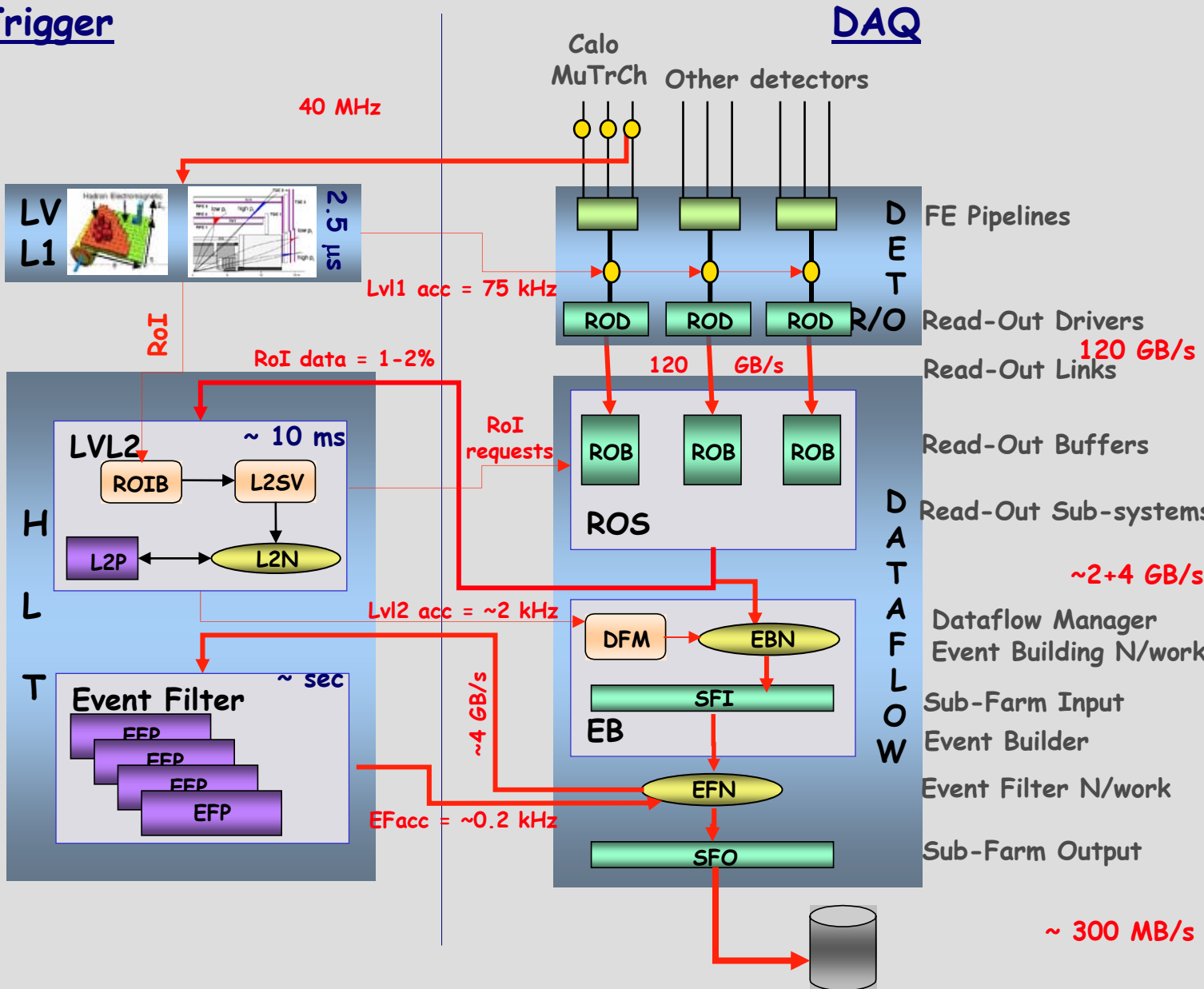
DAQ

40 MHz

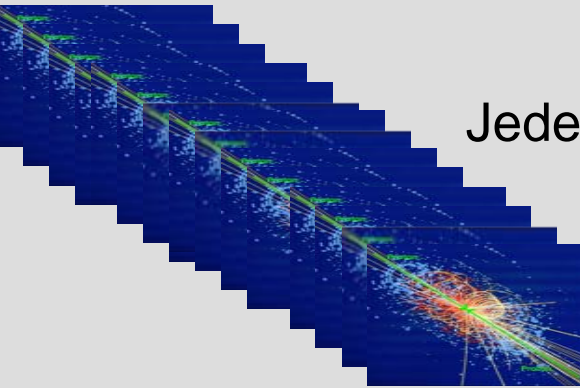
75 kHz

~2 kHz

~ 200 Hz



LHC und die Datenflut



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

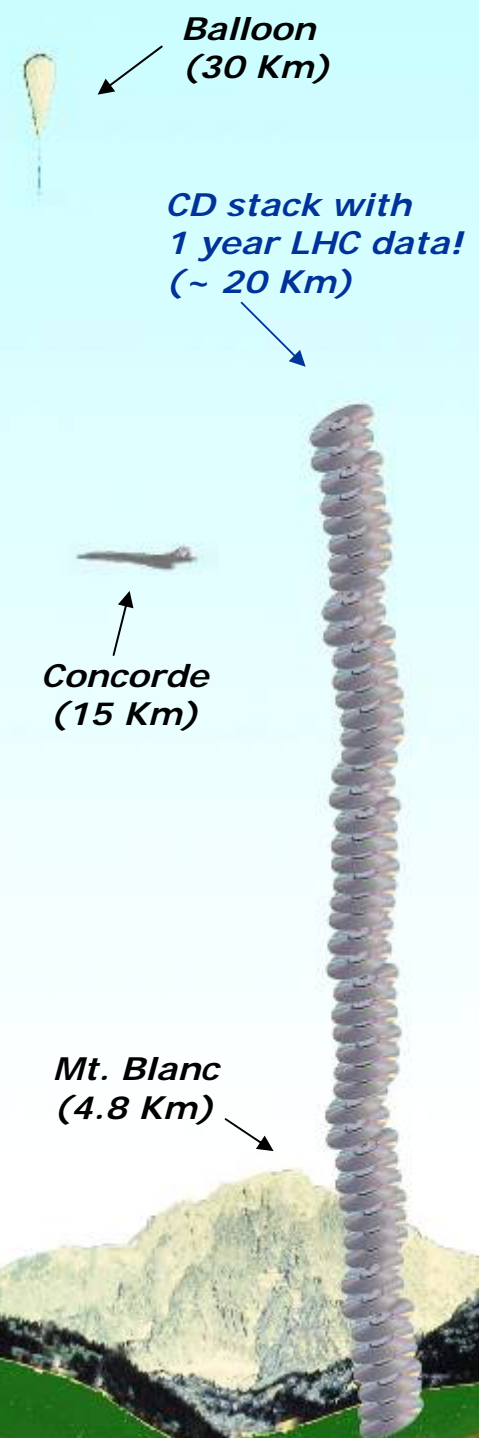
1 Gigabyte (1GB)
= 1000MB
A DVD movie

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

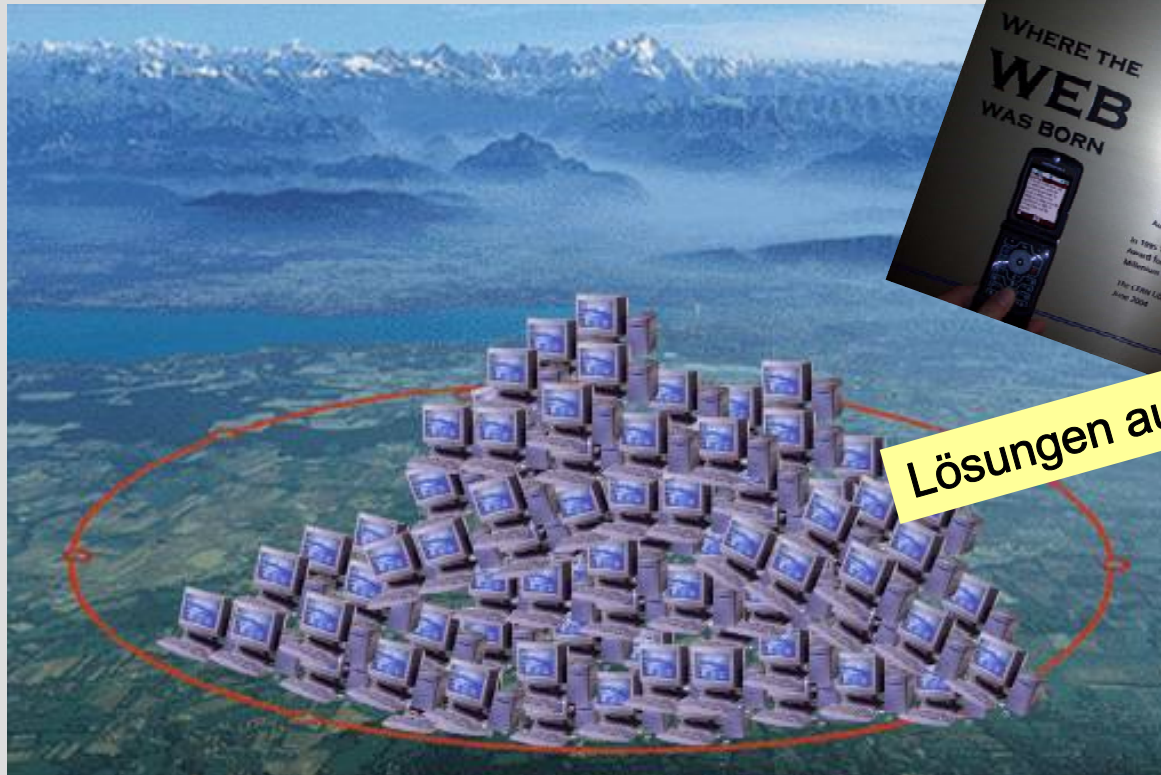




LHC Datenverarbeitung

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

Wo findet man das?

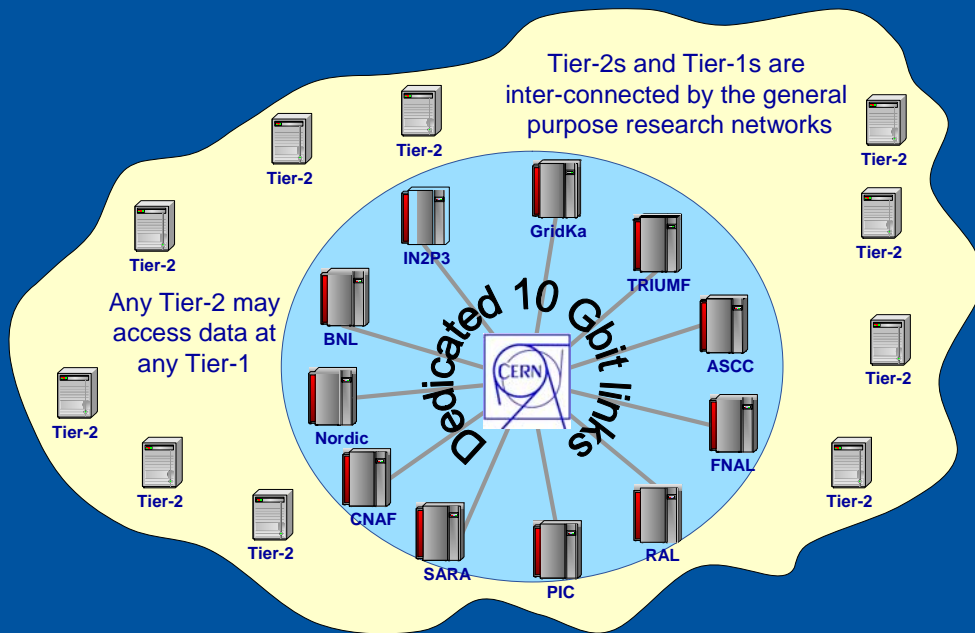


LHC Computing Grid

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

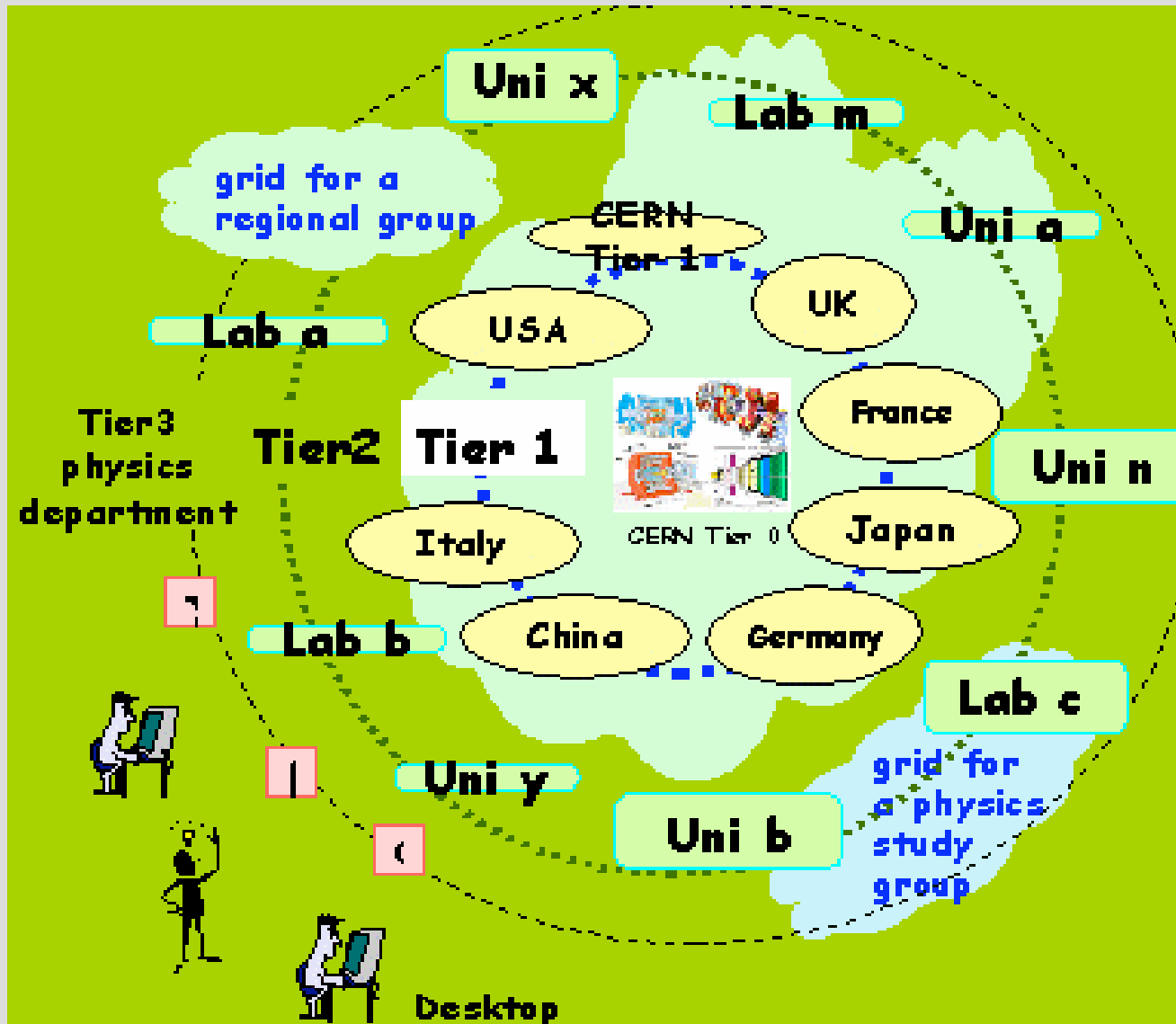
www.cern.ch/lcg

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)

Kommunikation: Meetings

Overview for ATLAS Meetings

Period: Detail:
Key:

Tools

- ▶ Display
- ◀ Overview
- ▶ Calendar
- ▶ Map
- ▶ Statistics
- ▶ Search
- ▶ Help

<< < Monday 27 November 2006 > >>

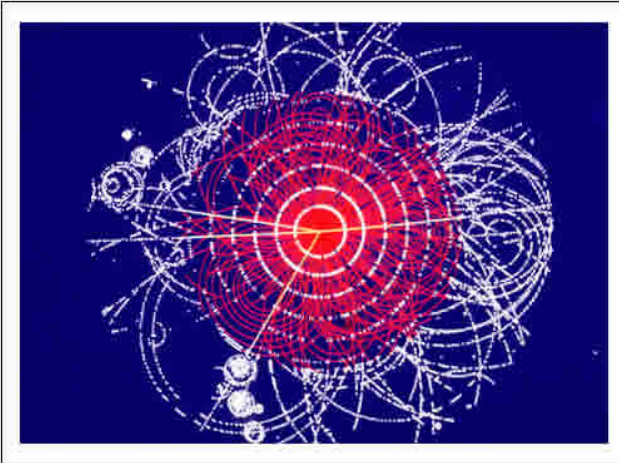
	09:30 - BT Installation (A FOUSSAT, M NESSI) (CERN Point 1 (3162) ground floor) (3162-R-D01)
	09:30 - SM CSC note : Inclusive W,Z
	09:30 - Configuration & Controls WG (IGOR SOLOVIEV; LEHMANN MIOTTO, Giovanna) (cern) (330-xx-331)
	10:00 - QMUL Weekly ATLAS Meeting
	13:00 - TileCal Coordinators (40 5-A01)
	13:30 - ATLAS PPD Meeting (MCCUBBIN, Norman) (Rutherford Appleton Laboratory) (CR3, R61)
	14:00 - PESA Performance and Validation (VALERIO VERCESI) (40-4-C01)
	14:00 - ALFA Electronics meeting (CERN) (332-3-333)
	15:00 - IFAE Physics Meeting (SALLE A)
	15:00 - Tilecal Team-4,5 + Performance meeting (Ulla Blumenschein; DAVIDEK, Tomas; BLUMENSCHNEIN, Ulla; SOLODKOV, Sasha) (CERN) (40-55-DB1)
	15:00 - T9 CSC meeting
	16:00 - Meeting CSC TB (Dr. ROLLI, Simon; Dr. LUCOTTE, Arnaud)
	16:30 - ATLAS Monte Carlo: Dedicated Alpgen/Sherpa meeting (KERSEVAN, Borut Paul)
	17:00 - CMB Meeting (DARIO BARBERIS) (CERN) (40-9-111)
	17:00 - SLAC Fast Shower Workshop: Strategy Meeting.
	17:30 - Carleton ATLAS (ATLAS meeting room)
	17:30 - Pixel Offline Software (ANDREAZZA, Attilio) (CERN) (40-4-DBB)

„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](http://PublicWeb.CERN.ch/Public/Content/Chapters/Education/TeacherProgrammes/TeacherProgrammes-en.html) webpage for more information.

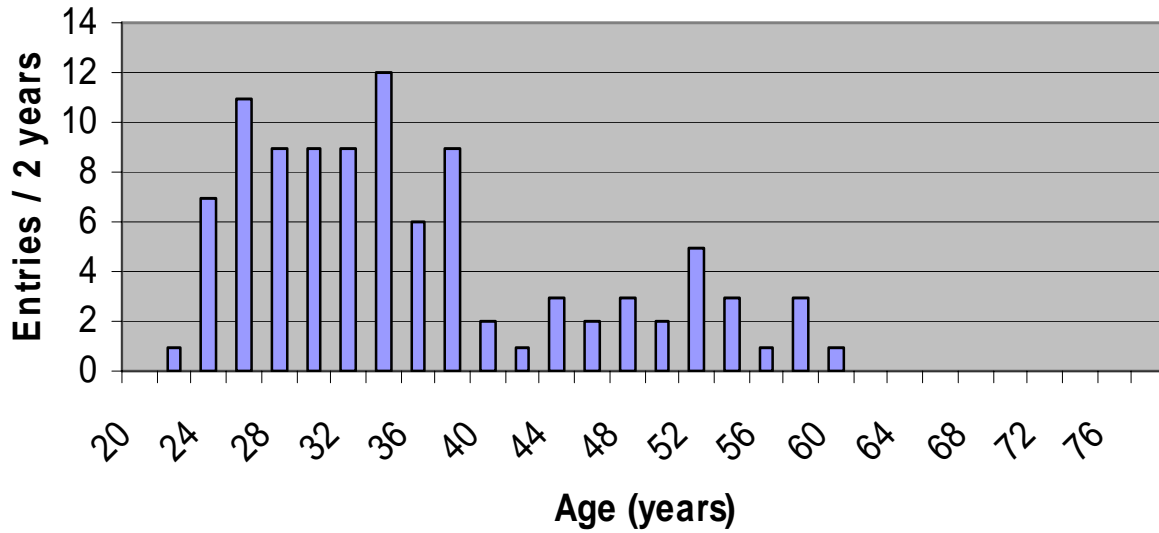


This is the longest - and most complete - programme aimed at Physics high-school teachers who would like to spend the first three weeks of July at CERN. Teachers attend lectures and workshops and produce their own resources. Everything is published on a dedicated website where you can also find detailed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

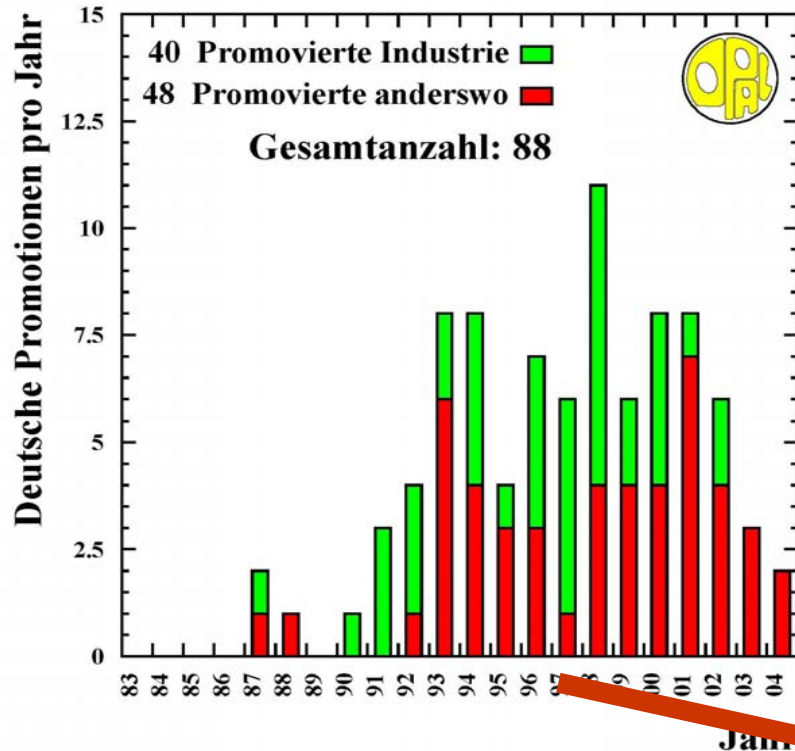
Objekt Orientiert
große Programmpakete
Simulationen
Statistische Analysen

Methodik

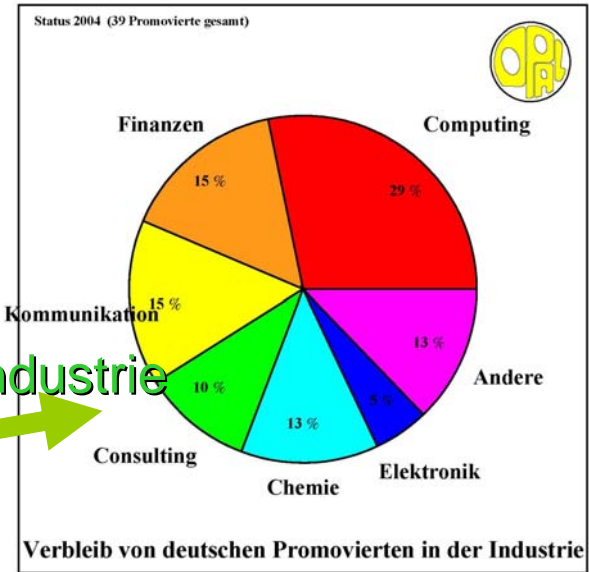
Team-Arbeit in **internationalen Kollaborationen** mit sinnvoller Aufgabenteilung
Zerlegen **komplexer Probleme** in Teilschritte
Koordination der Arbeit, oft über **große Entfernungen**
Zusammenarbeit mit Menschen anderer Kulturen und Weltanschauungen
englischsprachige Kommunikation und Vorträge
konstruktive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



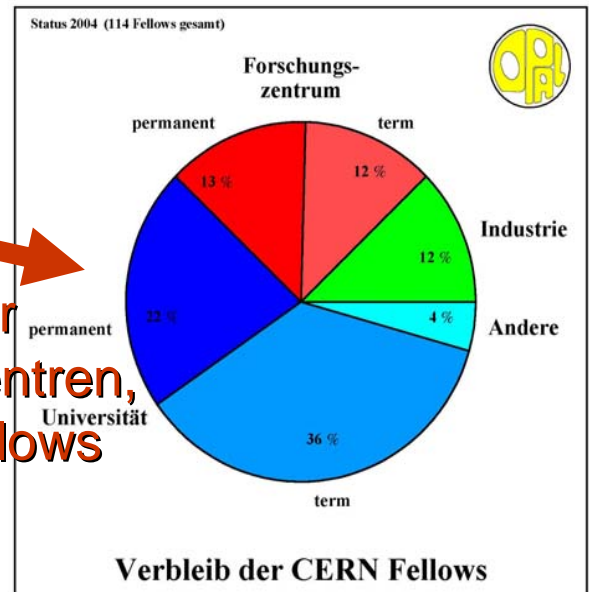
Berufsentwicklung am Beispiel OPAL (LEP)



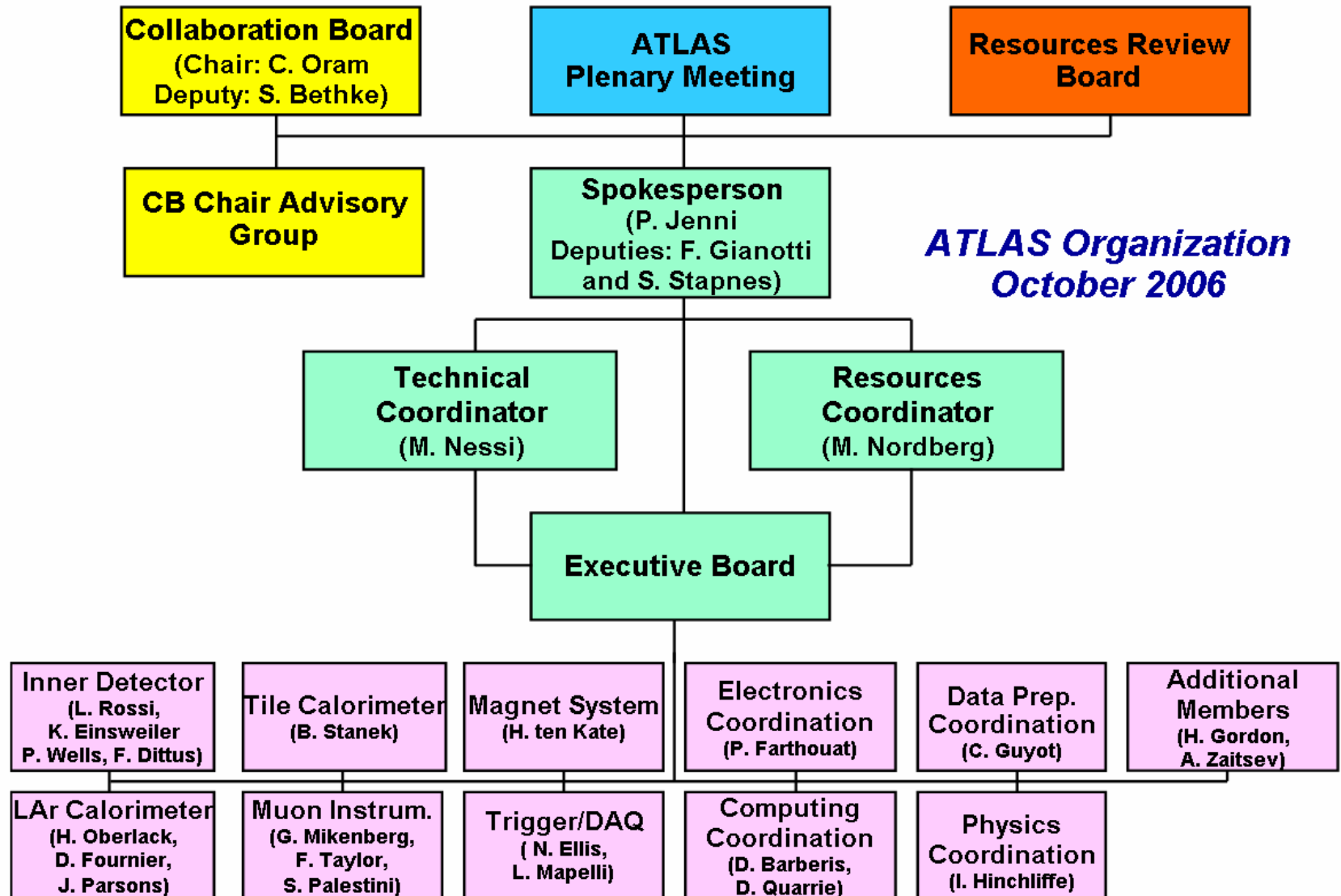
50% Industrie



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



ATLAS-Management



Managementstrukturen

Bei der wachsenden Zahl von Gruppen wurden formalere Ansätze für die Zusammenarbeit erforderlich. So wurden einerseits feste Regeln („**Constitutions**“) vereinbart, nach denen die verschiedenen Entscheidungsgremien in der **Gesamtkollaboration** und auch in den **Untergruppen** („subdetectors“) zusammengesetzt und bestimmt werden.

Die wichtigsten Gremien sind jeweils das Management, welches in der Regel aus **Projektleiter (auch Sprecher genannt), Stellvertreter, Technischem Koordinator und „Ressourcenmanager“** besteht, sowie das „**Collaboration Board**“ als eine Art oberster Kontrollinstanz, in der alle beteiligten Institute vertreten sind.

Bei der Wahl von Personen wird abgestimmt. In entscheidenden anderen Fragen kann es auch zu **Abstimmungen** kommen, im Allgemeinen wird jedoch ein Konsens angestrebt.

Andererseits wurden bei der langfristigen Festlegung großer Ressourcen an Material, Arbeitskraft und Finanzmitteln eine formale Regelung zwischen dem **Gastlabor CERN und den Geldgebern** erforderlich. Solche Bindungen („**memorandum of understanding**“) regeln langfristig die Mittel, die die einzelnen nationalen Finanzträger und Institute für den Bau und auch für den Betrieb der Detektoren zur Verfügung stellen.

Collaboration Composition Matters

Formal decision on the admission of new Collaboration Institutions

At the last CB meeting the following Expression of Interests were announced:

DESY, Hamburg and Zeuthen, Germany

Institute of Physics, Humboldt University, Berlin, Germany

Department of Physics, New York University, New York, U.S.A.

SLAC, Stanford, U.S.A.

In all four cases the feedback from the communities involved, from their national communities as well as from ATLAS at large has been very positive, and all conditions for a decision at this meeting are met

All these groups have now been involved very actively in ATLAS for several months, and the following slides include also some updates since the announcement of the Eols in February

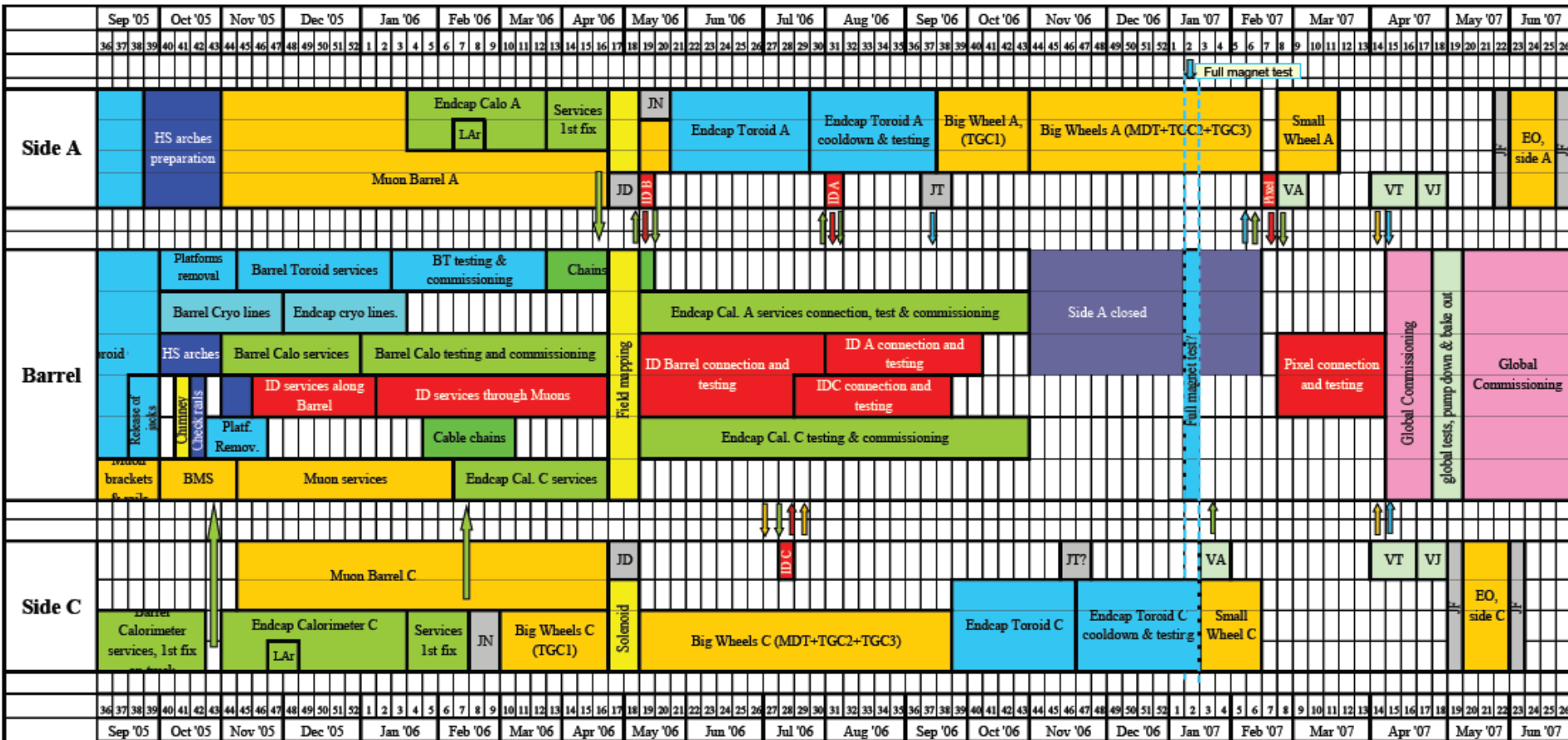
PJ has also visited in spring the two new candidate Institutions from the U.S.A. and had constructive discussions with their respective managements

The CB is therefore now requested to take formal decisions for the admission of these groups

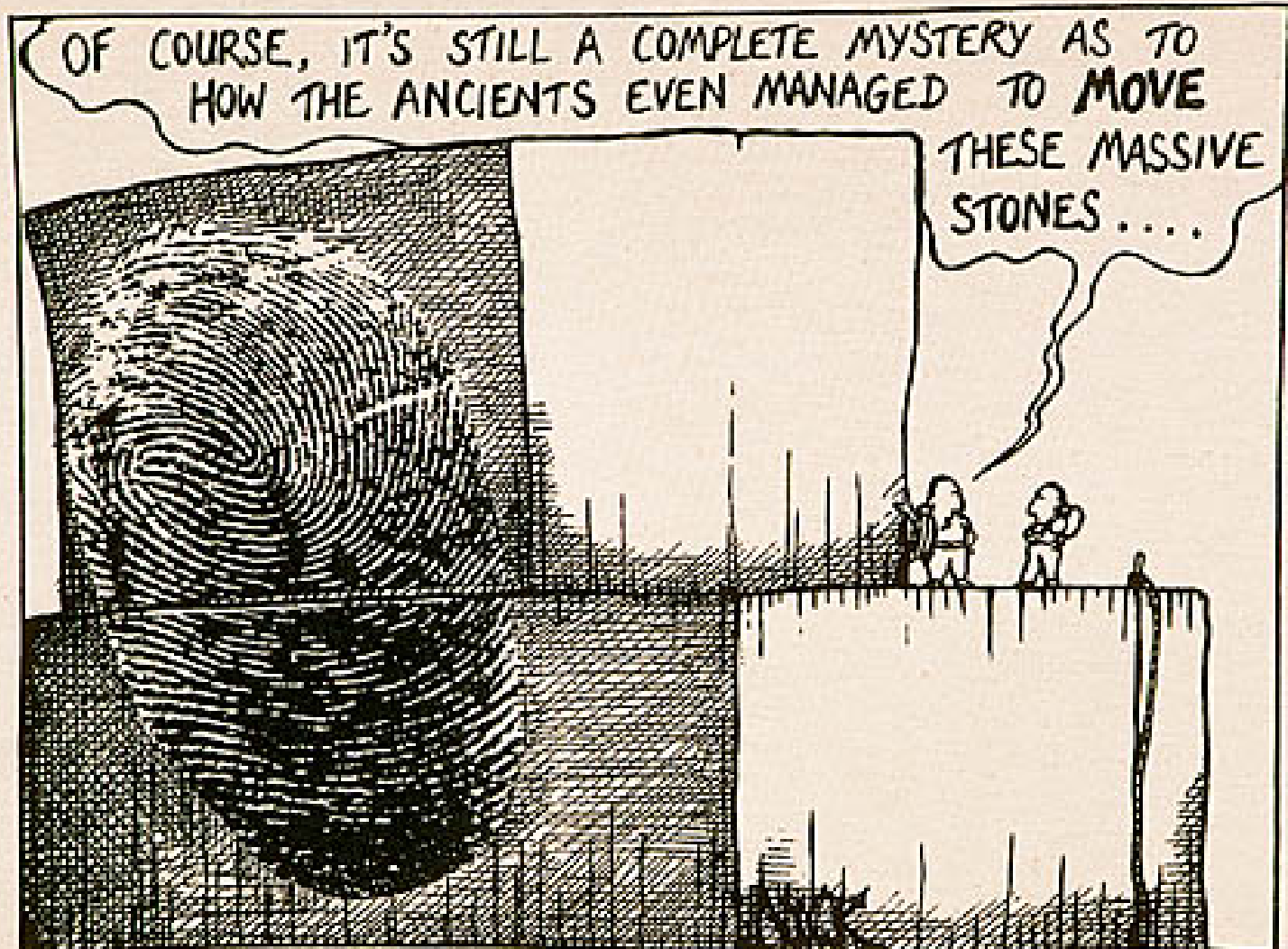
The recommendation of the management is to welcome these groups as new ATLAS Institutions

Installationsplanung

Summary representation of the installation activities
in the experimental cavern at Point-1
(Installation Schedule Version 7.09)



Das Gigantische schafft man mit Giganten ...



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



Ende