

---

# **Technologie-Arbeitsplätze für österreichische Dissertanten am CERN/Genf**

**Michael Benedikt (AB Department, CERN)**

**Werner Riegler (PH Department, CERN)**

---

# Technologiedissertationen am CERN

---

CERN – Einführung

Österreichisches Doktoratsstudentenprogramm am CERN

4 Beispiele für Dissertationen

Diskussion

---

# CERN: Was ? Warum ? Wie ?



# CERN: Was ? Warum ? Wie ?

- **Was**

- ‘Dienstleistungsbetrieb’ für Grundlagenforschung
- Akademische Institution

- **Warum**

- Struktur der Materie
- Fundamentale Gesetze der Physik
- Grundlagenforschung als Motor der angewandten Forschung

- **Wie**

- Beschleuniger
- Detektoren

# CERN als Dienstleistungsbetrieb

- **CERN-Mission, gemäss Konvention (Gründung im Jahre 1954)**
  - Entwicklung, Bau, Betrieb von Grossanlagen ('Beschleunigern') für Teilchenphysik
  - Beteiligung an der Forschung in der Teilchenphysik (Experimente und Theorie an Beschleunigern und an Höhenstrahlung)
  - Koordination der europäischen Teilchenphysik
- **Schwerpunkt (Personal, Budget) auf Beschleunigern**
  - ~75 % des Personals im Beschleuniger/Verwaltungssektor
  - ~25 % des Personals im Forschungssektor
- **Beschleunigerentwicklung, Bau**
  - Wahl des Beschleunigers: bestimmt das Forschungsprogramm→
  - Wahl erfolgt in weltweiter Koordination der Physiker
  - Bau: überwiegend durch CERN-Personal in Zusammenarbeit mit Industrie
- **Experimente**
  - Durchführung hauptsächlich durch 'auswärtige' Forschungsgruppen (~ 85%); CERN-Physiker vorwiegend in Koordinationsfunktionen

# CERN als 'Akademische Institution'

- **Ausbildung von Studenten**
  - **In Teilchenphysik**
    - **Während LEP-Betriebes ca. 100 Dissertationen/ Jahr**
  - **In angewandter Physik und Ingenieurwissenschaften:**
    - **ca. 30 Dissertationen/ Jahr**
  - **CERN Summer School : Vorlesungen für 200 'Summer students',**
    - **Diese Vorlesungen werden im Allgemeinen von Universitäten anerkannt**
- **Weitere Aktivitäten:**
  - **CERN School of Particle Physics; hat Universitätscharakter;**
  - **400 wissenschaftliche Publikationen/Jahr; Seminare; Konferenzen**

# CERN: einige Zahlen

- **Budget**
  - ~ 800 M Euro/ Jahr (2003)
  - Im Vergleich
    - TU Wien : ~ 200 M Euro/Jahr
    - ETH Zürich : ~600 M Euro/Jahr
  - CERN ≈ eine grössere europäische Universität
- **Personal**
  - 2350 CERN Staff
- **Wissenschaftliche 'Benutzer' der CERN Anlagen**
  - ca. 6000 Physiker
    - ca 70% aus den 20 Mitgliedsstaaten
    - ca 30% aus ca 60 Nicht-Mitgliedsstaaten;
      - Insbesondere: Canada, China, Indien, Israel, Japan, Russland, USA
      - Neuere Kontakte mit Südamerika, arabische Länder
- **LHC Bau mit weltweiter Beteiligung: Prototyp eines 'Welt-Labors'**

**Welche Art von Forschung wird am CERN betrieben ?**

**Die Struktur der Materie:**

**Was sind die fundamentalen Bausteine der Materie ?**

**Fundamentale Gesetze der Physik:**

**Was sind die Grundgesetze der Physik, welche die Wechselwirkung der fundamentalen Bausteine beschreiben ?**

# Die Struktur der Materie

Durch Streuung hochenergetischer Teilchen an Materie können kleinste Strukturen aufgelöst werden: Beschleuniger sind 'Supermikroskope'.

Optisches Mikroskop	Sichtbares Licht	$10^{-6}\text{m}$
Radioaktive Quelle	Alpha teilchen	$10^{-14}\text{m}$
LEP Beschleuniger	Elektronen	$10^{-20}\text{m}$

**LHC Beschleuniger: 10-100mal kleinere Details !**

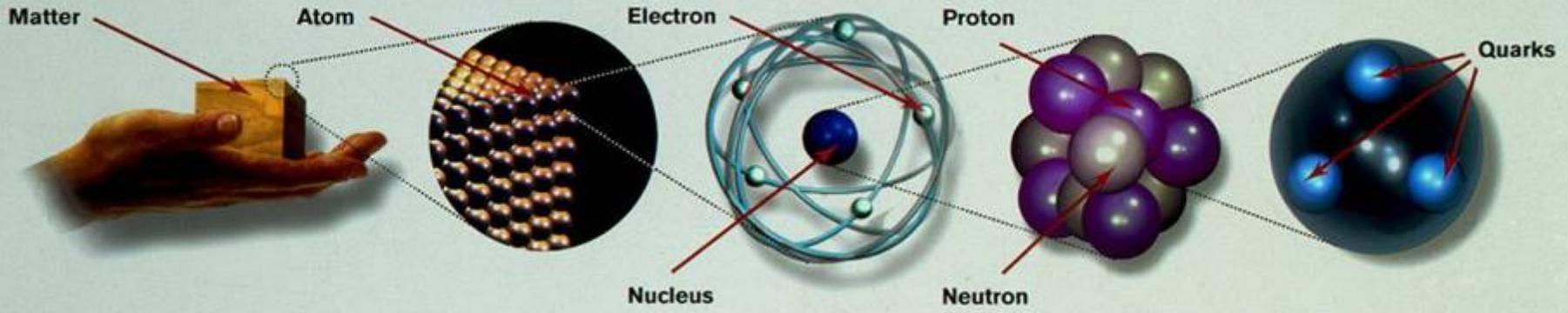
# Die Struktur der Materie

1900

1911

1932

1967



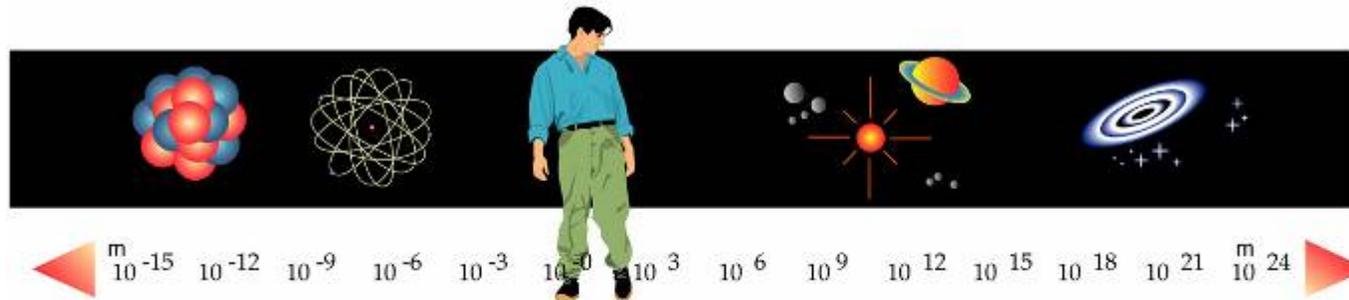
# Die Struktur der Materie

La physique des particules étudie la matière dans ses dimensions les plus petites.

Particle physics looks at matter in its smallest dimensions.

L'astrophysique étudie la matière dans ses dimensions les plus grandes.

Astrophysics looks at matter in its largest dimensions.



Microscopes  
Microscopes

Jumelles  
Binoculars

Telescopes optiques & radio  
Optical & radio telescopes

Accélérateurs  
et détecteurs  
Accelerators  
and detectors

L'oeil nu.  
Naked eye

## THE TWO FRONTIERS OF PHYSICS

## LES DEUX FRONTIÈRES DE LA PHYSIQUE

# Fundamentale Gesetze der Physik

## Das 'Standardmodell' der Teilchenphysik:

### Materie (+Antimaterie)

	1st gen.	2nd gen.	3rd gen.
Q U A R K	 <i>u</i> up	 <i>c</i> charm	 <i>t</i> top
	 <i>d</i> down	 <i>s</i> strange	 <i>b</i> bottom
L E P T O N	 <i><math>\nu_e</math></i> <i>e neutrino</i>	 <i><math>\nu_\mu</math></i> <i><math>\mu</math> neutrino</i>	 <i><math>\nu_\tau</math></i> <i><math>\tau</math> neutrino</i>
	 <i>e</i> electron	 <i><math>\mu</math></i> muon	 <i><math>\tau</math></i> tau

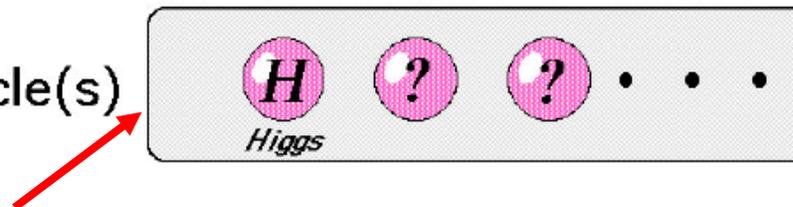
### Kräfte

Strong Force  x8 <i>Gluon</i>
Electro-Magnetic Force  <i>photon</i>
Weak Force    <i>W bosons</i> <i>Z boson</i>

Bei LEP (1988-2000) mit 0.01% Genauigkeit getestet und für 'perfekt' befunden.

LEP → 3 Teilchenfamilien

scalar particle(s)



Higgs Teilchen, verantwortlich für die Masse der Quarks und Leptonen → LHC !

# Die grossen Fragen des 21. Jahrhunderts

- **Was ist der Ursprung der Masse der Elementarteilchen, Higgs Teilchen ?**
- **Was ist der Grund für die die Materie-Antimaterie Asymmetrie im Universum ?**
- **Woraus besteht die 'dunkle' Masse und die 'dunkle' Energie im Universum ?**
- **Wie kann man die Quantentheorie der Elementarteilchen und die Allgemeine Relativitätstheorie der Gravitation 'vereinigen' ?**

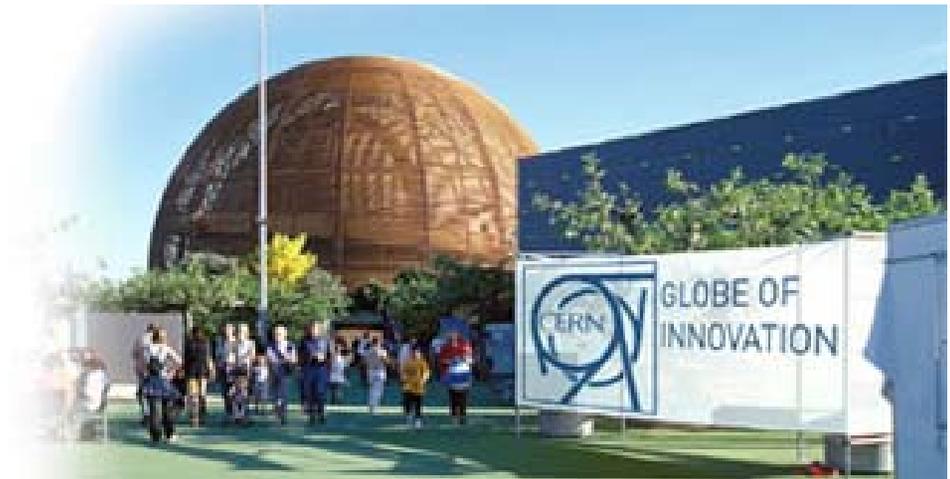
# Grundlagenforschung als Motor der Angewandten Forschung: Spin-Off

Anwendung der Beschleunigertechnik in der Medizin

Anwendung der Detektortechnologie in der Medizin (Medipix, Kristalle)

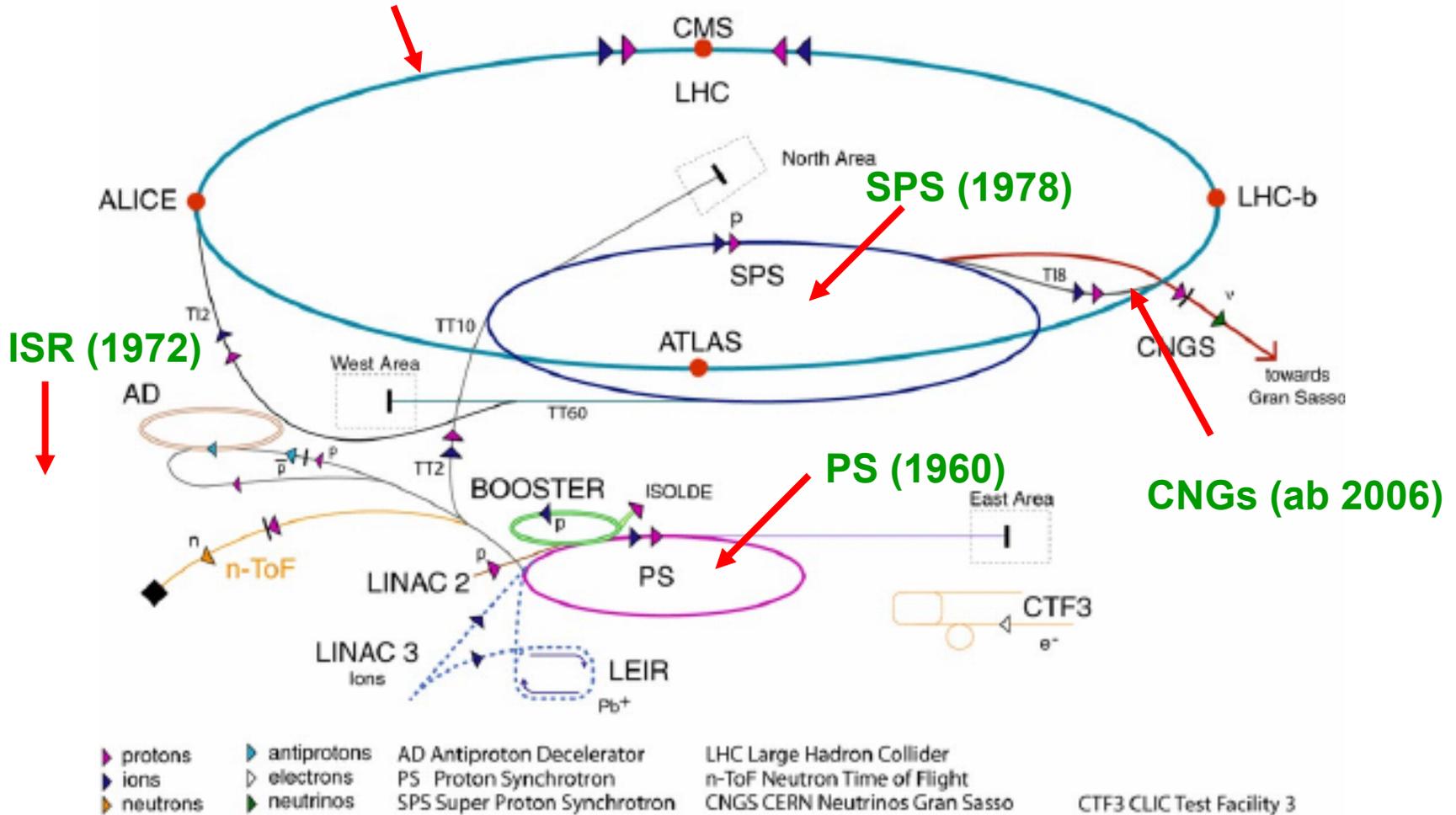
Entwicklung von Hochtechnologie für die Industrie (Magnete, Detektoren)

Entwicklung von Techniken zur Datenkommunikation  
(WWW am CERN erfunden !)



# Der Beschleunigerkomplex des CERN

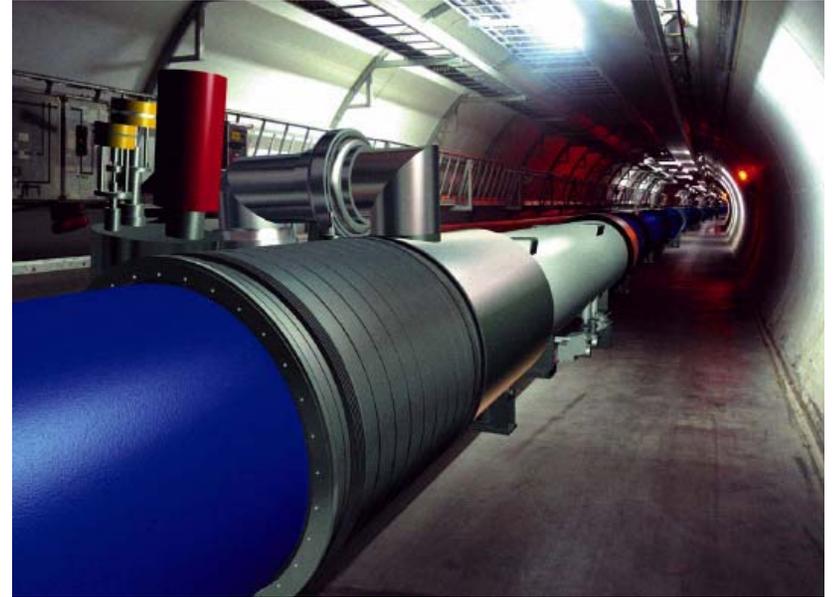
LEP (1988-2000), LHC (ab 2007, konkurrenzlos)



# LHC: 27km supraleitende Magnete

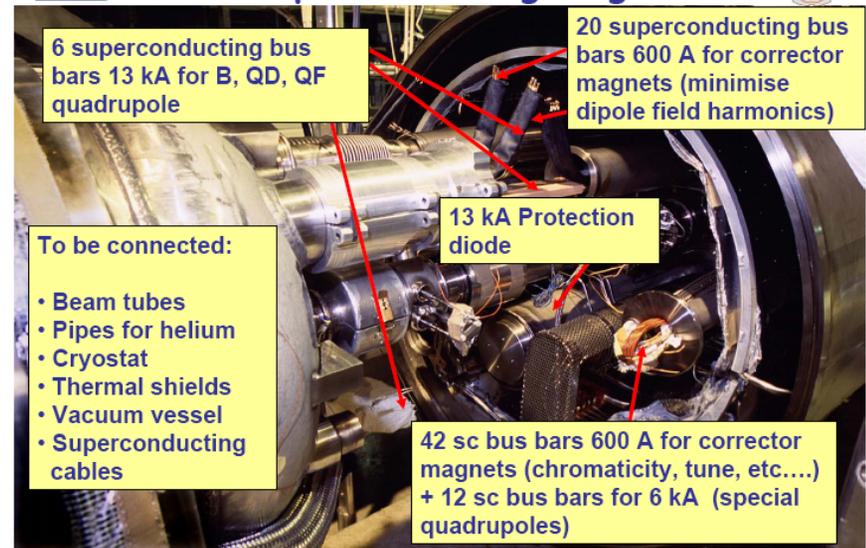
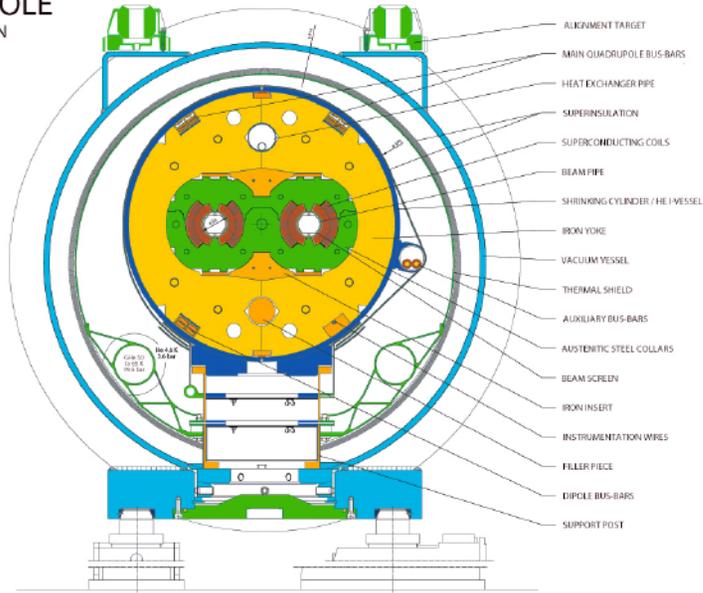


Kühlung mit flüssigem Helium  
(-271.5 °C i.e. 1.7K)



# LHC: 27km supraleitende Magnete

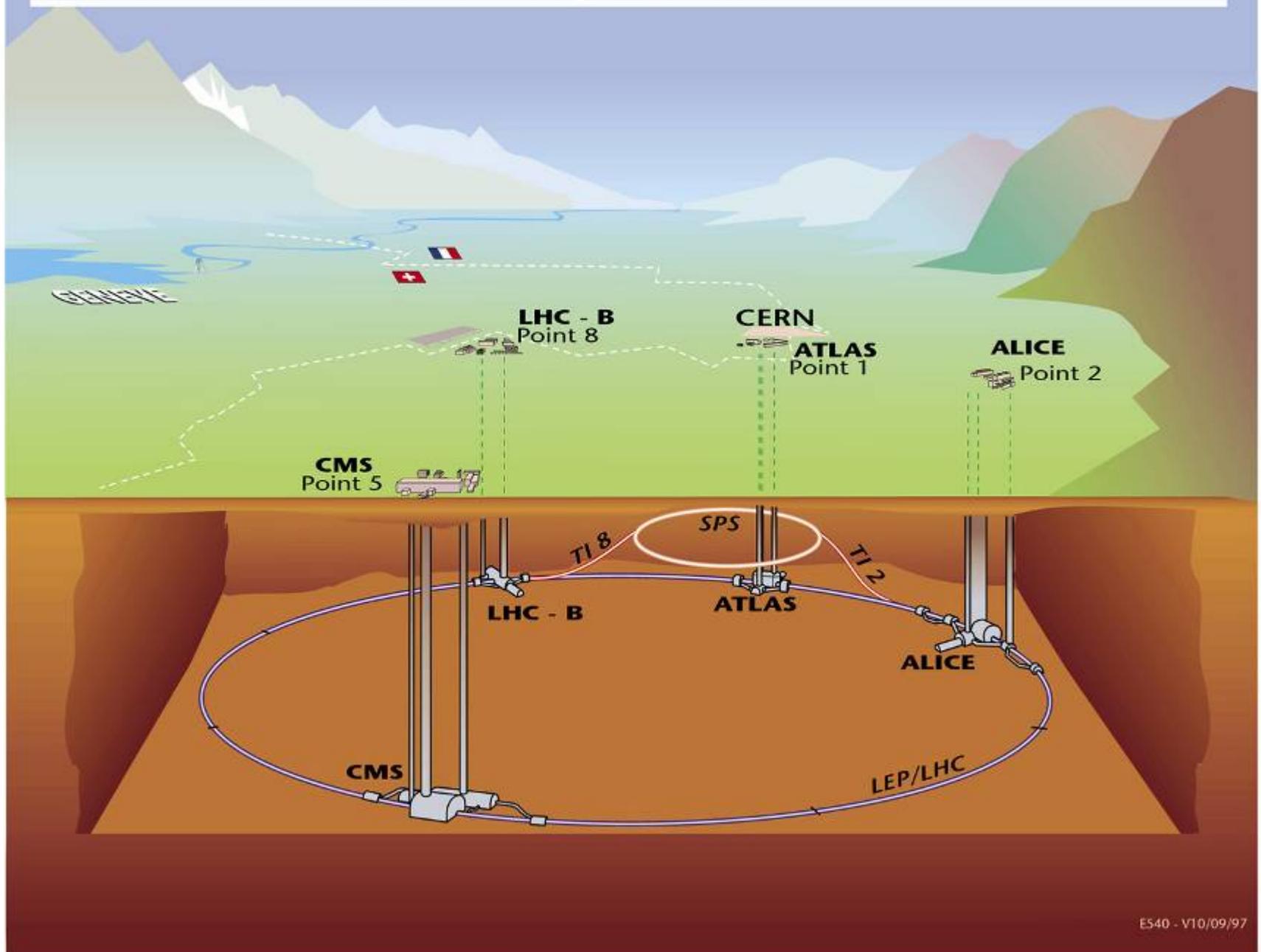
LHC DIPOLE  
CROSS SECTION



1200 Supraleitende Magnete  
11700 Ampere



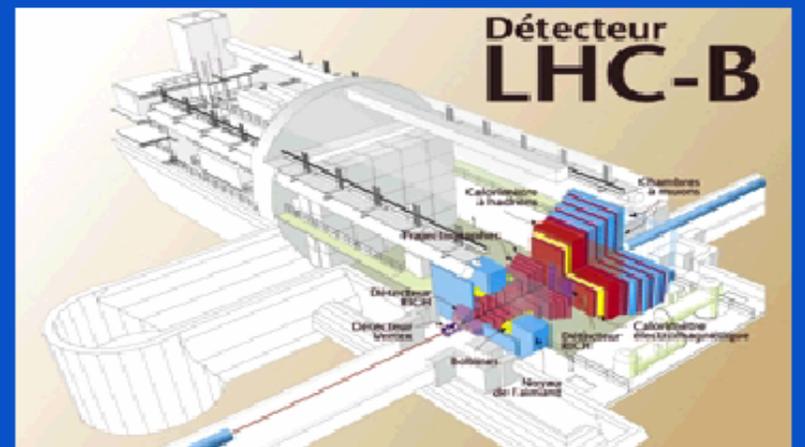
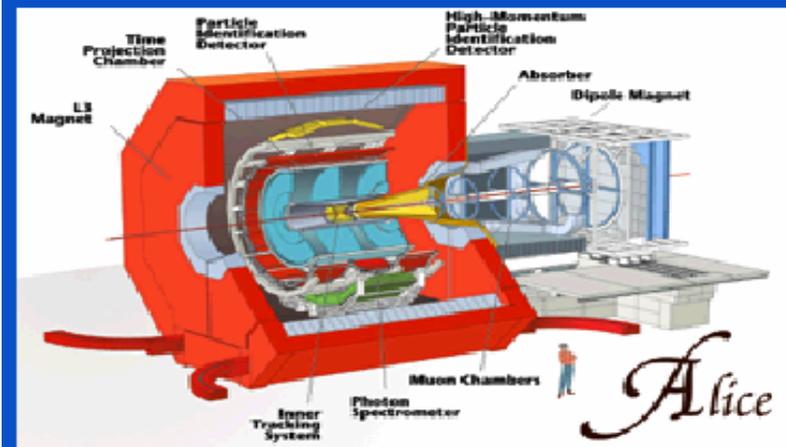
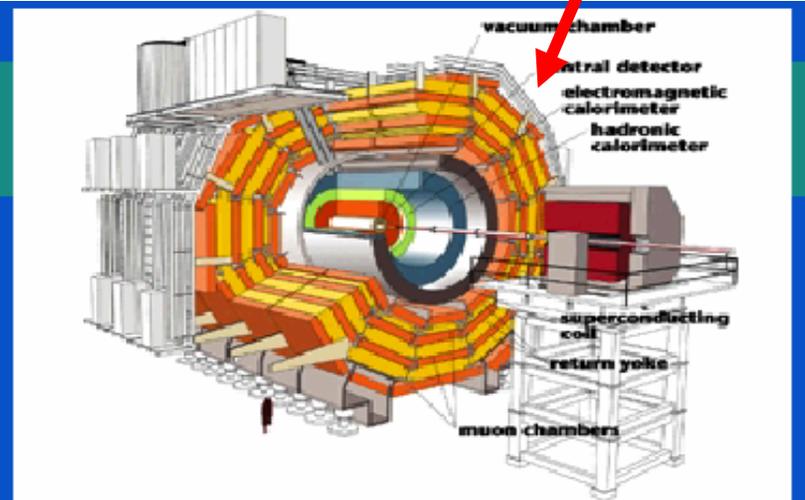
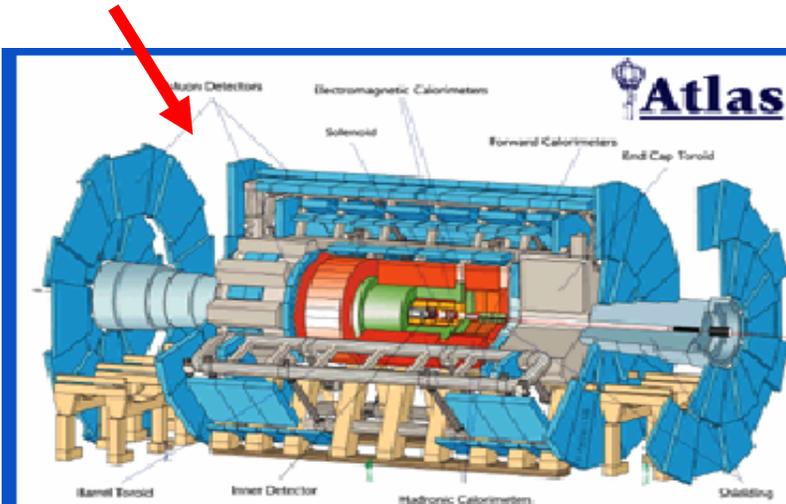
# Overall view of the LHC experiments.



# Die 4 LHC Experimente

44 m Länge; 22 m Durchmesser  
 Benützt den grössten supraleitenden  
 Magneten der Welt  
 100 Millionen Messkanäle

30 m Länge; 20 m Durchmesser  
 Benützt einen der stärksten supraleitenden  
 Gross-Magnete der Welt  
 100 Millionen Messkanäle  
 Starke österreichische Beteiligung:  
**HEPHY**



## Daten der LHC Experimente

1 Milliarde Kollisionen pro Sekunde  
10 000 000 Milliarden Kollisionen pro Jahr

Darunter ca. 100 Higgs Teilchen erwartet

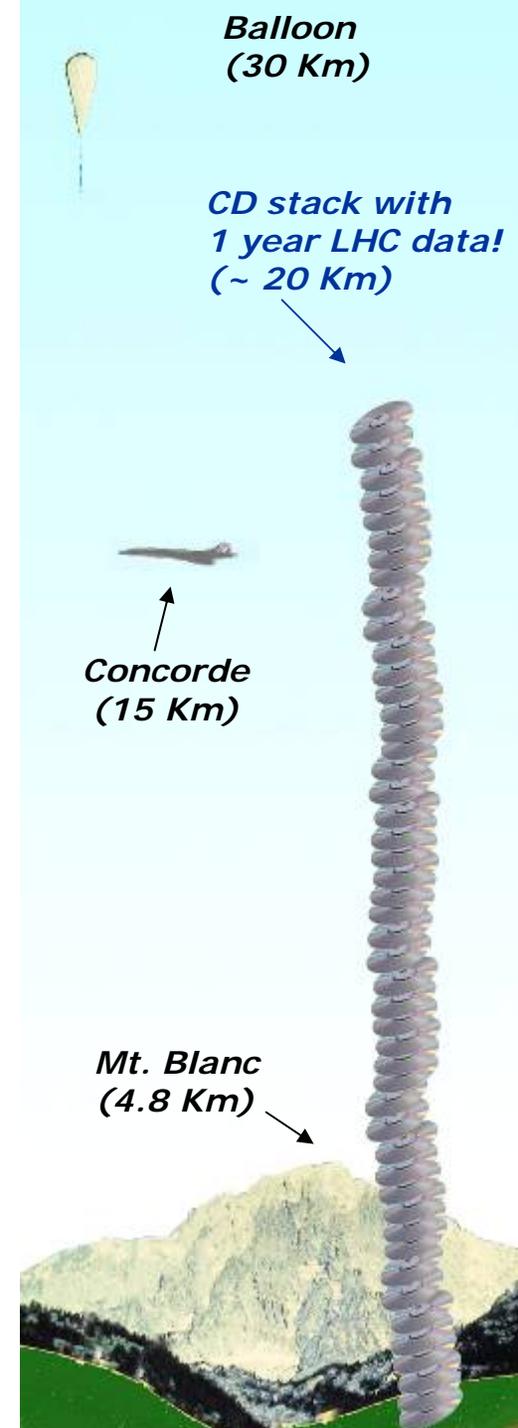
Nach Filterung, 100 interessante Kollisionen  
pro Sekunde aufgezeichnet

10 Megabyte digitalisierte Daten pro  
Kollision: Schreibrate: 1 Gigabyte/sec

10 Milliarden Kollisionen pro Jahr  
aufgezeichnet

Gespeicherte Daten 10 Petabyte/Jahr

GRID: Weiterentwicklung des Internet



# Zusammenfassung

CERN ist das weltgrösste Beschleunigerzentrum an dem Grundlagenforschung zu Fragen der Struktur der Materie und der fundamentalen Gesetze der Physik untersucht werden.

In den letzten 50 Jahren hat sich CERN zu einem 'Weltlabor' entwickelt. Neben den 2400 Staff Angestellten betreiben ca. 6000 Wissenschaftler aus aller Welt ihre Forschung am CERN.

CERN arbeitet mit einem Budget einer grossen Europäischen Universität.

Neben dieser Forschung ist CERN ein wichtiger Generator von Spin-Off und fungiert als Ausbildungsstätte und Akademische Institution.

Der LHC Beschleuniger und die 4 Grosseexperimente am LHC befinden sich im Bau und werden ab 2007 konkurrenzlos in eine neue Domäne der Teilchenwelt eindringen.

# Technologiedissertationen – Überblick

---

- Programm wurde im Studienjahr 1993/94 eingeführt .  
Abkommen CERN - Österreich (BM für Bildung, Wissenschaft u. Kultur).
- Zielt auf die Bereiche „Angewandte Physik und Technologie“.  
Technologie-Rückfluss nach Österreich  
Verstärkte Kontakte CERN-Österreich  
Effiziente Ausnützung des österreichischen CERN Beitrages  
Verbesserung kommerzieller Kontakte mit österreichischer Industrie.
- Programm ermöglicht eine sehr effiziente Teilnahme an verschiedenen Forschungsprojekten und Technologieentwicklungen.  
Studenten sind in internationale Großprojekte eingebunden.  
Erfordert Teamarbeit, Planung, Sprachen, Aufbau persönlicher Netzwerke.

(Mehrere CERN Mitgliedsländer haben ähnliche Programme gestartet)

# Technologiedissertationen – Rahmenbedingungen

---

- 10 neue Studenten pro Jahr
- Vertragsdauer 2 Jahre mit maximaler Verlängerung von 12 Monaten (auf individueller Basis).
- Durchschnittliche Studiendauer 32 Monate
- Etwa 25 aktive Studenten von insgesamt ~80 CERN Doktoranden.
  
- Administration des Programms erfolgt zu 100% über CERN
- Identische Bedingungen wie für CERN Doktoratsstudenten
- Monatliches Stipendium
- Krankenversicherung, etc.
  
- Arbeitsgebiete:  
Elektronik, Informatik, Maschinenbau, Chemie, angewandte Physik, etc.  
Nicht geeignet für Teilchenphysik und theoretische Physik.

# Technologiedissertationen – Vorgangsweise

---

- Voraussetzung: Zulassung zum Doktoratsstudium in Österreich.
- Bewerbung an CERN Personalabteilung (Webformular) mit Angabe des Arbeitsgebiets (z.B. Beschleunigerphysik, etc.)
  - e-RT (electronic recruitment system)
- Selektionskommittee fällt Auswahl (3 x jährlich)
  - 20. Februar 2006, 14. Juli 2006, 16. Oktober 2006
- Nach Auswahl erfolgt Festlegung des Themas
  - Suche nach Betreuer (Doktorvater) an österreichischer Universität
  - Dissertationswürdigkeit mit Betreuer an österreichischen Universität und CERN Betreuer abklären.
- Eventuell, parallel zu obigen Punkten:
  - Dissertationsthemenkatalog auf CERN Website -> Kontaktaufnahme
  - Kontaktaufnahme mit österreichischen Ansprechpartnern am CERN um andere Themen zu finden / Informationen zu bekommen.

# Technologiedissertationen – Informationen

---

- CERN Koordinatoren des Programms

Dr. Michael Benedikt, CERN ([michael.benedikt@cern.ch](mailto:michael.benedikt@cern.ch))

Prof. Christian Fabjan, CERN/TU Wien ([christian.fabjan@cern.ch](mailto:christian.fabjan@cern.ch))

Dr. Werner Riegler, CERN ([werner.riegler@cern.ch](mailto:werner.riegler@cern.ch))

- Ansprechpartner für die unterschiedlichen Arbeitsgebiete:

Beschleunigerphysik: Michael Benedikt, Barbara Holzer;

Elektronik: Alex Kluge, Ludwig Pregernig;

Elektrotechnik: Fritz Szoncso;

Informatik: Werner Jank, Dietrich Liko, Ludwig Pregernig;

Maschinenbau: Manfred Mayer;

Strahlenschutz: Helmut Vincke;

Supraleitung & Magnetbau: Stephan Russenschuck, Theodor Tortschanoff;

Teilchendetektoren: Christian Fabjan, Werner Riegler, Werner Witzeling;

- CERN allgemein: [www.cern.ch](http://www.cern.ch)

- Webpage des Doktoratsstudentenprogramms (via [jobs-students-etc.](#))

# Technologiedissertationen – Arbeitsgebiete

## Studienrichtungen

Angewandte Physik	Elektronik	Informatik	Starkstrom-technik
57	12	12	9

Maschinenbau, Chemie, Bauingenieur, Vermessungswesen, Ind. Umweltschutz. ( $\leq 2$ )

Fertige Doktoren	Typische Arbeitsdauer am CERN
61	24 - 36 Monate

Erste Anstellung nach Rigorosum sowie aktuelle Anstellung:

	Österreich	CERN	EU	Schweiz	Andere
1.Anstellung	13	29 (8 + 21)	7	5	7
Aktuelle	19	18 (11 + 7)	6	12	6

1/3 aller Absolventen kommen nach Österreich zurück.  
 Etwa 1/3 am CERN als zukünftige Kontaktpersonen für Österreich.

# Beispiele für Dissertationsthemen

---

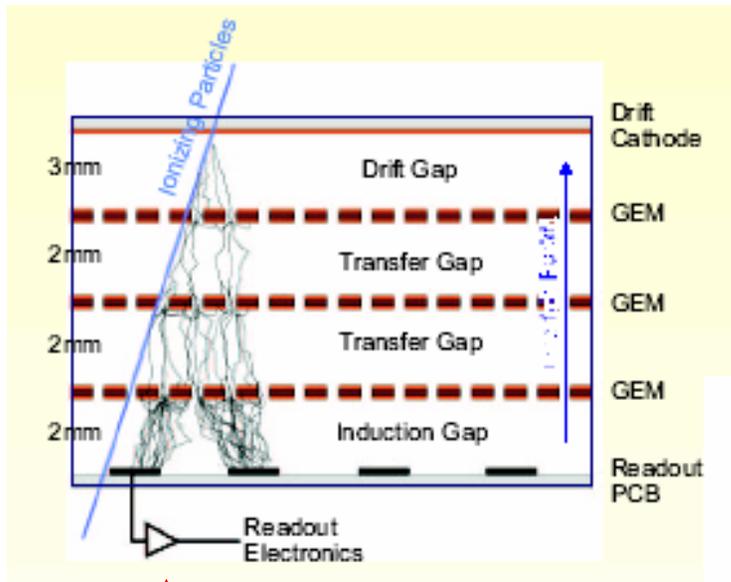
Gerd Trampitsch

TU GRAZ, Elektrotechnik, Diplomprüfung Juni 2003

‘Design, characterization and integration of a programmable analogue Amplifier and Processor for the readout of Micro-Pattern Gaseous Detectors in High Energy Physics experiments’

# Gerd Trampitsch

## Micropattern Detector



## Elektronik Spezifikationen

ENC ca. 300 Electrons rms

12pF Detector Capacitance

Peaking Time 100ns

4th Order Semi Gaussian Shaper

9mW Power Consumption

1.5V Single Supply

Charge Range 0...160fC (electrons)

30pF Driving Capability of the Output Stage

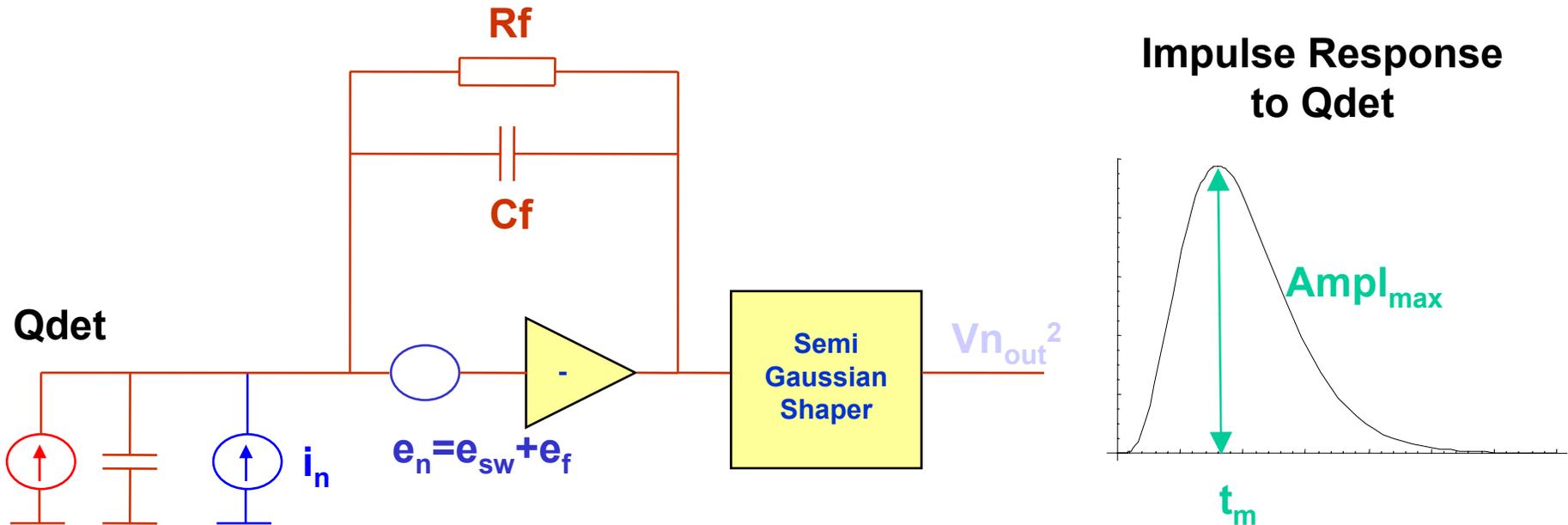
Differential Output

Feedback Resistance of CSA ca. 10 MOhm

Designed in a modern Process (**0.13um CMOS**).

Gives the possibility to integrate the Digital and Analog Signal Processing on the same Chip

# Gerd Trampitsch



Entwicklung eines Modells zur funktionelle Überprüfung des Designs (Matlab, Spice).

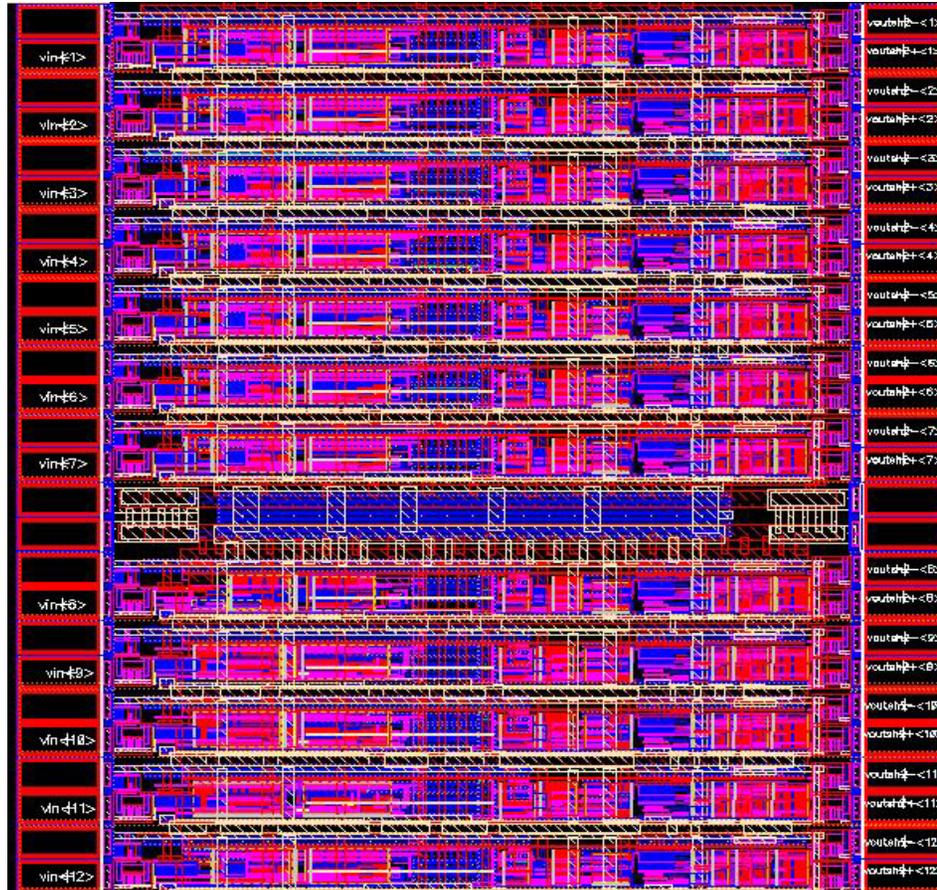
Entwicklung des Schaltkreises und Layout (SPICE).

# Gerd Trampitsch

Final Chip

2mm

2mm



# Beispiele für Dissertationsthemen

---

Julia Trummer

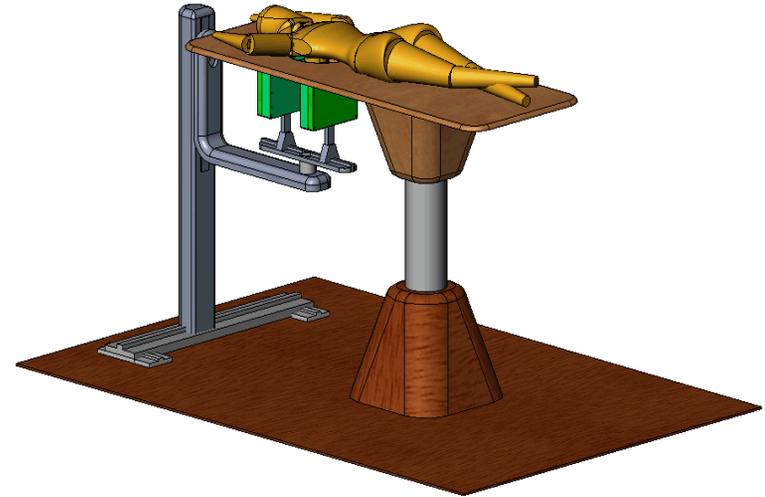
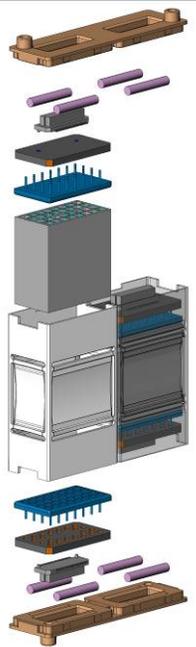
TU Wien, Technische Physik, Diplomprüfung Oktober 2003

‘Evaluation of Crystals and Design for the ClearPEM, a dedicated PET for mammography’

# Julia Trummer

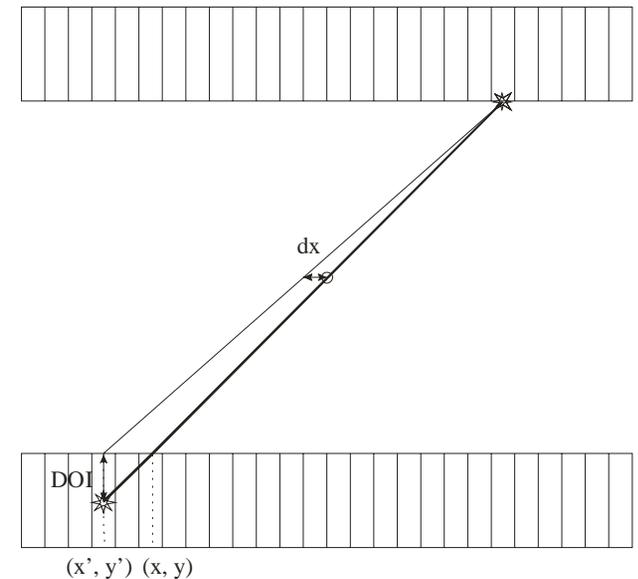
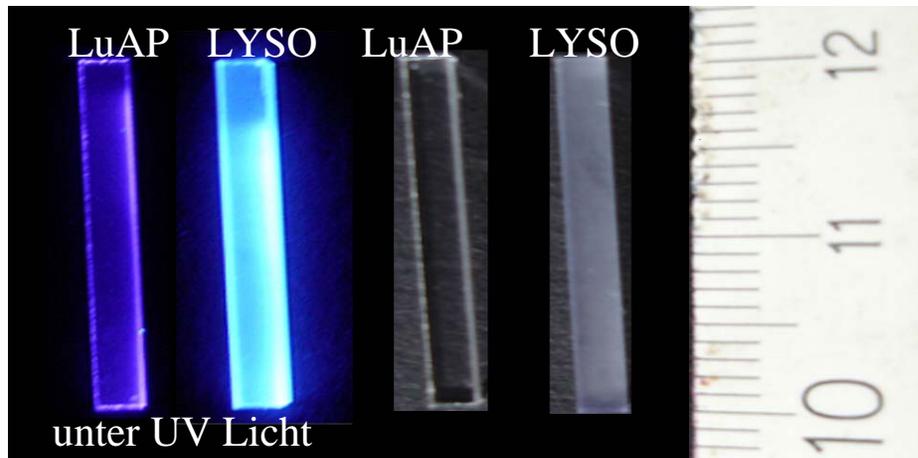
---

- **ClearPEM –  
Positronemissionsmammograph**
- Aufnahmen des Brust- und Achselbereichs
- Ortsauflösung  $< 3\text{mm}$  2 parallele Platten ( $14 \times 16 \text{ cm}^2$ )
- 96 Detektormodule mit 192 LYSO:Ce Kristallen ( $2 \times 2 \times 20 \text{ mm}^3$ )
- Auslese durch Photodioden an beiden Kristallenden zur Bestimmung der Wechselwirkungstiefe des Photons im Kristall



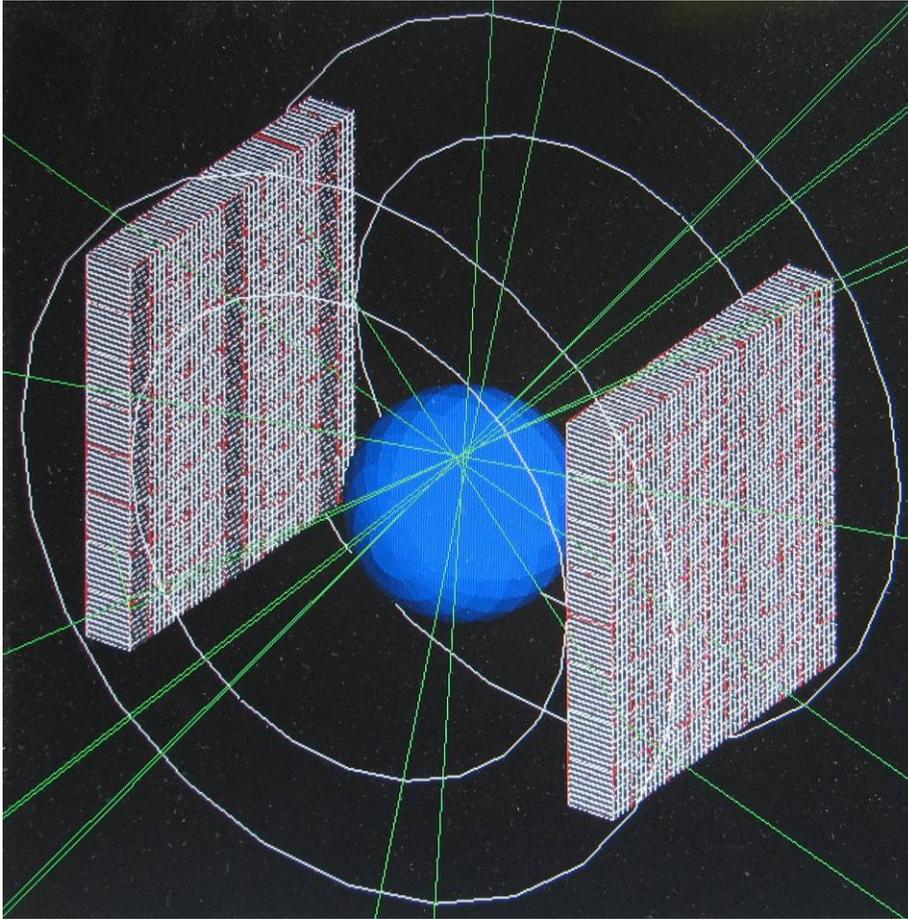
# Julia Trummer

- Bestimmung der Ortsauflösung verschiedener Szintillatorkristalle (LYSO und LuYAP) mit Photomultipliern und Avalanche-Photodioden
- Optimierung der Ortsauflösung ohne großen Verlust an Licht durch unterschiedliche Oberflächenbehandlung



# Julia Trummer

---



- ClearPEM Designstudie verschiedener Geometrien und Kristalle mittels GATE, einer auf Geant4 basierenden Simulationssoftware für PET und SPECT

# Beispiele für Dissertationsthemen

---

Verena Kain

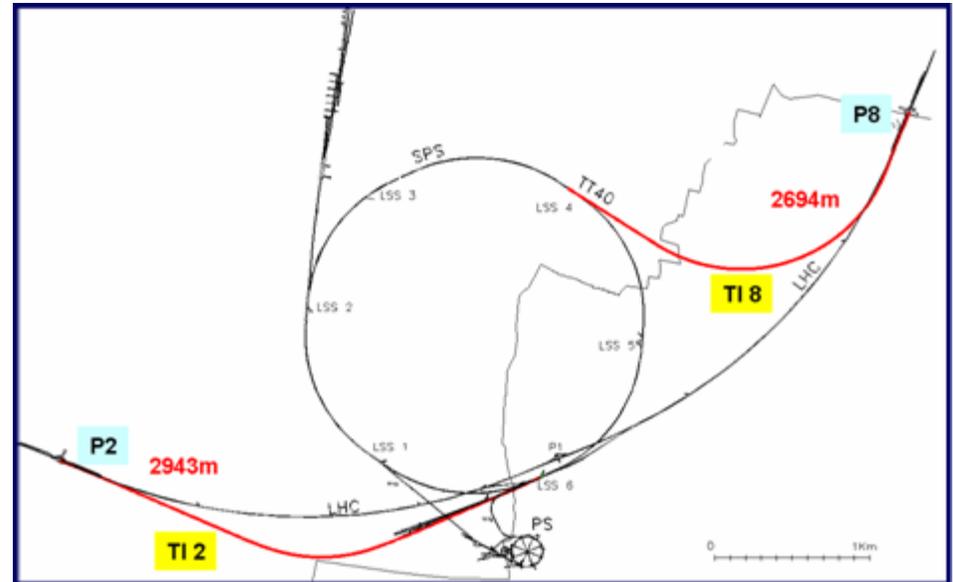
Universität Wien, Physik, Diplomprüfung 2002

‘Machine Protection and Beam Quality during the LHC Injection Process’

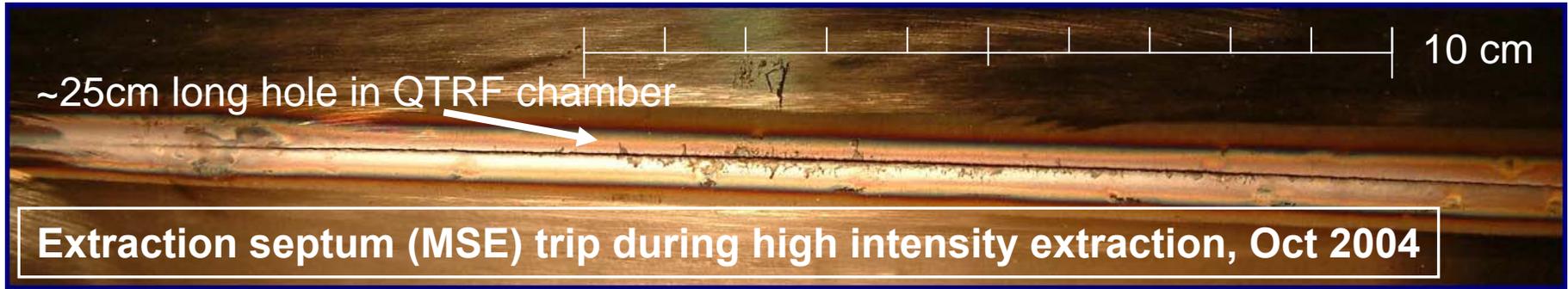
# Verena Kain

---

**Schutzsystem** für **Injektionsprozess** =  
SPS-Extraktion – Transfer – LHC-Injektion

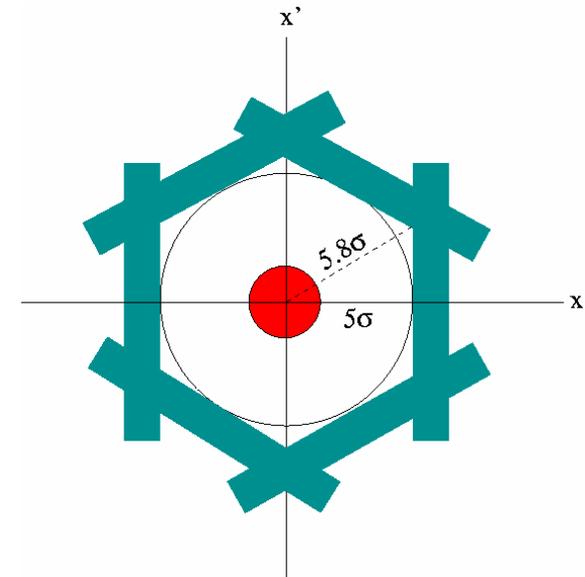


# Verena Kain



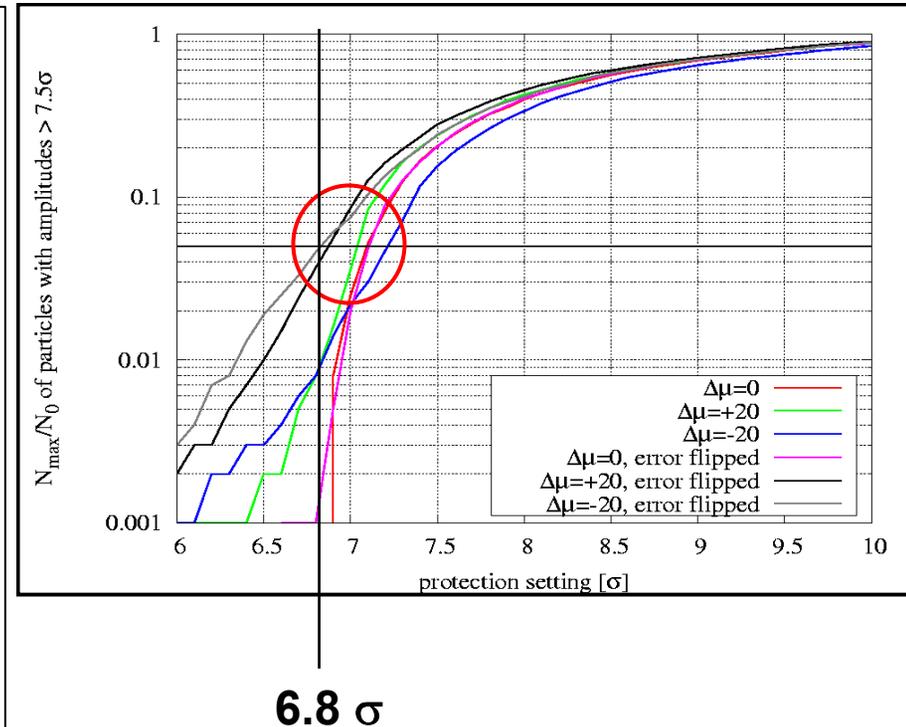
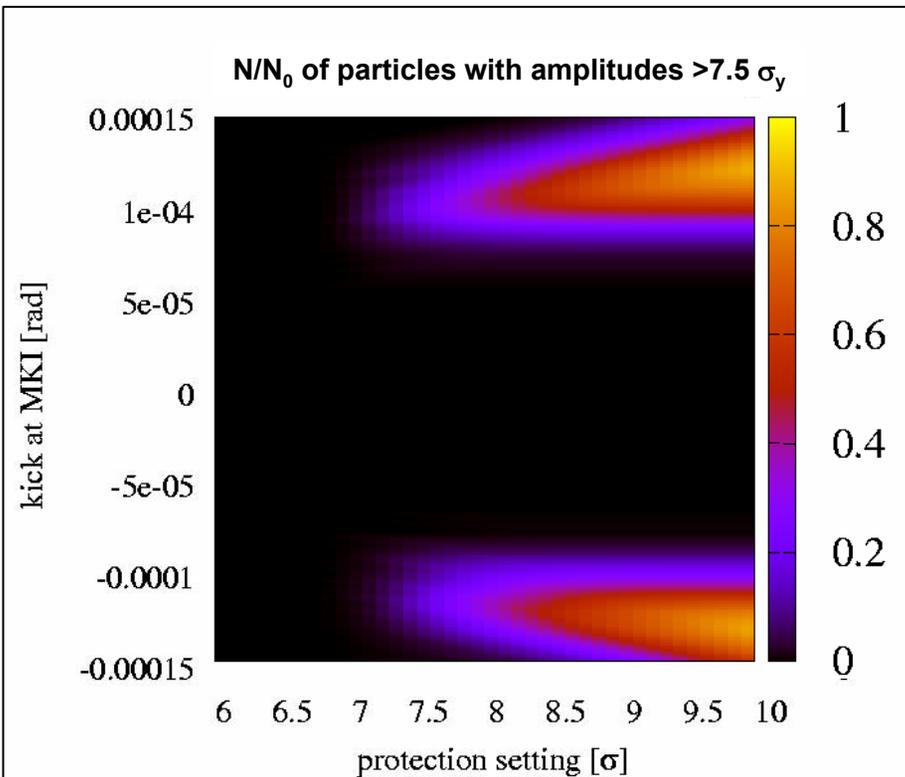
Unfall bei Strahlextraktion aus dem SPS mit LHC Strahl...

- Kollimatoren sind Materialblöcke, die nahe an Strahl gefahren werden können.
- Kollimatoren sind so positioniert, dass der gesamte Strahl daran verloren gehen kann ohne dass eine Beschädigung des Beschleunigers verursacht wird.
- Kollimationsystem für Transferlinien wurde durch Simulationen definiert.



# Verena Kain

- Teilchentracking -Simulationen von “worst-case” Injektionskickerfehlern
- Benötigtes Setting: 6.8 s (R.M.S. Strahlgröße).



# Beispiele für Dissertationsthemen

---

Günter Kickingger

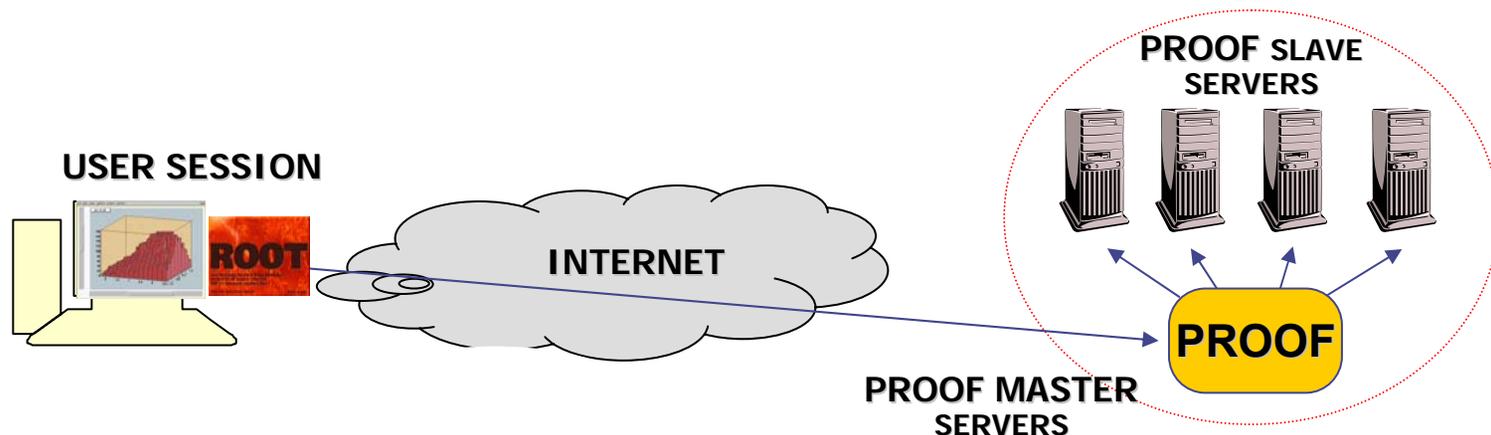
Universität Wien, Wirtschaftsinformatik, Diplomprüfung März 2004

‘Self-Organization in a High Performance Computing Application’

# Günter Kicking

- Parallel ROOT Facility (PROOF) entwickelt am CERN gemeinsam mit MIT. Interaktive, verteilte, parallele Analyse von unkorrelierten Daten (z.B. Teilchenkollisionen)
- **Transparenz:**
  - User ist sich nicht bewusst, dass er auf einem Cluster arbeitet
  - Verwendet sein herkömmliches Analyseframework (ROOT)
  - Skalierbarkeit für mehrere tausend Rechner

Primär konzipiert als single Cluster Applikation; Adaption für GRID im Gange – „virtual global cluster“



# Günter Kicking

---

- Ausgangssituation

- Ein Konfigurationsfile beschreibt welche Ressourcen (Rechner) für die Bearbeitung zur Verfügung stehen
- Konfiguration ist statisch – d.h. jeder Analysejob verwendet alle Rechner des Clusters
- Die Adressen neuer Rechner müssen manuell vom Clusteradministrator in das Konfigurationsfile eingetragen werden
- Keine Optimierung für Mehrbenutzerumgebung

- Ziel

- Dynamisches System
- Minimale Konfiguration
- Optimale Ausnutzung der Ressourcen
- PROOF muss performant bleiben, selbst bei vielen Benutzern

# Günter Kicking

## Self-Organizing Overlay P2P Network für PROOF

„von einem statischen zu einem dynamischen System“

Worker nodes organisieren sich selbst dynamisch in einem B64 – Tree

- Sehr schnelles Auffinden von Ressourcen auch bei mehr als 100.000 Rechnern (643=262.144)
- Neue Ressourcen integrieren sich selbst, ohne Konfiguration
- Overlay Netzwerk ist verantwortlich für das Load Balancing von PROOF
- Optimierung der Auswahl der Ressourcen pro Job für eine möglichst gute Gesamtperformance im Cluster
- Entscheidet ob ein laufender Analysejob neue Ressourcen bekommt, oder ob Ressourcen freigegeben werden müssen

