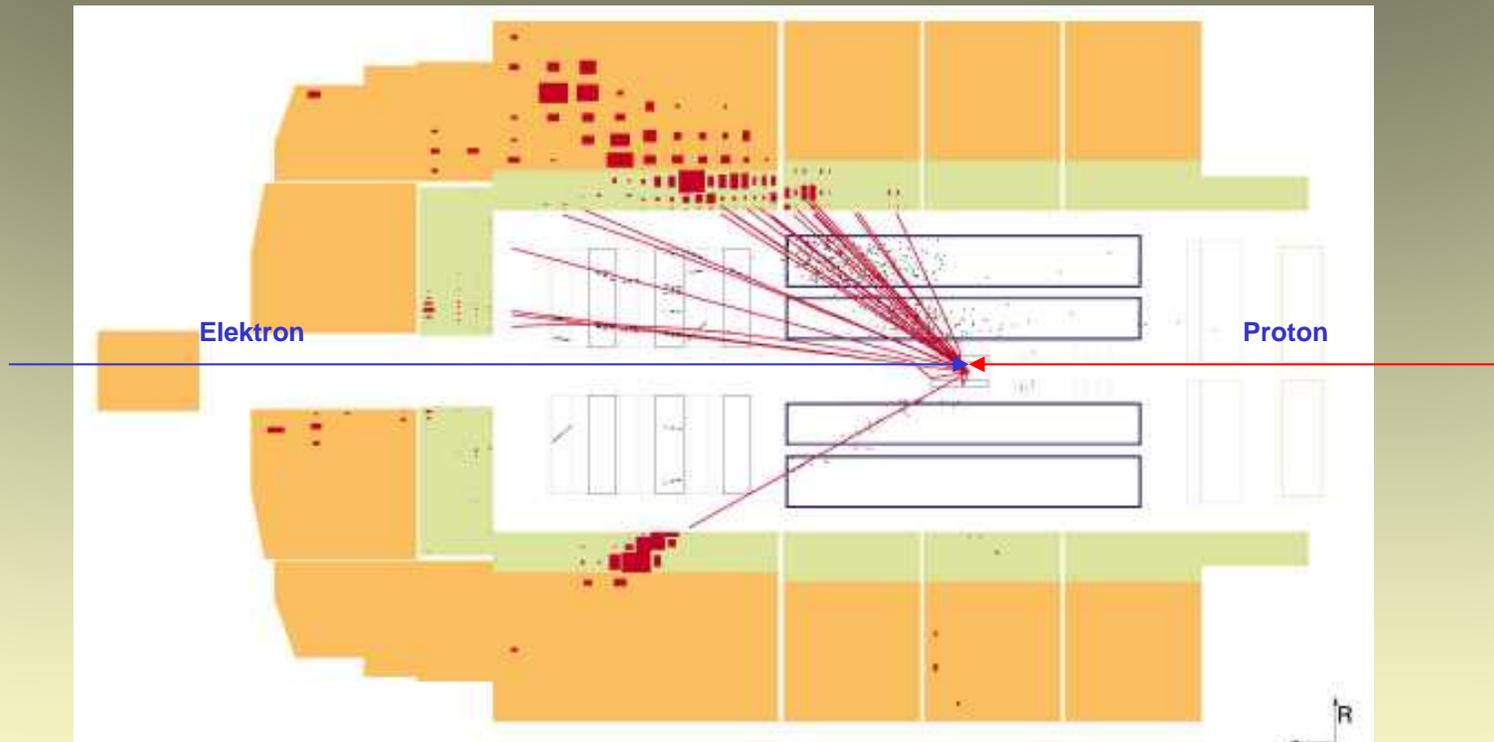


# Detektoren in der Elementarteilchenphysik

Web-Seite: <http://www-zeuthen.desy.de/~kolanosk/det09>



# Einordnung der Vorlesung

## Thema:

Physikalische Voraussetzungen,  
Methoden und Techniken zum Nachweis von Teilchenstrahlung;  
erläutert am Beispiel von Detektoren für  
Teilchenphysik, Teilchen-Astrophysik und Medizinphysik.

## Voraussetzung:

Grundstudium Physik (Bachelor), Vorlesung 'Kern- und Teilchenphysik'  
Übungen: **Computer-Einsatz** sinnvoll (z.B. Matlab, Mathematica, ...)

## SF Elementarteilchenphysik an der HU:

Obligatorisch:	Experimentelle oder Astro-Teilchenphysik
	Theor. Einf. In das Standardmodell
exp. Ausrichtung	Detektoren oder Beschleuniger

# Vorlesungen, Übungen

[P23.1.2b - 5SP]

- Vorlesung: Do 13-15 wöch. NEW 14, 1'10 H. Kolanoski
- Übungen: Do 15-17 wöch. NEW 14, 1'10 T. Waldenmeier

Beginn: 16.4.09

## Leistungsnachweis: 5 SP

regelmäßige Teilnahme an den Übungen,  
Bearbeitung von Übungsaufgaben

oder

einer Projektaufgabe

oder

Halten eines Vortrags

# Vorlesungen, Übungen

Am Do, 30.4.09 fallen Vorlesung und Übungen aus

# Modul P23.1.2b

<b>Modul P23.1.2b (Experimentelle Spezialisierung): Experimentelle Elementarteilchenphysik</b>			Studienpunkte: 10
Lehr- und Lernformen	Präsenz-SWS	Anzahl der SP/ Arbeitsleistungen	Lernziele, Themen, Inhalte
<b>Detektoren</b>  Vorlesung mit Übung	2 + 1	5 SP  regelmäßige Teilnahme an den Übungen, Bearbeitung von Übungsaufgaben oder einer Projektaufgabe oder Halten eines Vortrags	Wechselwirkung von Strahlung mit Materie, Szintillationszähler und Photon-Detektoren, Spurkammern, Halbleiterdetektoren, Cherenkovdetektoren, elektromagnetische und hadronische Kalorimeter
<b>oder</b>			<b>oder</b>
<b>Beschleunigerphysik</b>  Vorlesung mit Übung			Beschleunigertypen, Synchrotronstrahlung, Transversale Strahldynamik und Strahlstabilität, Hochfrequenzsysteme zur Teilchenbeschleunigung, Longitudinale Strahldynamik und Strahlstabilität
<b>Aktuelle Probleme der experimentellen Teilchen- oder Astroteilchenphysik</b>  Vorlesung mit Übung	2 + 1	5 SP  regelmäßige Teilnahme an den Übungen, Bearbeitung von Übungsaufgaben oder einer Projektaufgabe oder Halten eines Vortrags	Variierende Themenbereiche
Modulabschlussprüfung		Mündliche Prüfung (s. a. § 5 (4))	
Dauer des Moduls		1 Semester	
Häufigkeit		jährlich einmal	

# Studienpunkte

§ 5 .....

(4) Für den Erwerb der Studienpunkte müssen die geforderten Arbeitsleistungen erbracht und die Modul-(teil)prüfung bestanden sein. Die Arbeitsleistungen werden auf die in der Modulbeschreibung festgelegte Weise nachgewiesen. Die Einzelheiten zu Dauer und Umfang der Modulabschlussprüfungen geben die Lehrenden zu Beginn der jeweiligen Lehrveranstaltungen bekannt.

Mündliche Prüfung:

Gruppenprüfung, jeder bereitet ein Thema vor,  
10 Min. Vortrag, <10 Min Fragen

# UEE 2009

## European Summer University

### "The Secrets of the Atomic Nucleus"

Strasbourg, France, June 28 - July 4, 2009



[HOME](#) | [PRESENTATION](#) | [PROGRAMME](#) | [PRACTICAL DETAILS](#) | [APPLICATION](#) | [CONTACTS](#)

## "The Secrets of the Atomic Nucleus"

### *Les secrets du noyau atomique*

The European Summer Campus, formerly called European Summer University, at the University of Strasbourg (UdS) is a prestigious and highly sponsored one week meeting of students from all over Europe. They assist lectures on some of the most recent research topics in physics presented by internationally known scientists. An important part of the programme consists in exploring the cultural and political heritage of the region of Alsace and Strasbourg, where the European Parliament and the Council of Europe are located.

The eighth "European Summer University" in 2009 is organised by the Physics Department of the University of Strasbourg on the subject of "The Secrets of the Atomic Nucleus", which will address the most recent developments in modern nuclear physics and its impact on our society via nuclear energy, natural radioactivity and the powerful tools of nuclear medicine.

#### Motivation

The idea of the 2009 European Summer University is to offer to the students an enthusiastic and pedagogical introduction to the most recent research subjects. The lectures will be given by researchers recognized internationally in their field.

#### Scientific Programme

The [scientific programme](#) will consist of 12 main lectures of 2 x 45 minutes each and three student workshops organised at the IPHC (Institut Pluridisciplinaire Hubert Curien), one of the major research laboratories on the campus Cronenbourg.

#### Targeted Audience

The lectures are appropriate for students in physics having successfully completed three years of university studies.

#### Housing and Transportation

Accommodation for students will be provided free of charge. Within the limits of our budget we can cover an important fraction of the travel expenses.

# Inhaltsübersicht

- **Einleitung (1)**
- **Wechselwirkung von Strahlung mit Materie (3)**
- **Gasgefüllte Ionisationsdetektoren (6)**
- **Halbleiterdetektoren (6)**
- **Szintillationsdetektoren (2)**
- **Teilchenidentifikation (2)**
- **Energiemessung (4)**
- **Elektronik und Datenverarbeitung (falls genügend Zeit) (2)**

# Literatur:

- C. Grupen: "Teilchendetektoren", BI
- K. Kleinknecht: "Detektoren für Teilchenstrahlung", Teubner
- W.R. Leo: "Techniques for Nuclear and Particle Physics Experiments", Springer
- G.F. Knoll: "Radiation Detection and Measurement", Wiley
- T. Ferbel: "Experimental Techniques in High Energy Physics", Addison-Wesley
- F. Sauli: "Instrumentation in High Energy Physics", World Scientific
- Delaney, Finch: "Radiation Detectors", Clarendon 1992
- Leroy, Rancoita: "Radiation Detectors", World Scientific 2004
- Gerhard Lutz:, "Semiconductor Radiation Detectors", Springer

## Review of Particle Physics: Experimental Methods and Colliders

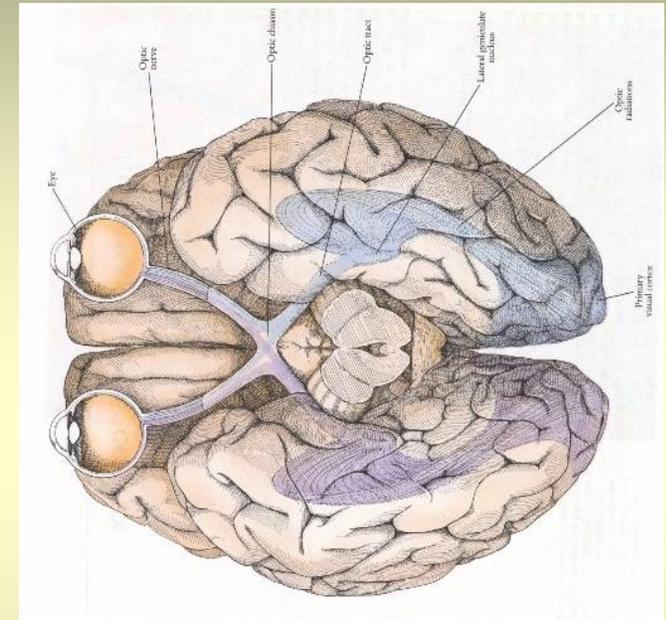
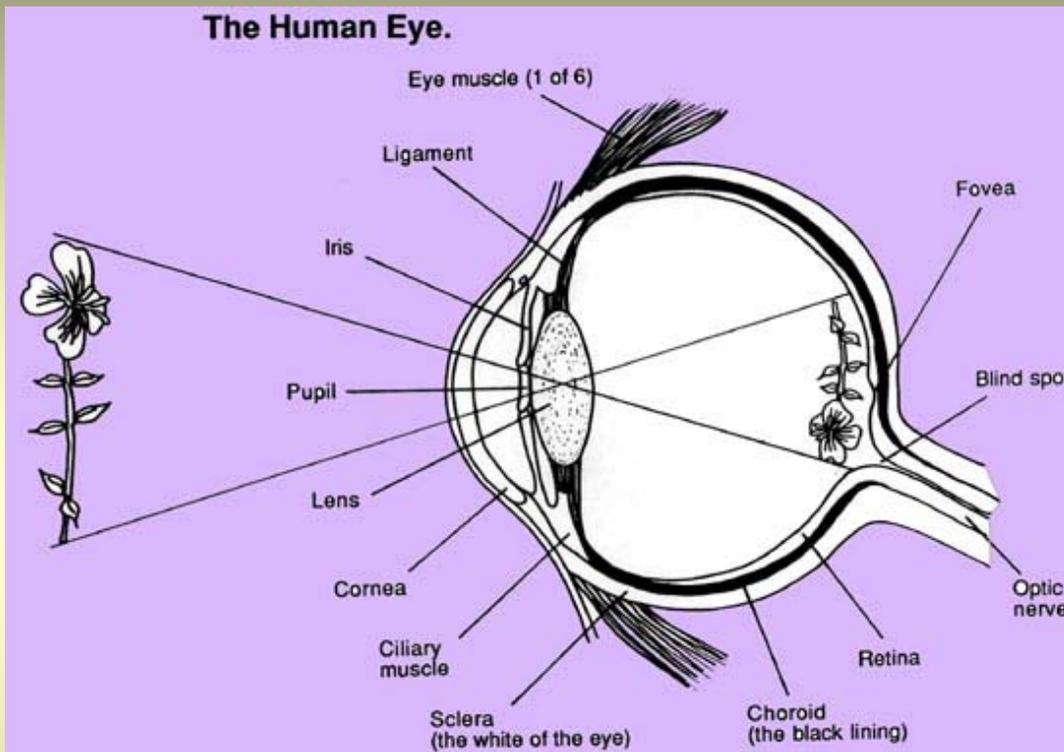
insbesondere:

**27. PASSAGE OF PARTICLES THROUGH MATTER**

**28. PARTICLE DETECTORS**

Constants, Units, Atomic and Nuclear Properties

# Seh-Apparat verglichen mit einem Detektor



**Strahlung**

**Licht**

**Teilchenstrahlen**

**Fokussierung**

**Linse**

**Magnete**

**Wechselwirkung  
mit Sensor**

**Netzhaut**

**Detektor**

**Signaltransfer**

**Nerven**

**Kabel**

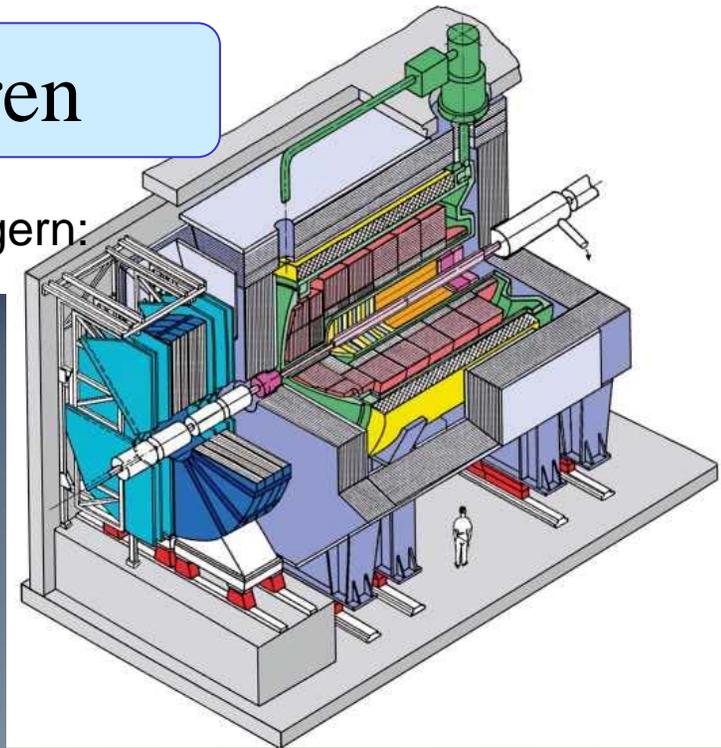
**Datenverarbeitung**

**Gehirn**

**Computer**

# Einsatz von Teilchendetektoren

Experimente an Beschleunigern:



Experimente mit kosmischer Strahlung:

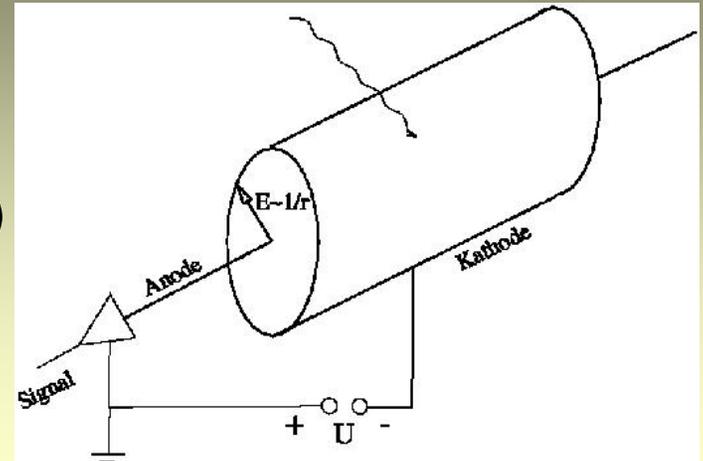


Nachweis von Strahlung  
in Medizin, Geologie, Archeologie, ...

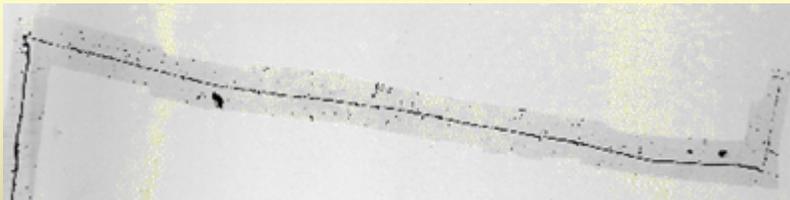


# Aufgaben der Teilchendetektoren

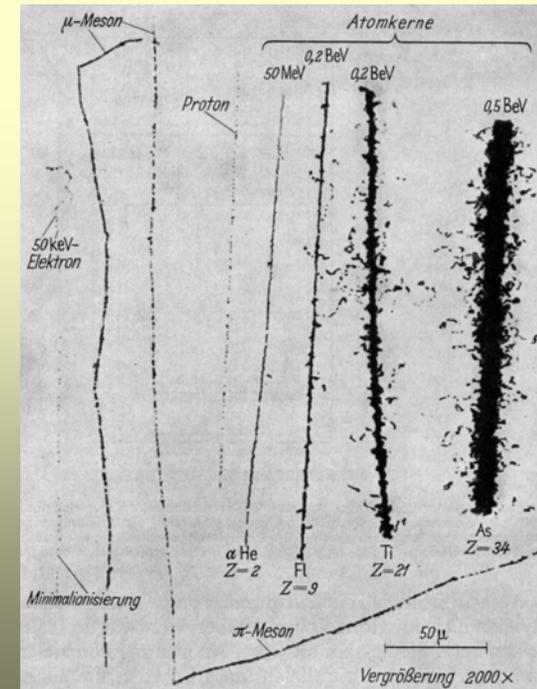
- Nachweis, Flussbestimmung  
(z.B. Geigerzähler, Film-Dosimeter, ....)



- Bestimmung der Teilchenkinematik



- Identifikation der Teilchen

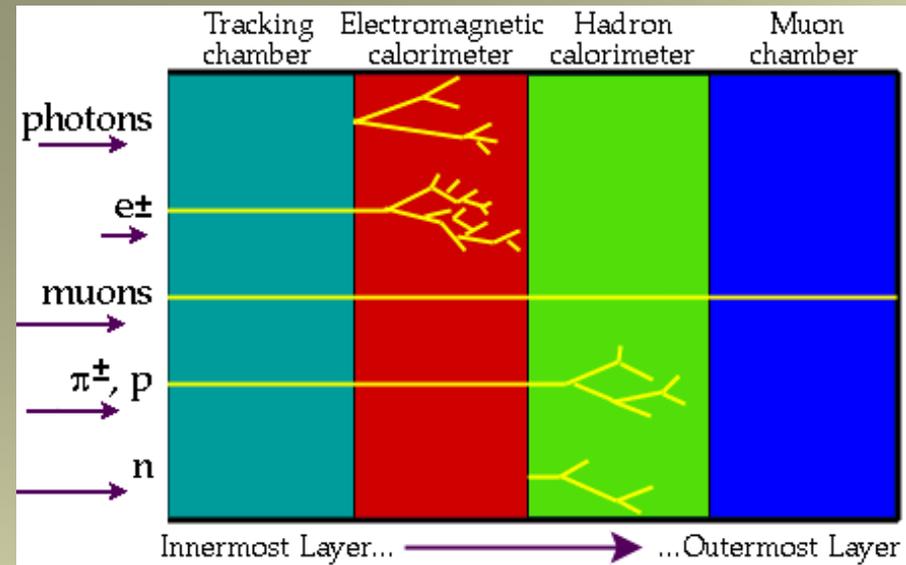
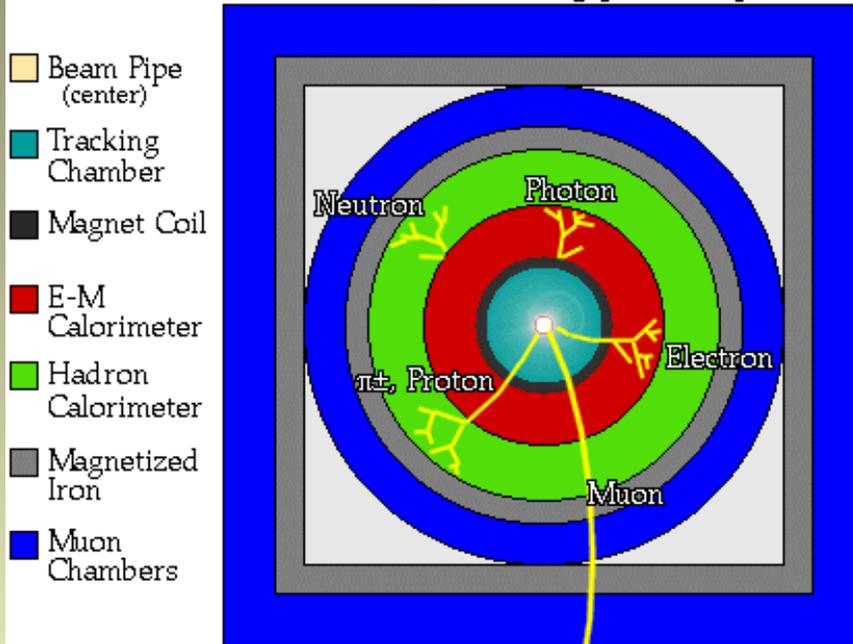


# Voraussetzung für den Nachweis: **Wechselwirkung** der Teilchen mit Materie

- **Elektromagnetisch:** Ionisation, Cherenkov-, Übergangsstrahlung, elektromagn. Schauer ( $e^\pm, \gamma$ )
- **Stark:** hadronische Schauer, Kern-WW (Neutron-Nachweis)
- **Schwach:** Neutrino-Nachweis (inverser  $\beta$ -Zerfall)

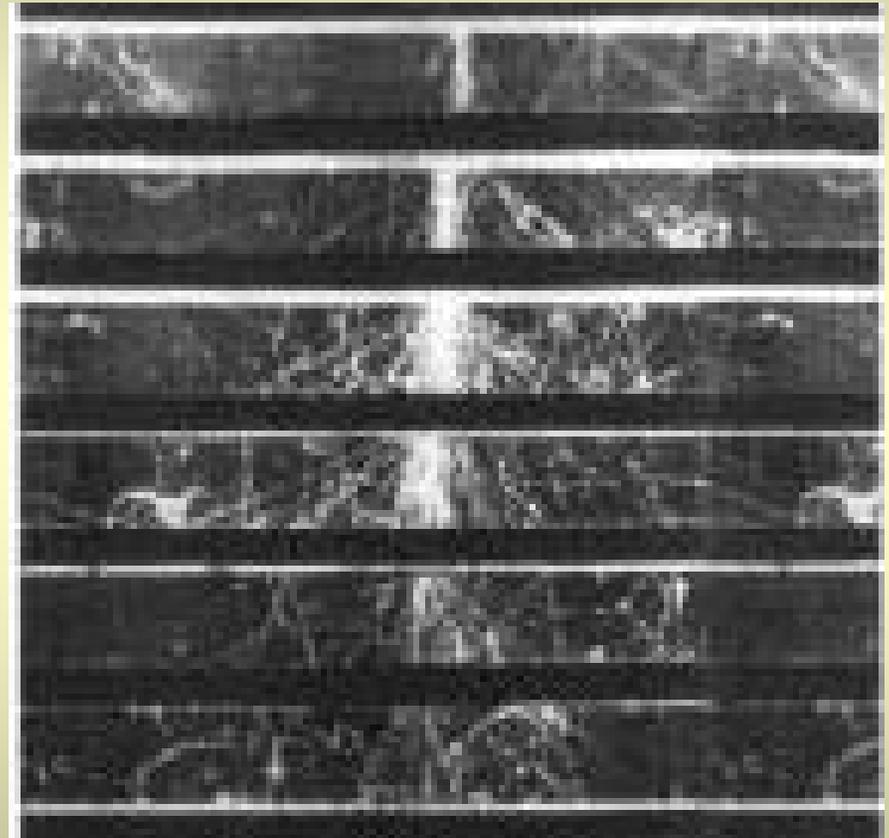
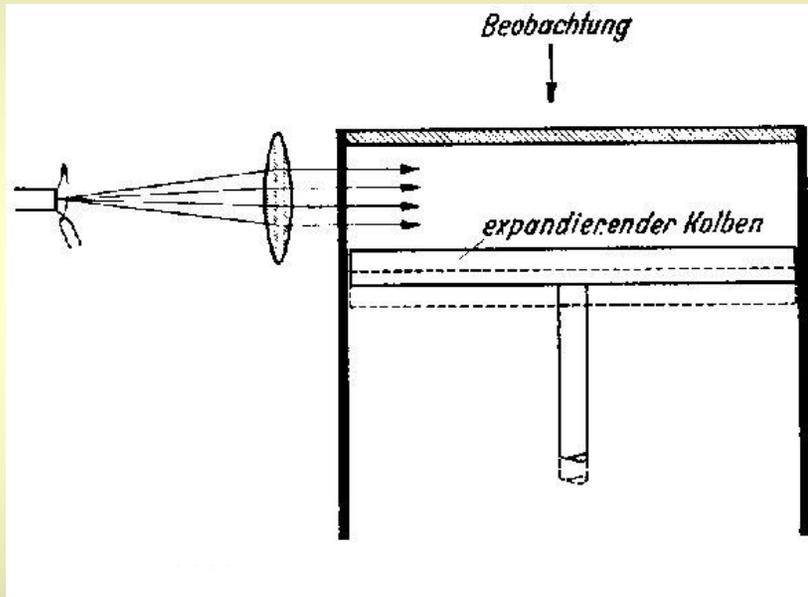
# Typischer Detektor in HEP-Experiment

A detector cross-section, showing particle paths



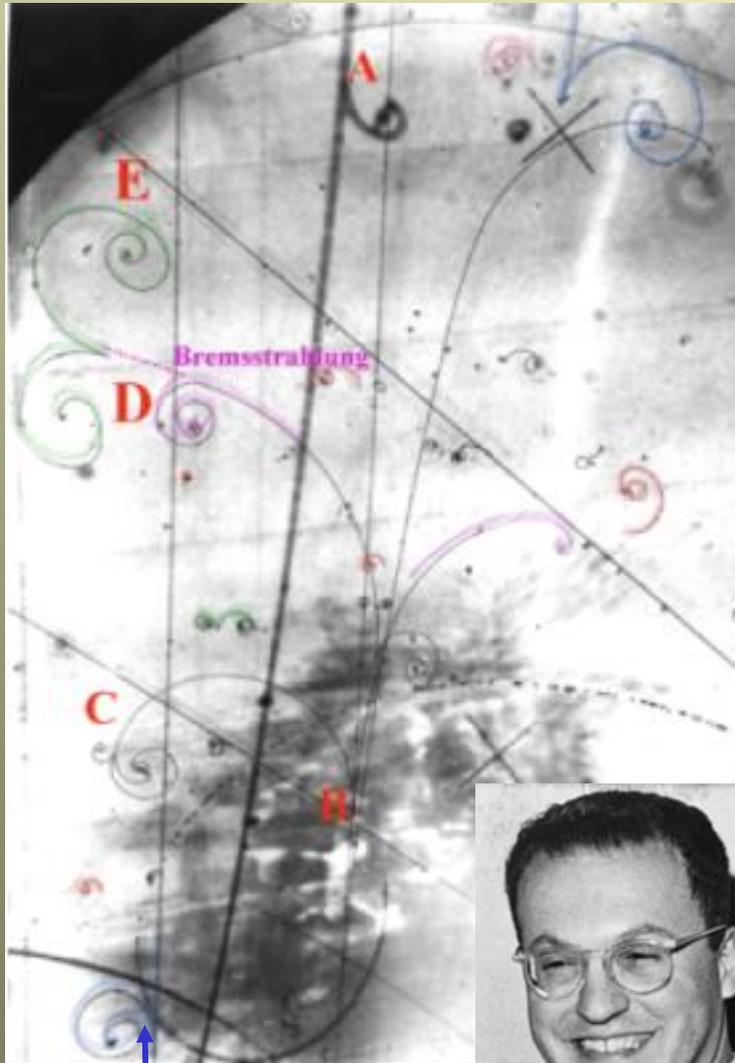
# Nebelkammer

Nebel- und Blasenkammer: fotografische Aufzeichnung, nicht-elektronisch



Wilson-Nebelkammer (Nobelpreis 1927)

# Blasenkammer

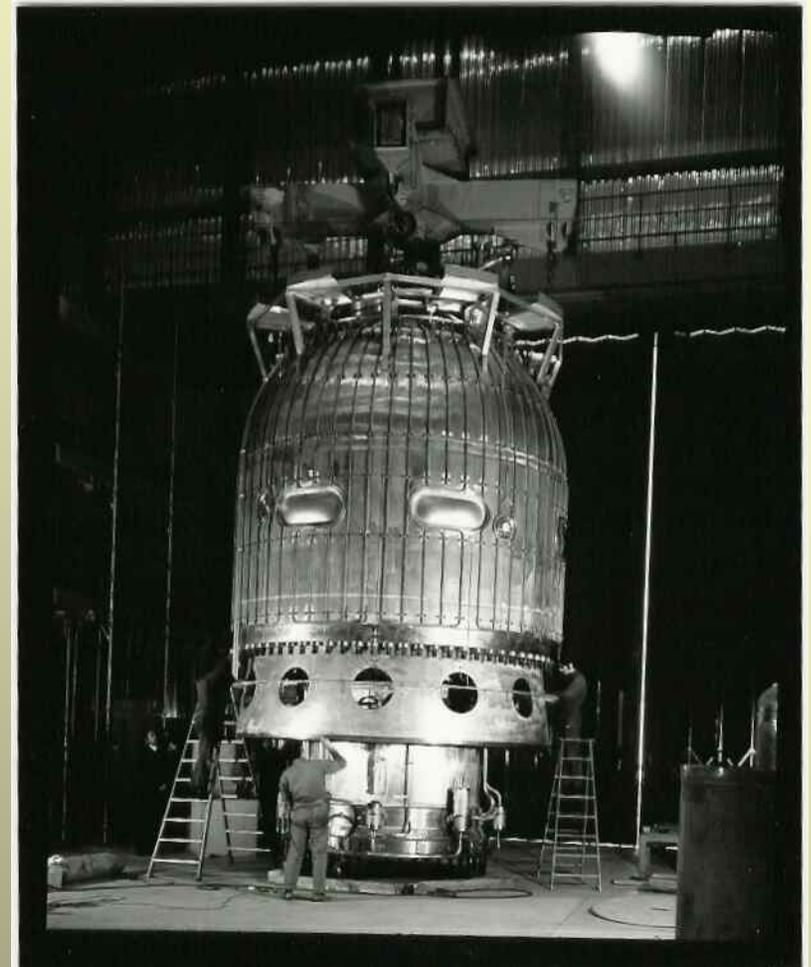


Spuren durch  
Magnetfeld gekrümmt

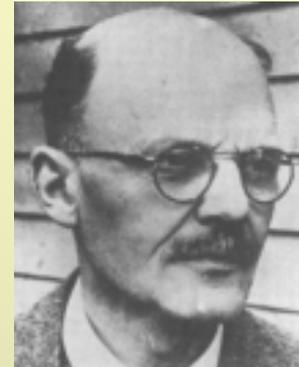
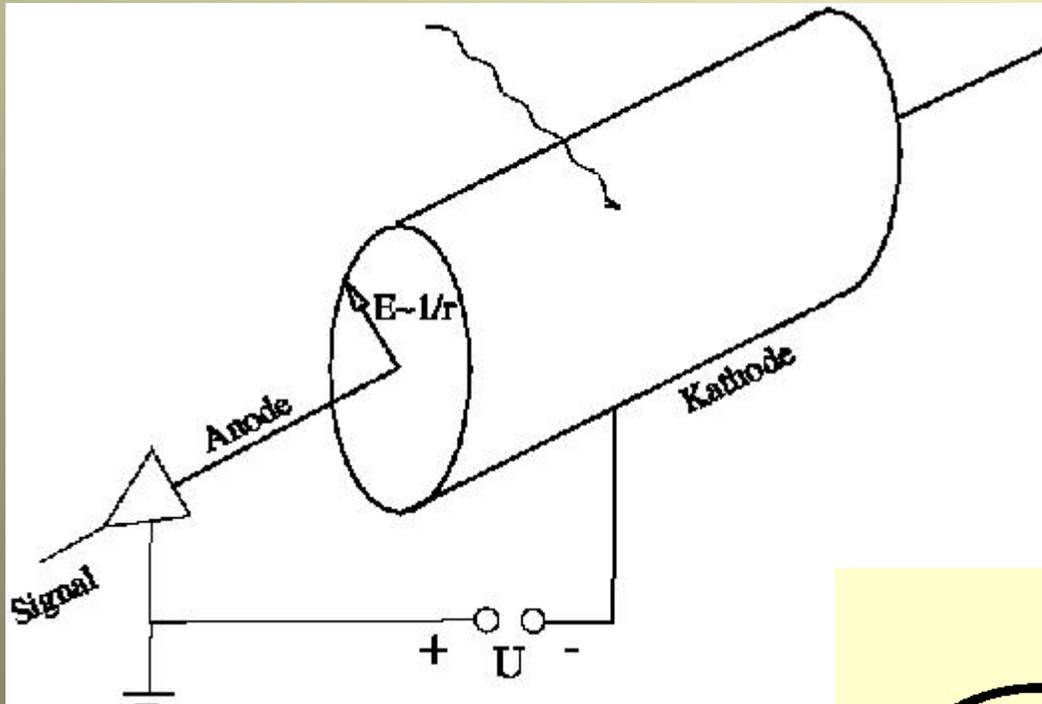


D.A. Glaser, Nobelpreis 1960

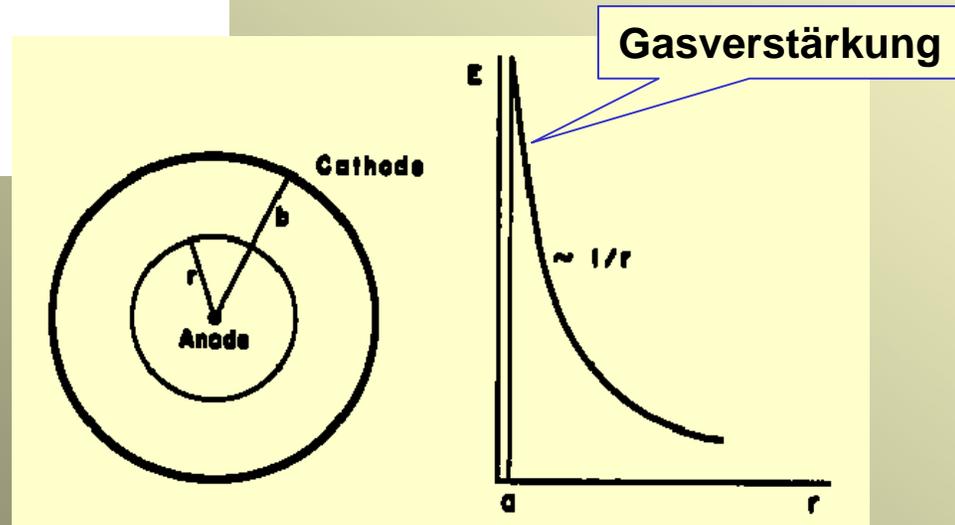
Big European Bubble Chamber



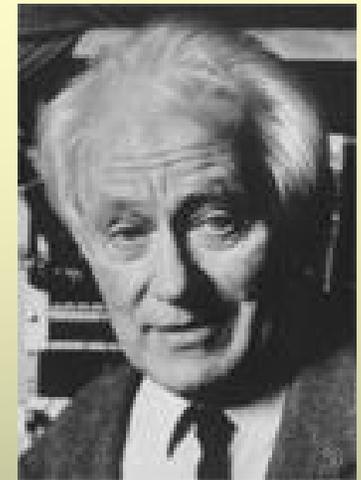
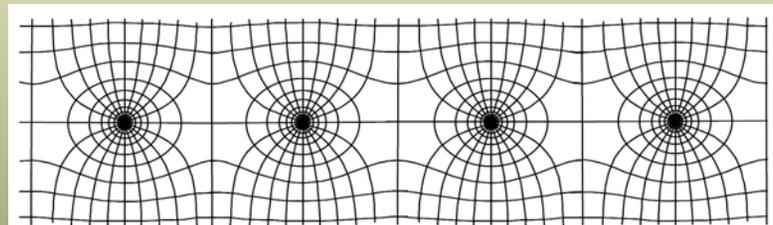
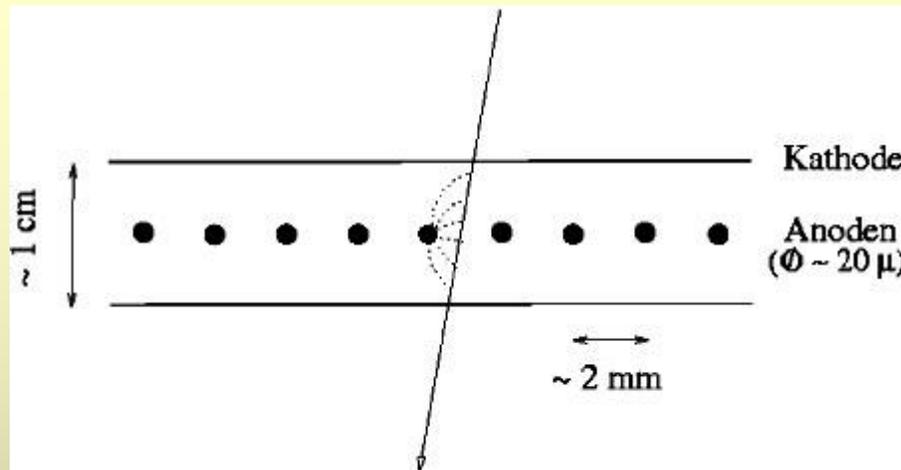
# Zählrohr



Geiger, Hans, (1882-1945)



# Vieldrahtproportionalkammer (MWPC)

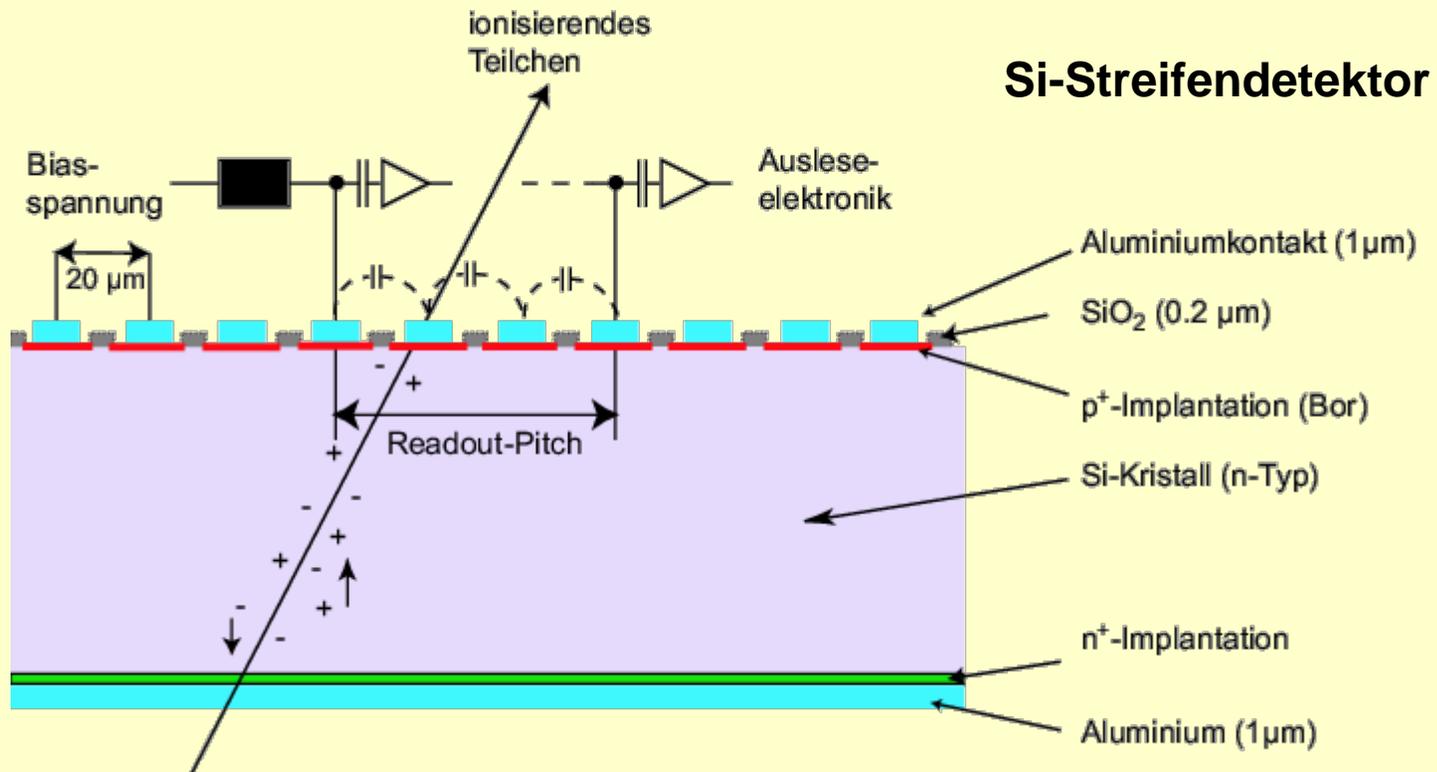
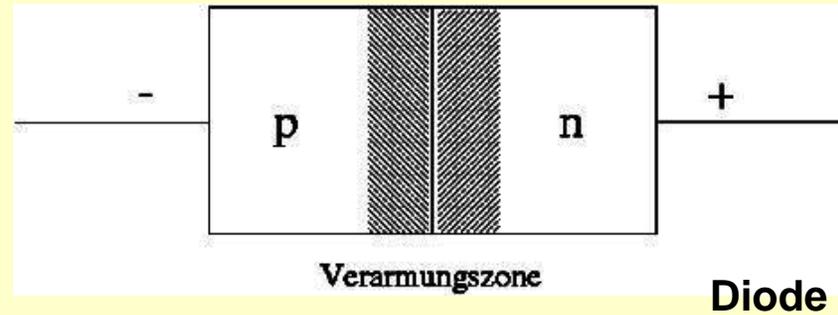


G.Charpak, Nobelpreis 1992

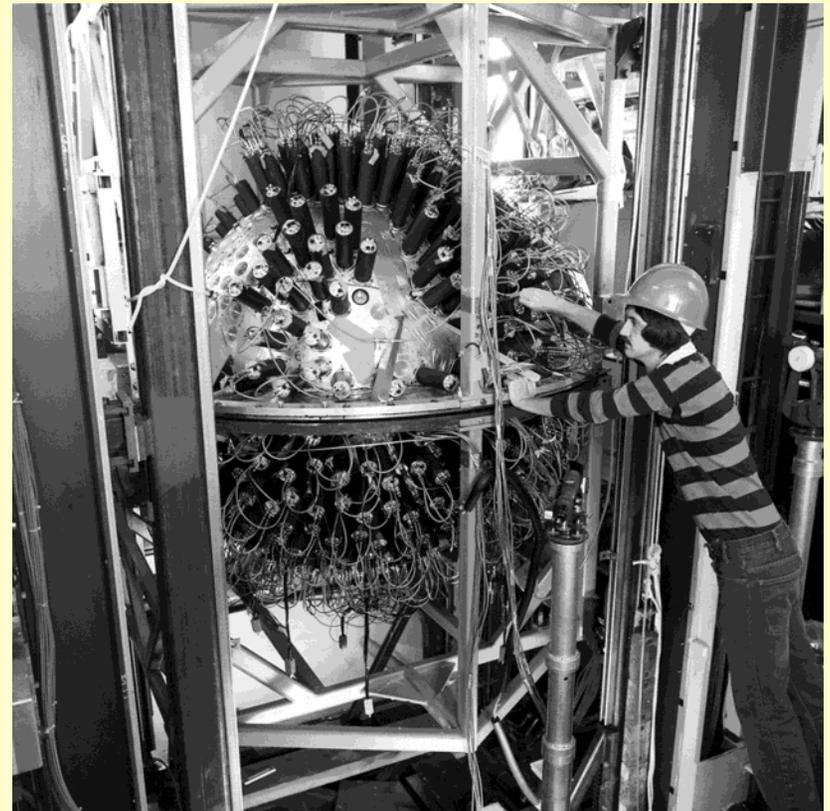
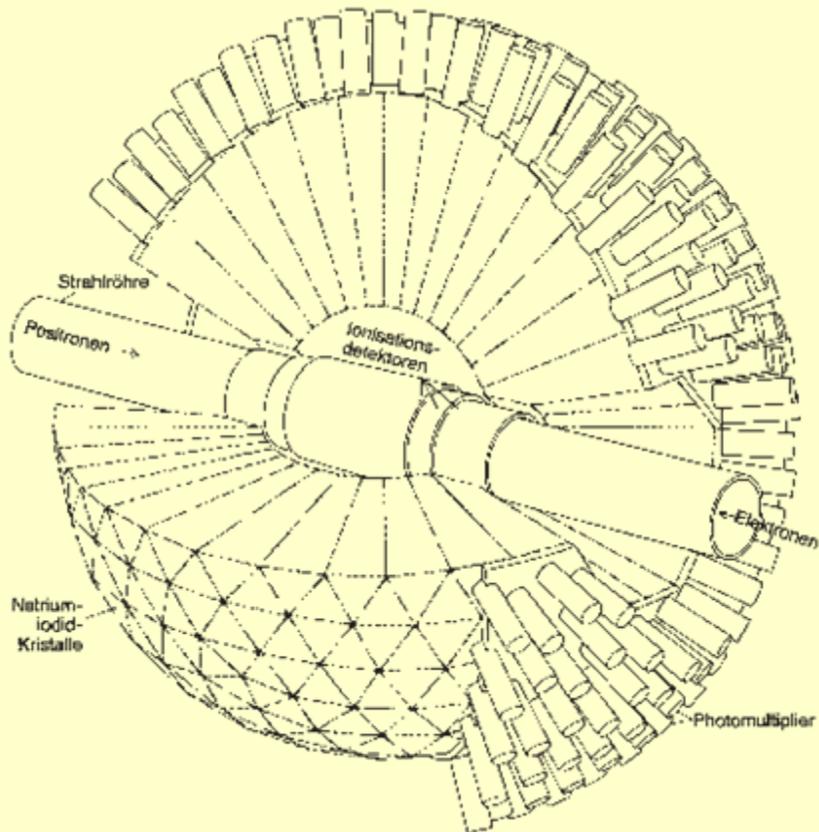
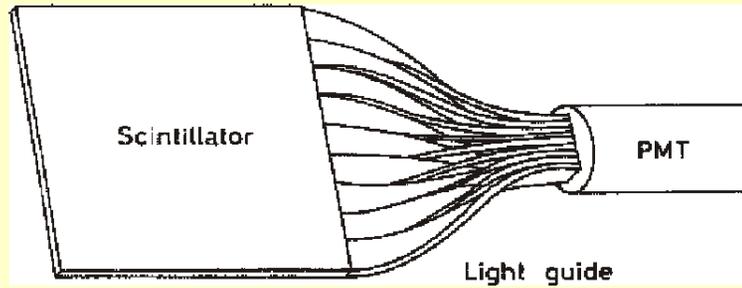
Elektronische Auslese!

Große Kanalzahlen möglich durch integrierte Schaltungen

# Halbleiterdetektor



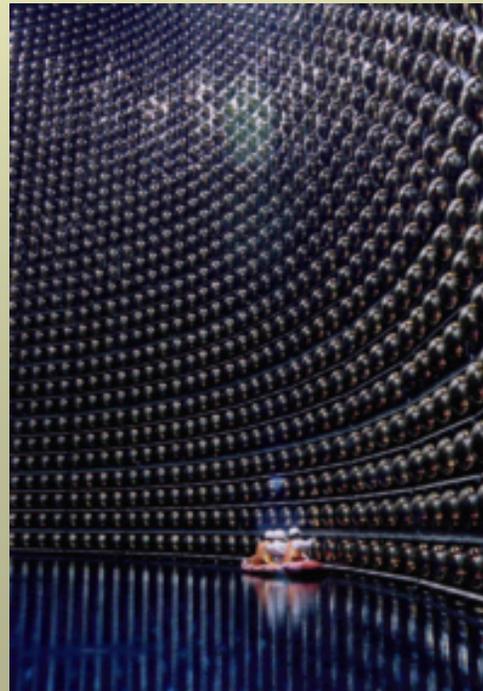
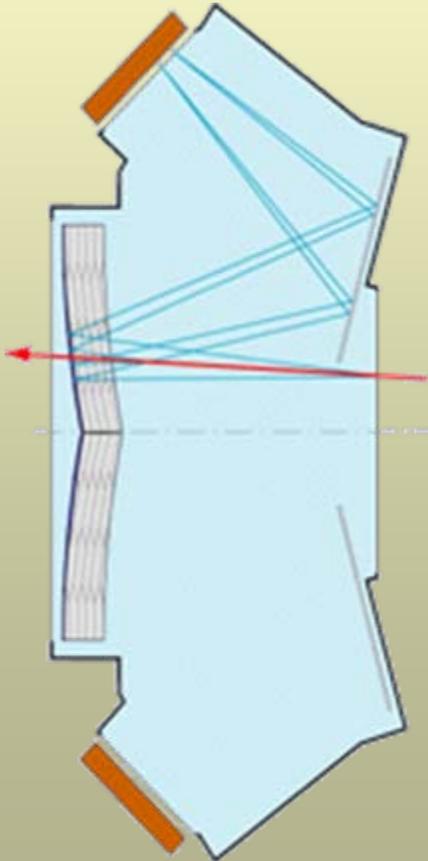
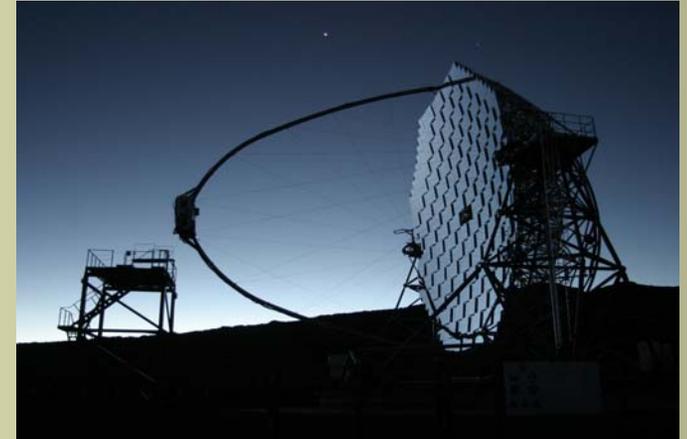
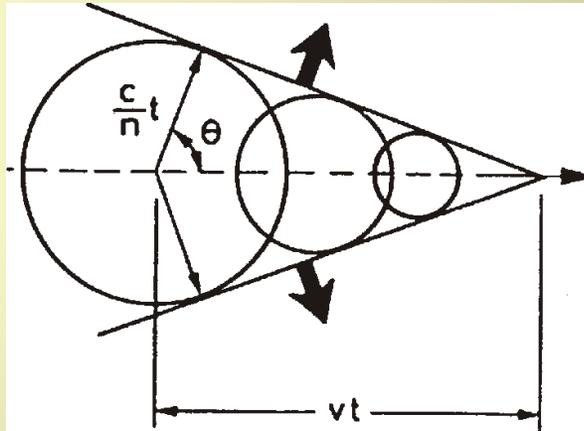
# Szintillationszähler



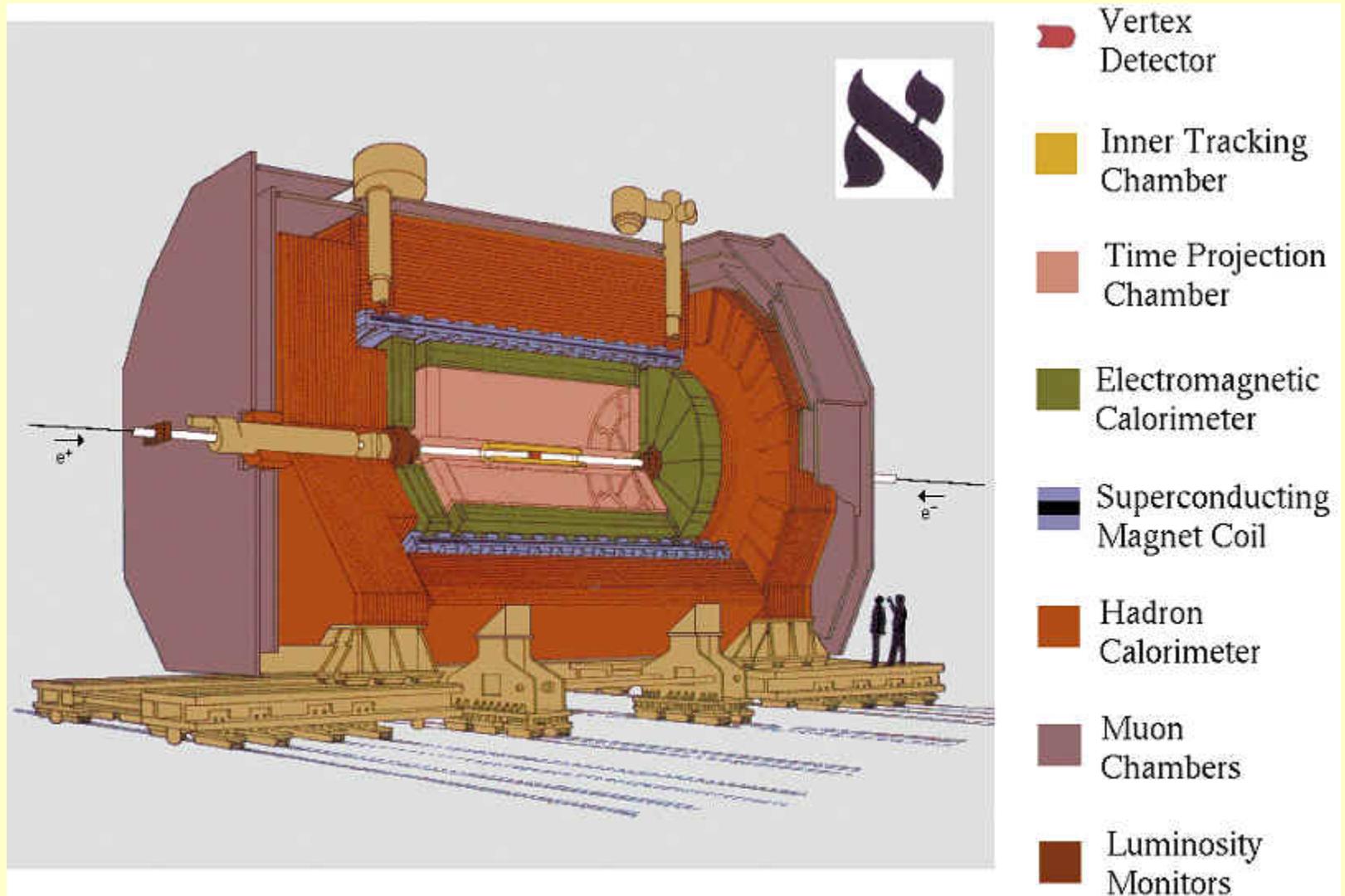


Pavel A. Cherenkov  
Nobelpreis 1958

# Cherenkov-Detektor

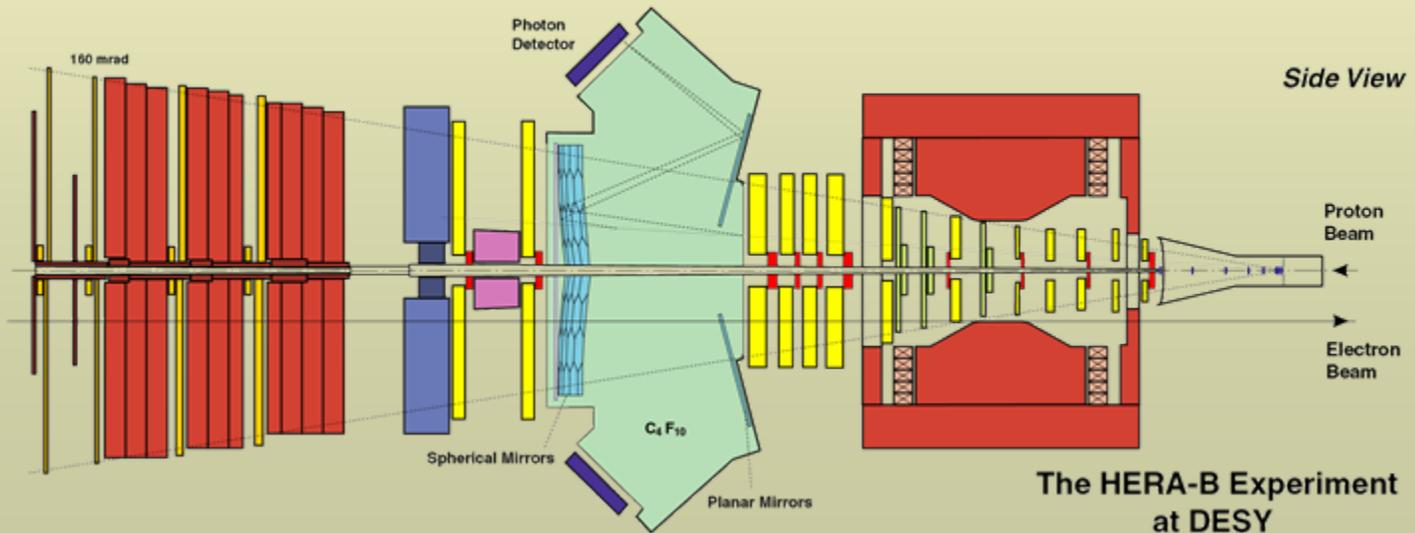
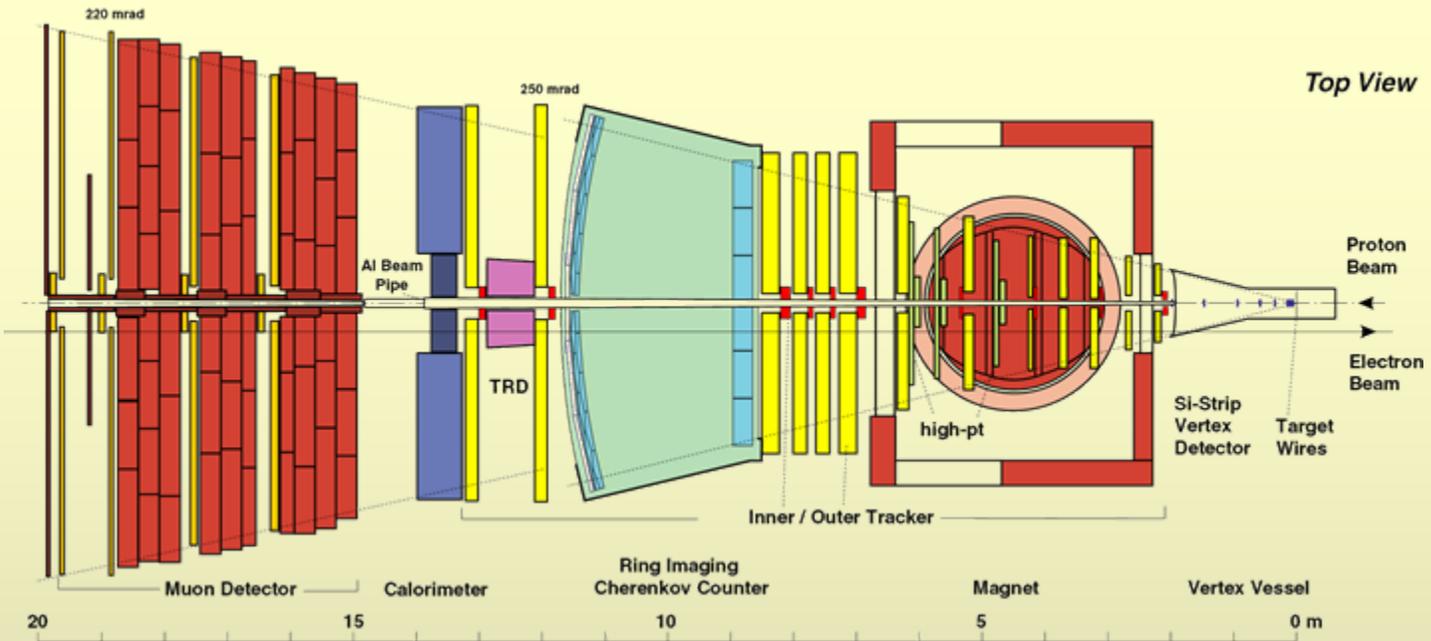


# ALEPH-Detektor (Collider-Detektor)

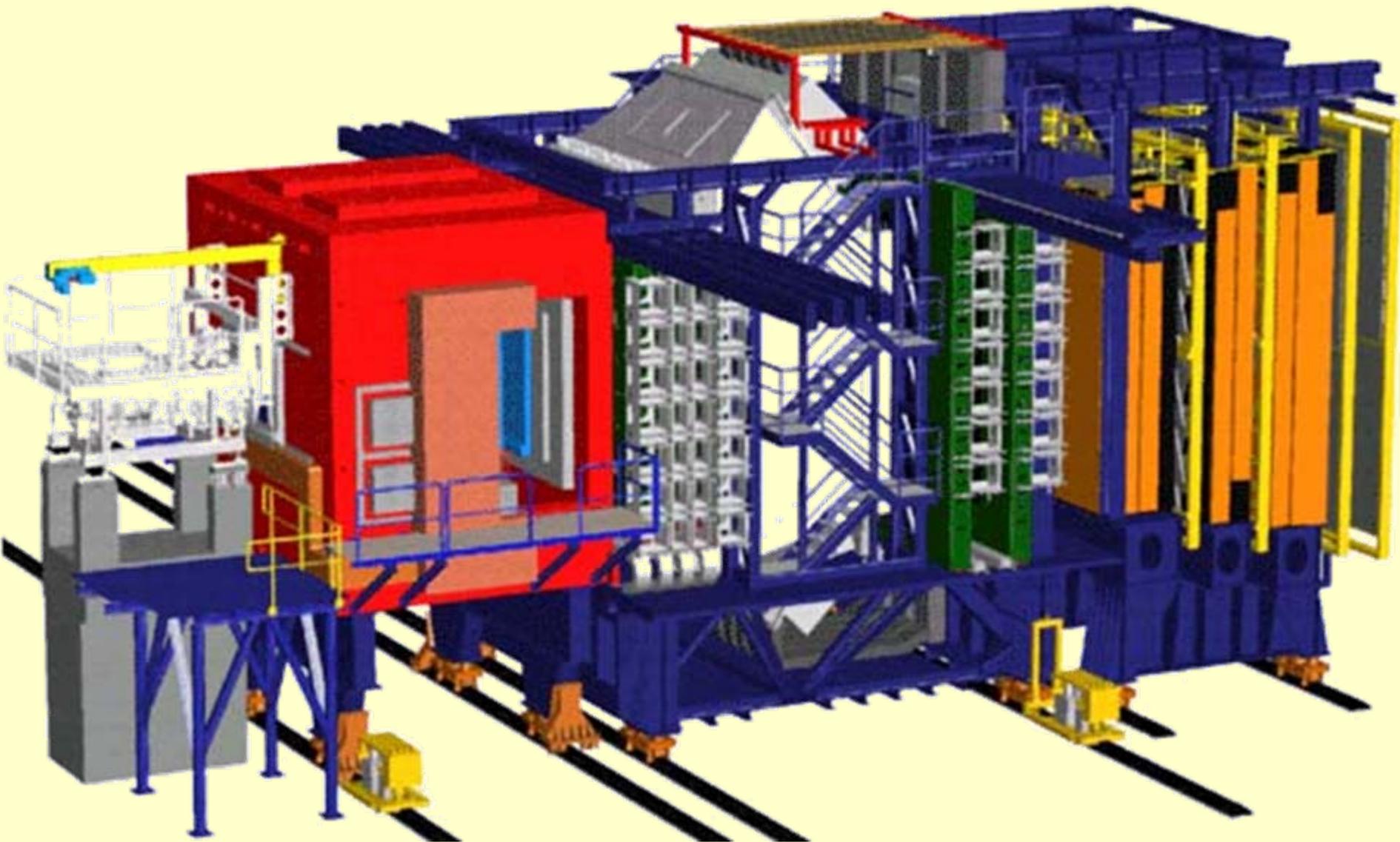


**The ALEPH Detector**

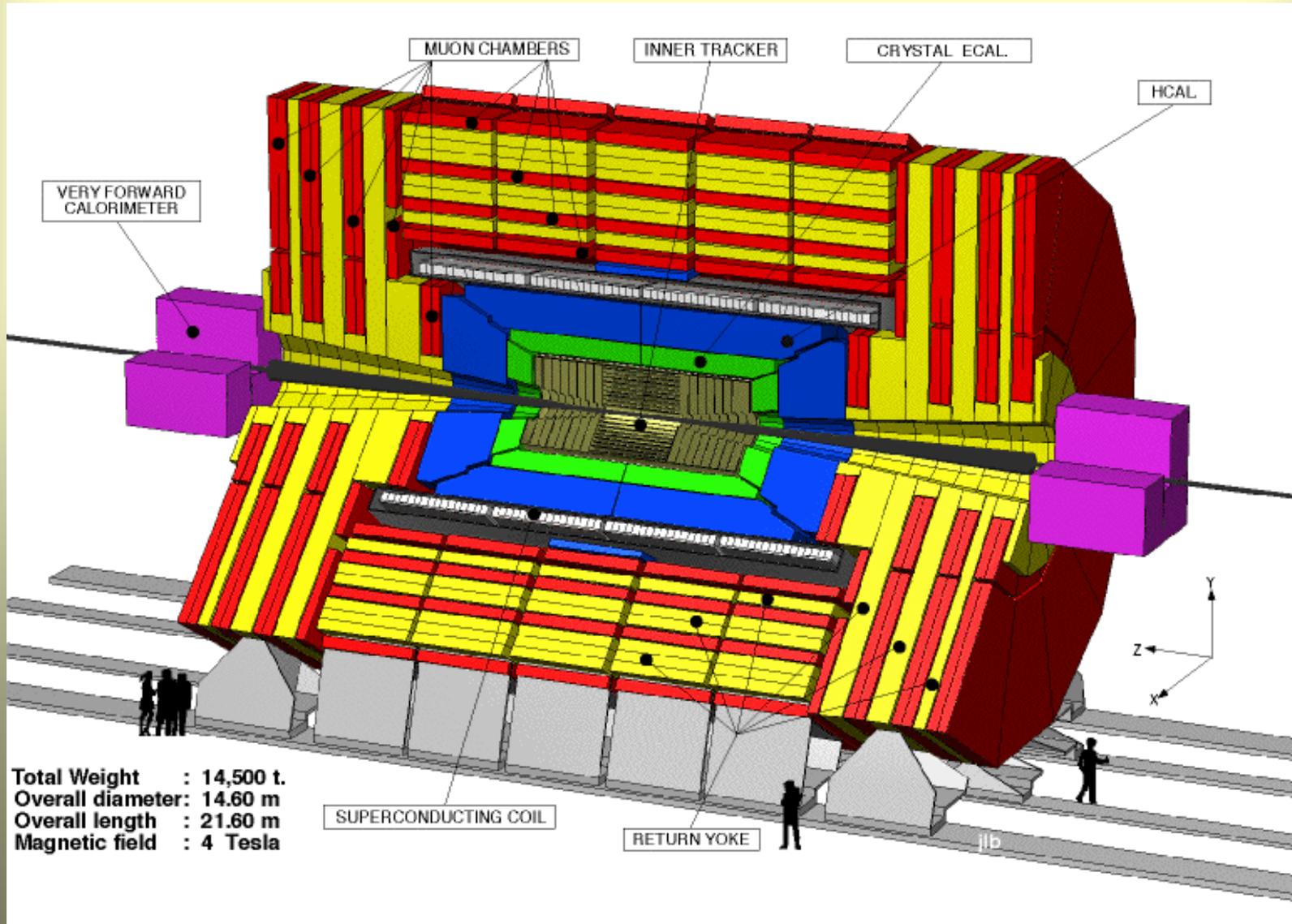
# HERA-B-Detektor (fixed target)



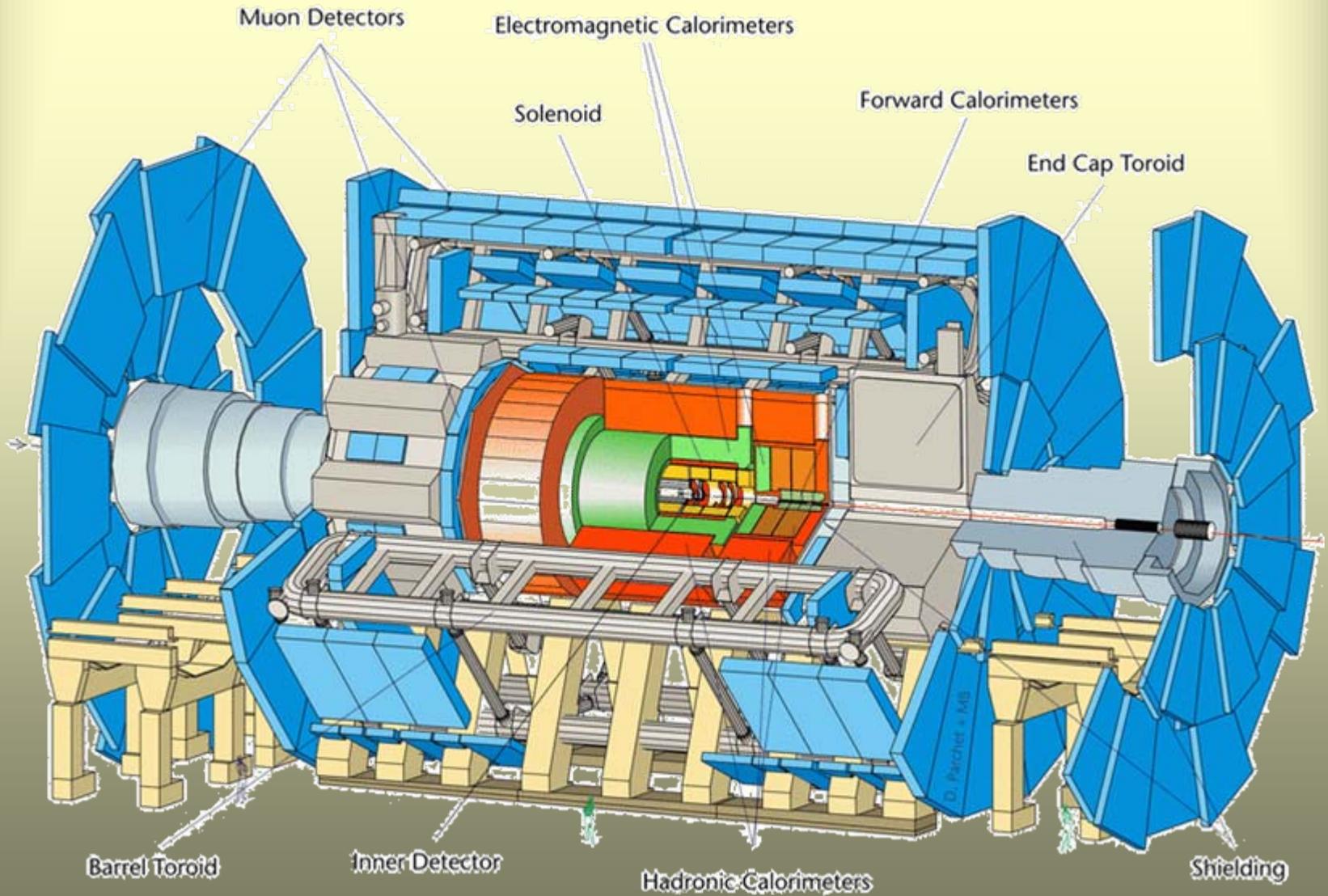
# HERA-B-Detektor (fixed target)



# CMS-Detektor am LHC



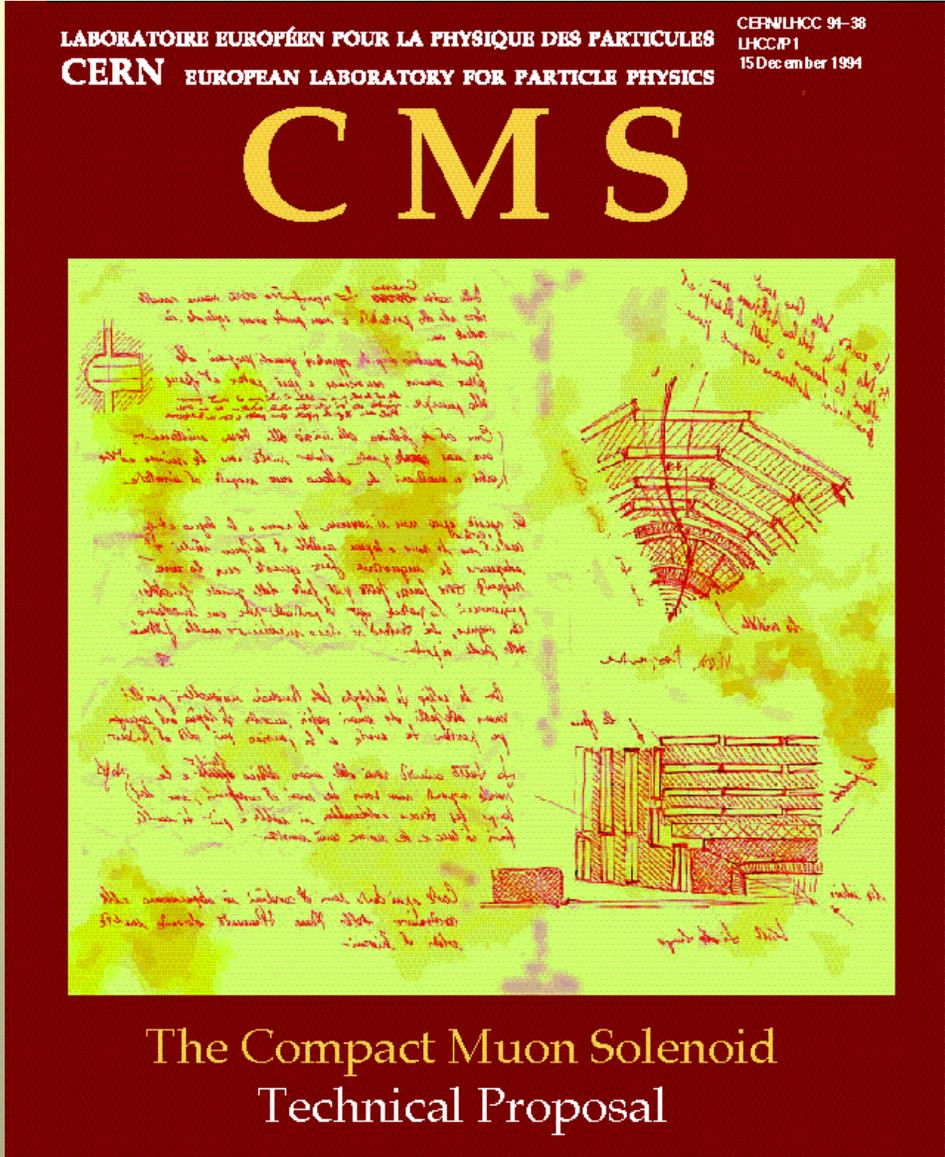
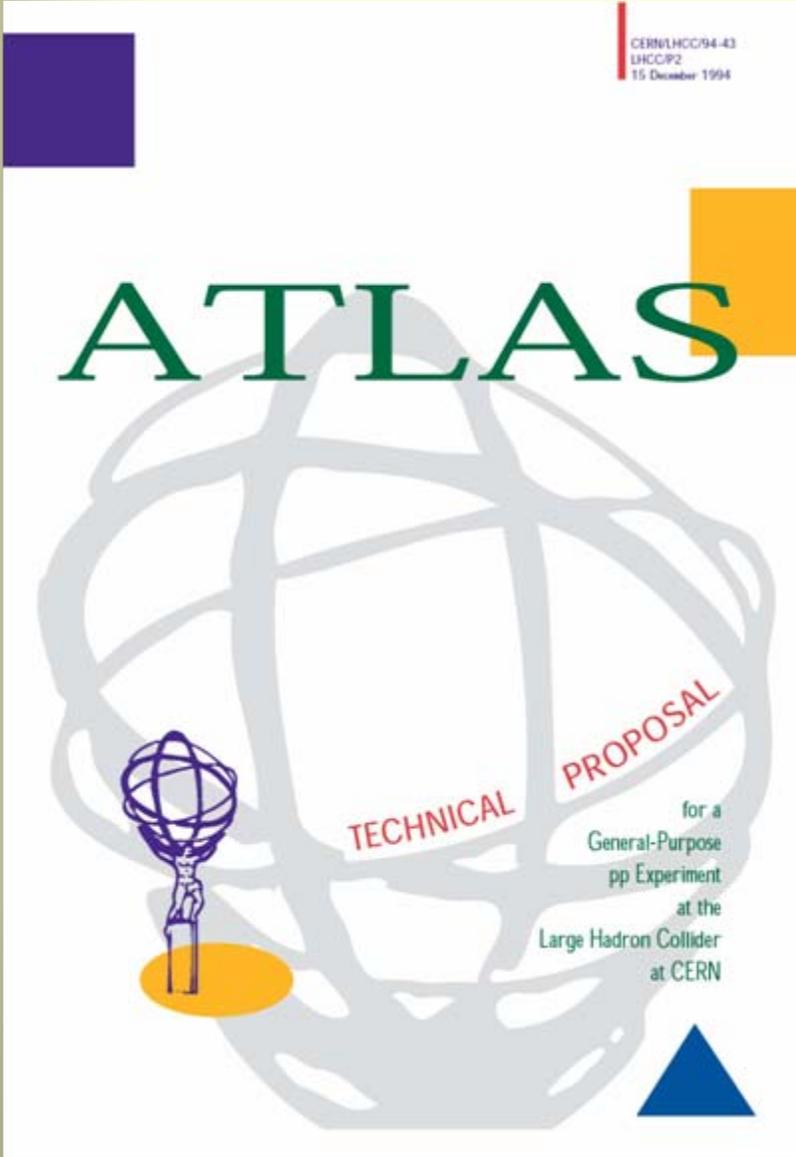
# ATLAS-Detektor am LHC



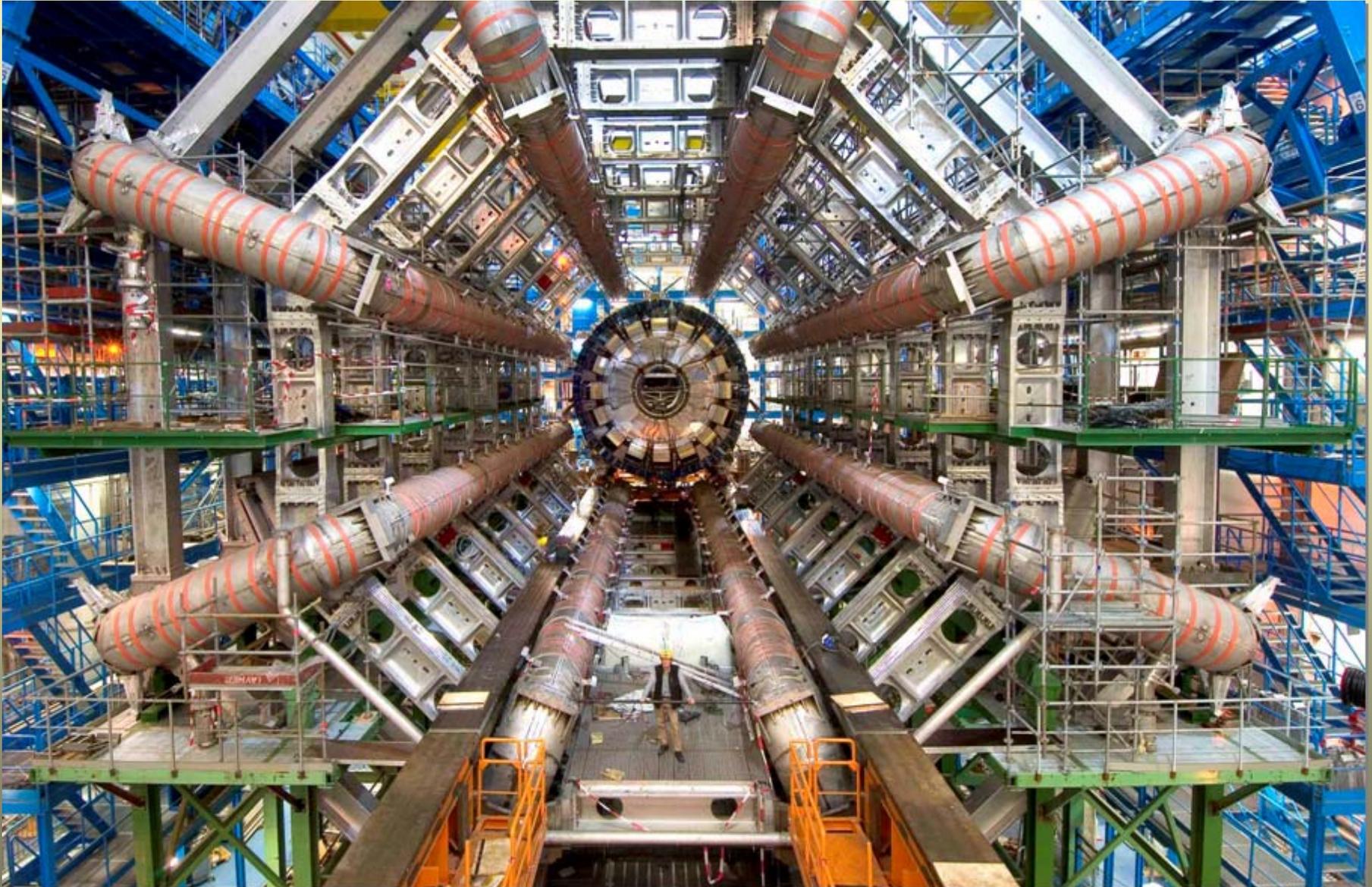
# Anforderungen an einen Detektor, Gütekriterien

- Wenig Störung des zu messenden Prozesses
- Hohe Akzeptanz und Nachweiswahrscheinlichkeit, 'Hermetizität'
- Gute Auflösung (Energie, Impuls, Winkel, .... ), 'Granularität'
- Elektronik und Signalverarbeitung: schnell, totzeit-frei
- Online-Steuerung und -Kontrolle; Fehlerdiagnostik
- Kosten: Kompromisse oder clevere Ideen

# ATLAS und CMS 'Technical Proposal'



# Toroidmagnet



# Der Weg zu einem Detektor

1. Die **Physik**, die gute Idee, ....
2. Wie, wo, womit ist die **Idee** realisierbar?
3. **Überzeugung** Anderer
4. Schreibe eine Absichtserklärung ('**Letter of Intent**'),
5. Begutachtung durch **Expertenkommission**,
6. Falls positiv: suche Kollaboranten, Mitarbeiter, ...
7. Schreibe ein '**Technical Proposal**'
8. Falls akzeptiert, ist eine wesentliche Hürde genommen.
9. Bringe eine **Kollaboration** zusammen
10. Beantrage **Gelder**
11. Beginne **Detektorentwicklung**
12. Schreibe '**Technical Design Report**'
13. Baue **Prototyp**-Detektorkomponenten
14. **Detektorbau**
15. **Inbetriebnahme** des Detektors
16. 'Mache **Physik**' ..... schreibe Publikationen ..... fahre nach **Stockholm**

Dazwischen  
immer wieder Berichte  
an die Expertenkommission