

# Experimentell Partikelfysik

Hög energi - varför?

Partikelfysiklaboratorier

H1 experimentet vid HERA

DELPHI experimentet vid LEP

## Relationen mellan energi och rörelsemängd (för relativistiska partiklar)

$$E^2 = p^2 c^2 + m_0^2 c^4$$

där  $E$ : Partikelns energi  
 $p$ : Partikelns rörelsemängd  
 $m_0$ : Partikelns vilomassa  
 $c$ : Ljushastigheten =  $3.00 \cdot 10^8$  m/s  
 $h$ : Plancks konstant =  $6.27 \cdot 10^{-34}$  Js

## Relationen mellan våglängd och rörelsemängd

$$\lambda = \frac{h}{p}$$

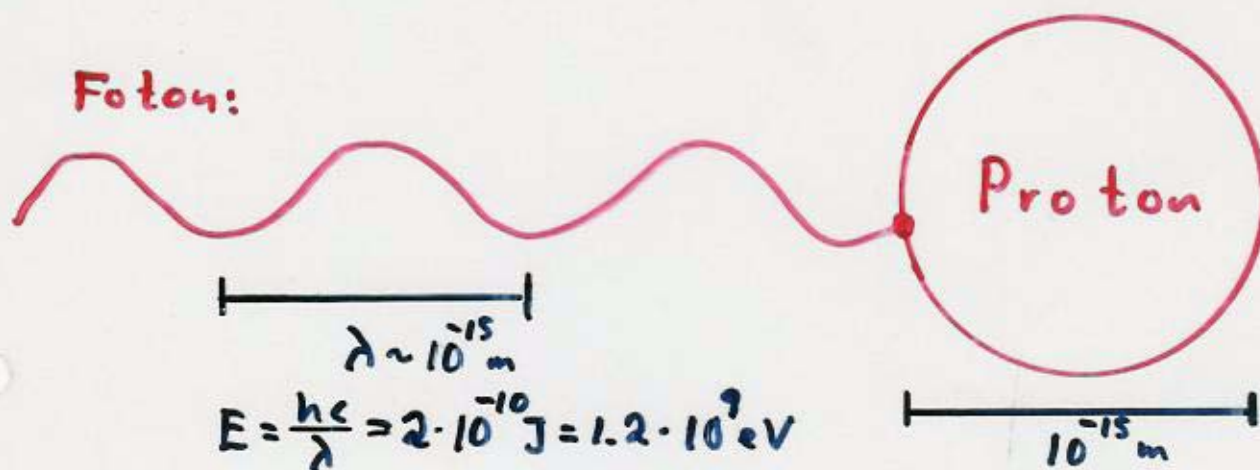
där  $\lambda$ : Partikelns de Broglie våglängd  
 $p$ : Partikelns rörelsemängd

### Fotonen:

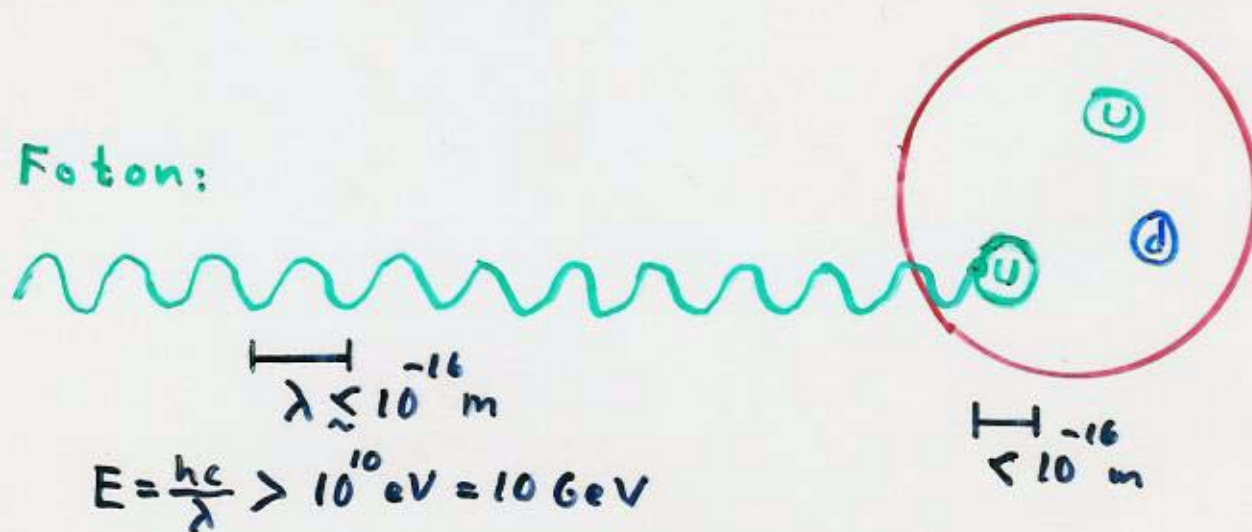
$$m_0 = 0 \quad \Rightarrow \quad E = pc$$

$$\begin{cases} E = pc \\ \lambda = \frac{h}{p} \end{cases} \quad \Rightarrow \quad E = \frac{hc}{\lambda}$$

Om vi vill se ett litet objekt får inte ha en våglängd som är för stor (dvs en energi som är för liten):



**Foton:**



**Notera:**  $1 \text{ eV} = 1.602 \cdot 10^{-19} \text{ J}$

$10^3 \text{ eV} = 1 \text{ keV}$

$10^6 \text{ eV} = 1 \text{ MeV}$

$10^9 \text{ eV} = 1 \text{ GeV}$

$10^{12} \text{ eV} = 1 \text{ TeV}$

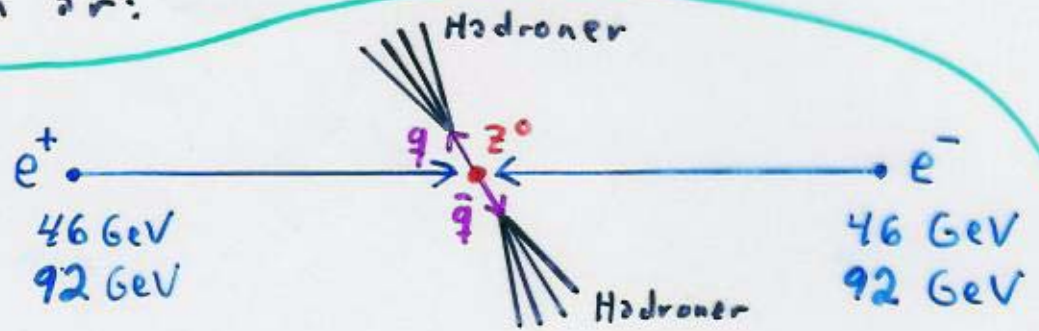


# Partikel fysik laboratorier

<u>Laboratorium</u>	<u>Accelerator</u>	<u>Experimenttyp</u>	<u>Partiklar</u>	<u>Partikelenergi (GeV)</u>
CERN (Europa)	PS	fixed target	p	28
	SPS	fixed target	p	450
	(S $\bar{p}$ pS)	collider	p, $\bar{p}$	450, 450
	LEP	collider	e <sup>+</sup> , e <sup>-</sup>	50, 50
	(LEP II LHC)	collider	e <sup>+</sup> , e <sup>-</sup> { p, p e <sup>-</sup> , p	100, 100 8000, 8000 50, 8000
DESY (Tyskland)	HERA	collider	e <sup>-</sup> , p	26, 820
Fermilab (USA)	Tevatron	{ fixed target collider	p p, $\bar{p}$	1000 1000, 1000
Stanford (USA)	SLAC	fixed target	e <sup>-</sup>	25
	PEP	collider	e <sup>+</sup> , e <sup>-</sup>	15, 15
	SLC	collider	e <sup>+</sup> , e <sup>-</sup>	50, 50
Brookhaven (USA)	AGS	fixed target	p	32
KEK (Japan)	KEK	fixed target	p	12
	Tristan	collider	e <sup>+</sup> , e <sup>-</sup>	32, 32
Serpukhov (Ryssland)	- (UNK)	fixed target collider	p p, $\bar{p}$	76 3000, 3000
<del>(SSC SSC collider p, p 20000, 20000)</del>				
! Pris ca 50-70 miljarder kronor !				

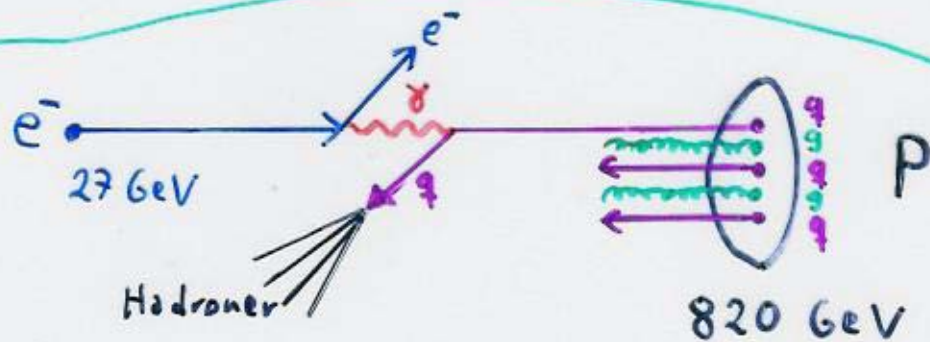
De tre störnämsta acceleratorerna  
i världen är:

1. LEP  
(Cern)



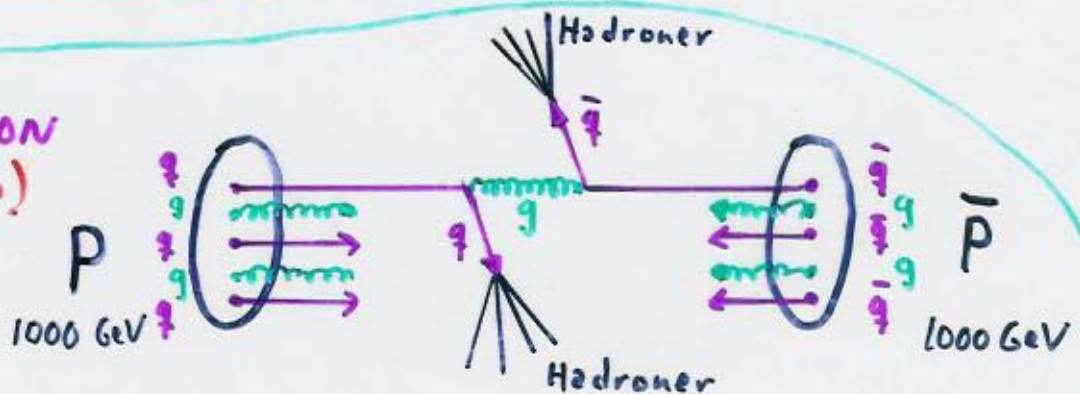
Längd = 27 km (4184 st magneter)  
Experiment = DELPHI, OPAL, ALEPH, L3

2. HERA  
(Desy)



Längd = 6 km (1650 st magneter)  
Experiment = H1, ZEUS

3. TEVATRON  
(FermiLab)



Längd = 6 km (990 st magneter)  
Experiment = CDF, DØ



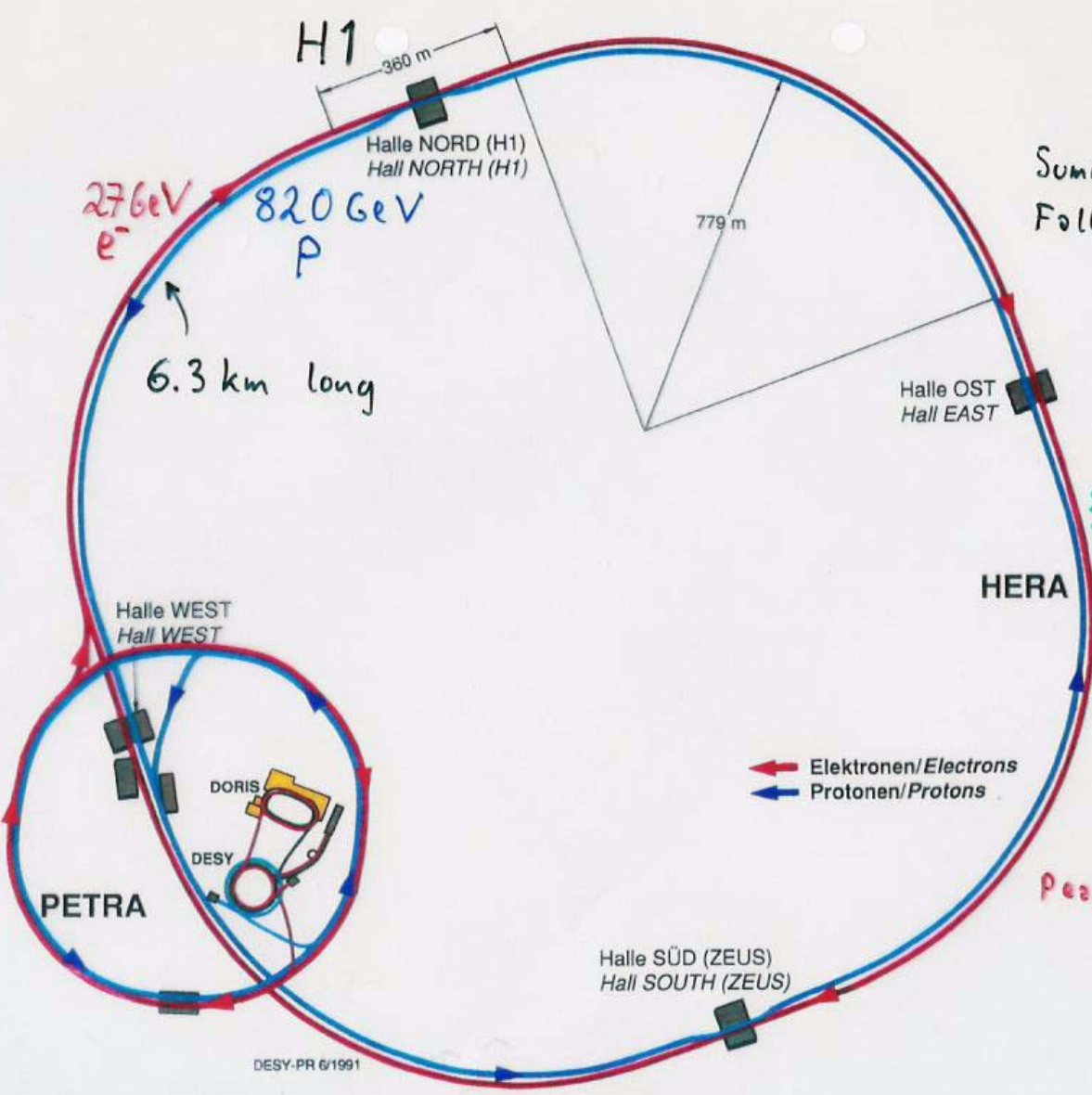
H1 experimentet  
vid  
HERA acceleratoren  
på  
DESY laboratoriet

Studiet av kollisioner mellan elektroner  
(med energin 27 GeV) och protoner (med  
energin 820 GeV).

⇒ Kollisionsenergin = 300 GeV







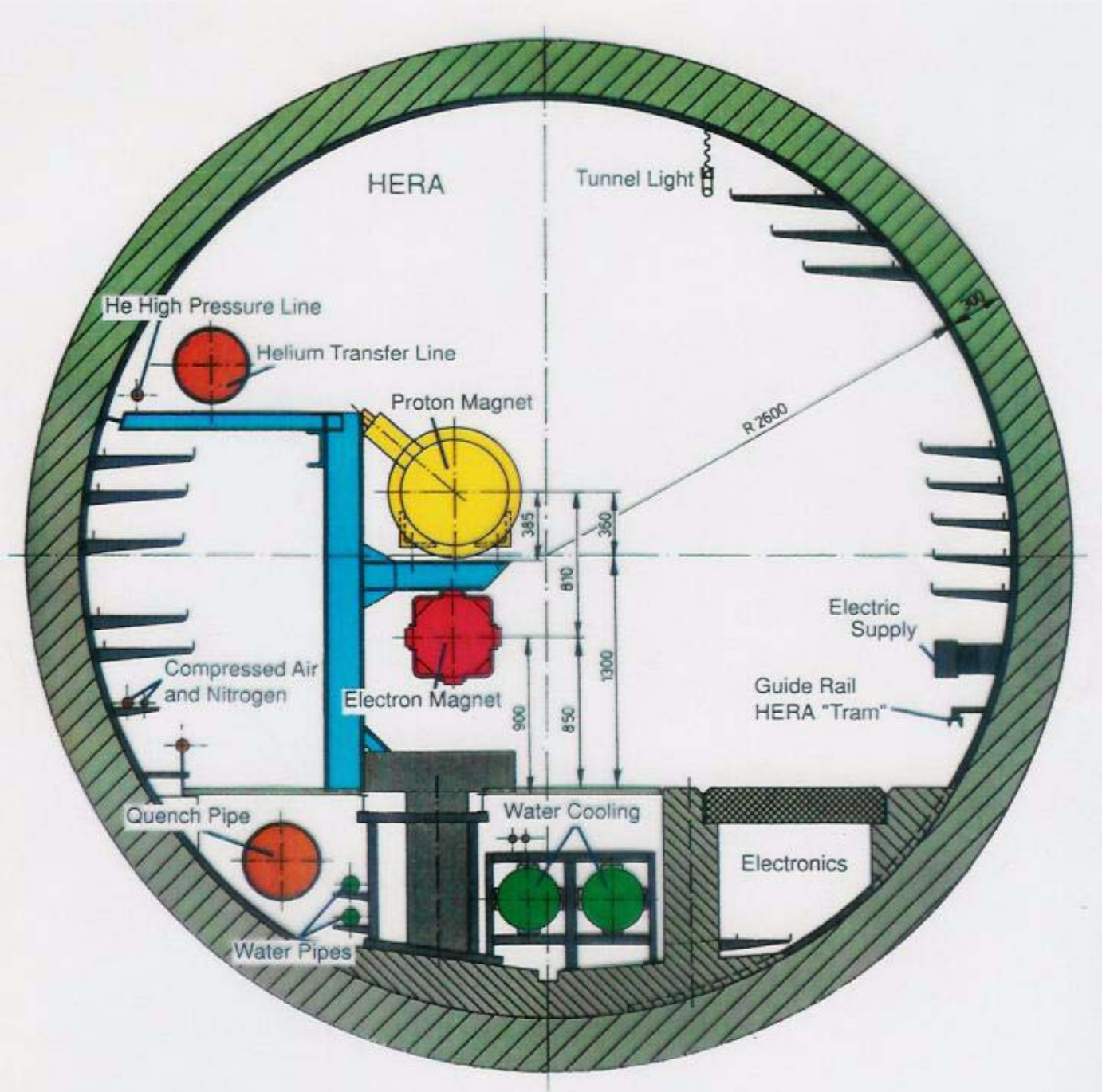
1992:  
 Summer run:  $\int L = 1.5 \text{ nb}^{-1}$   
 Fall run:  $\int L = 26.9 \text{ nb}^{-1}$

Peak Luminosity:  
 $\sim 2 \cdot 10^{29} \text{ cm}^{-2} \text{ s}^{-1}$   
 with 10 bunches

Design Luminosity:  
 $1.5 \cdot 10^{31} \text{ cm}^{-2} \text{ s}^{-1}$   
 with 210 bunches

1993:  
 $\int L = 998 \text{ nb}^{-1}$   
 Peak Lum. =  $1.5 \cdot 10^{30} \text{ cm}^{-2} \text{ s}^{-1}$   
 with 84 bunches





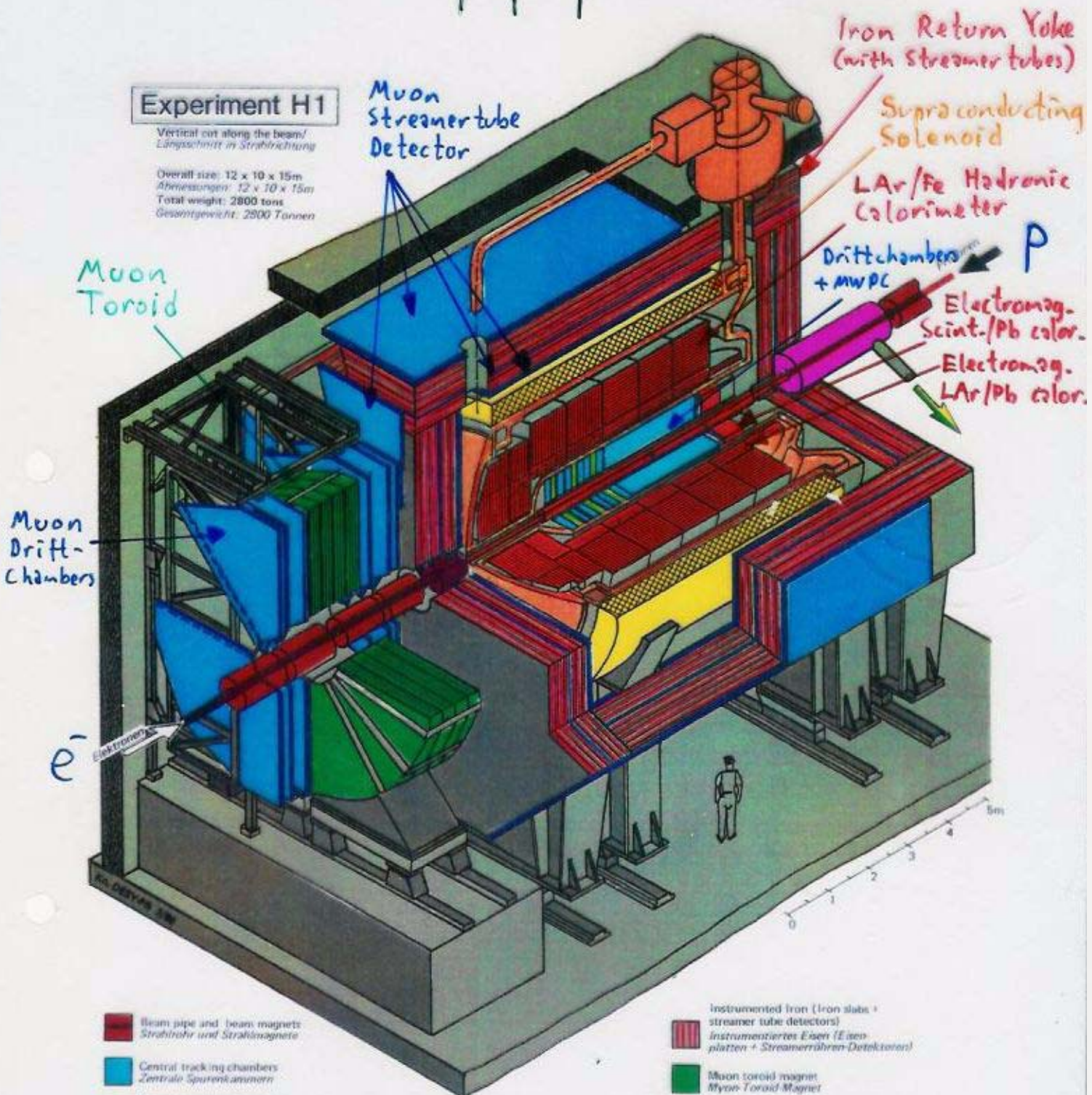




# H1

**Experiment H1**  
 Vertical cut along the beam/  
 Längsschnitt in Strahlrichtung

Overall size: 12 x 10 x 15m  
 Abmessungen: 12 x 10 x 15m  
 Total weight: 2800 tons  
 Gesamtgewicht: 2800 Tonnen



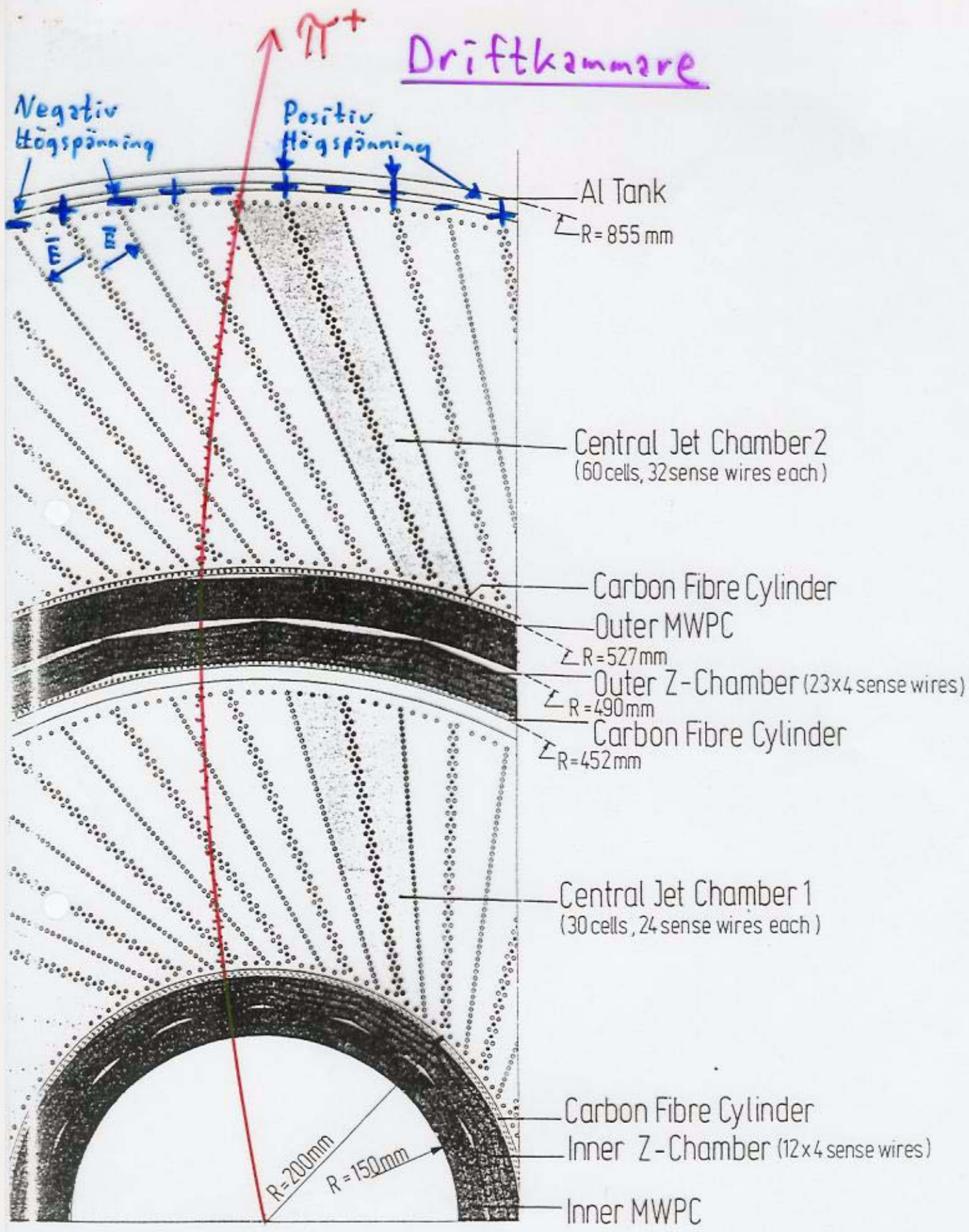
- Beam pipe and beam magnets  
Strahlrohr und Strahlmagnete
- Central tracking chambers  
Zentrale Spurenkammern
- Forward tracking chambers and transition radiators  
Vorwärtsspurenkammern und Übergangstrahlungsmodul
- Electromagnetic Calorimeter (lead)  
Elektromagnetisches Kalorimeter (Blei)
- Hadronic Calorimeter (stainless steel)  
Hadronisches Kalorimeter (Edelstahl)
- Superconducting coil (1.2 Tesla)  
Supraleitende Spule (1,2 Tesla)

Liquid Argon  
Flüssig Argon

- Compensating magnet  
Kompensationsmagnet
- Helium cryogenics  
Helium Kälteanlage
- Muon chambers  
Myon-Kammern

- Instrumented iron (Iron slabs + streamer tube detectors)  
instrumentiertes Eisen (Eisenplatten + Streamerröhren-Detektoren)
- Muon toroid magnet  
Myon-Toroid Magnet
- Warm electromagnetic calorimeter  
Warmes elektromagnetisches Kalorimeter
- Plug calorimeter (Cu,Si)  
Vorwärts-Kalorimeter
- Concrete shielding  
Betonabschirmung
- Liquid Argon cryostat  
Flüssig Argon Kryostat





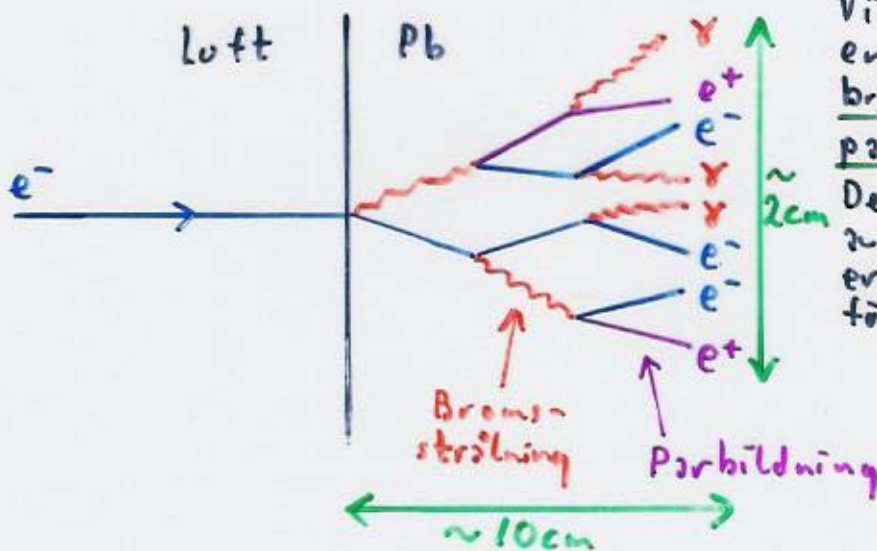
H1 Central Tracking Detectors



## Vad är en kalorimeter?

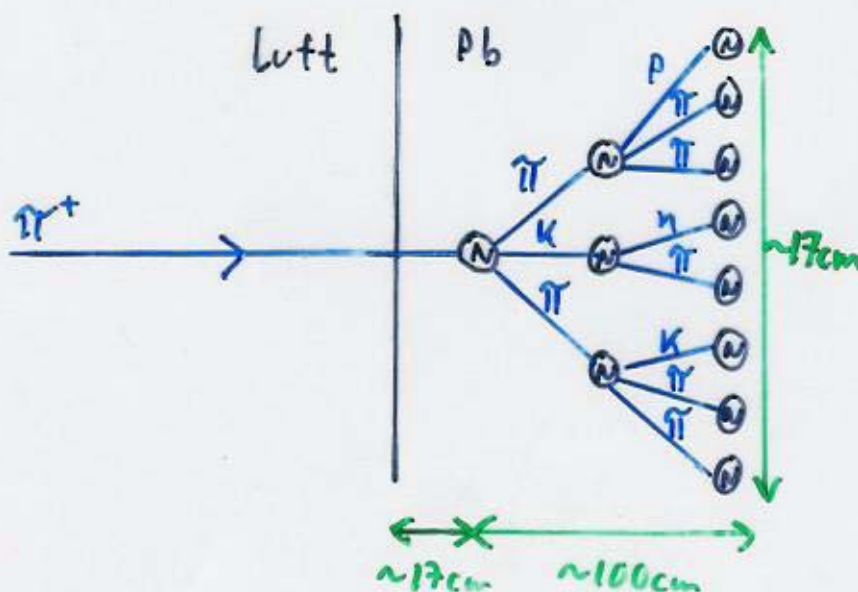
Svar: En detektor som mäter en partikels energi men som samtidigt förstör partikeln.

### Elektromagnetisk skur:



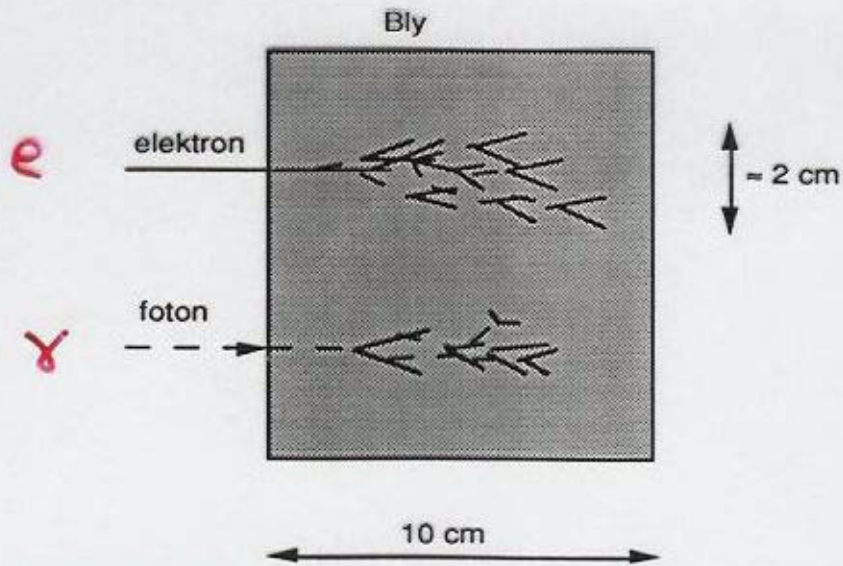
Vid höga energier kan en kedjereaktion av bromsstrålning och parbildning uppstå. Denna kedjereaktion avslutar när elektronernas energi blivit för låg.

### Hadronisk skur:

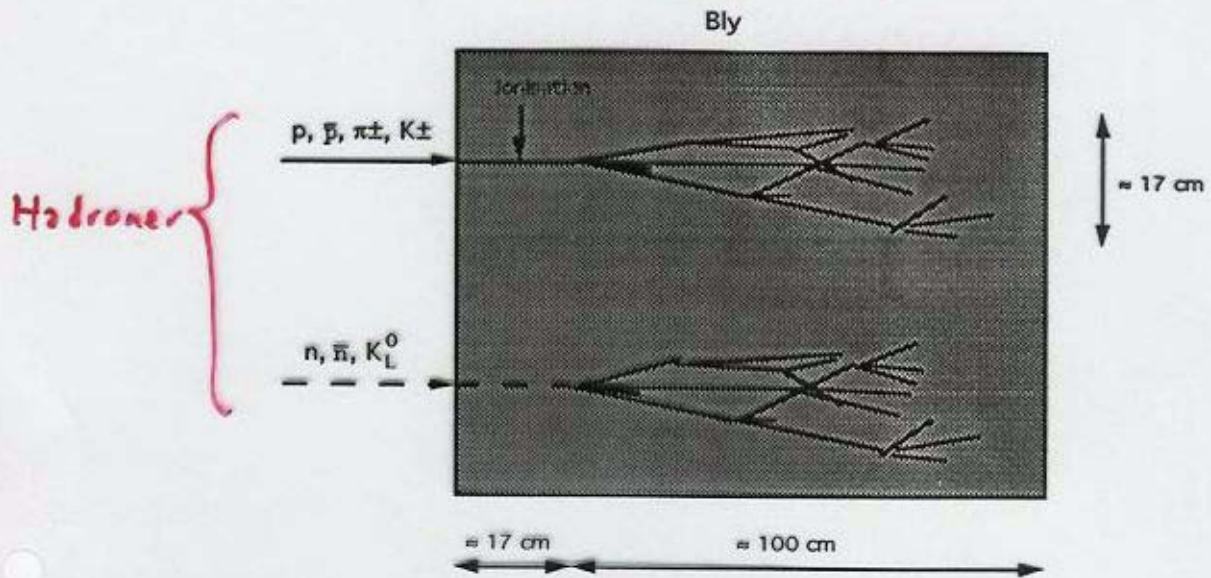


Vid höga energier kan en kedjereaktion av hadron-nukleon kollisioner äga rum. Kedjereaktionen avslutar när hadronernas energi blir för liten.

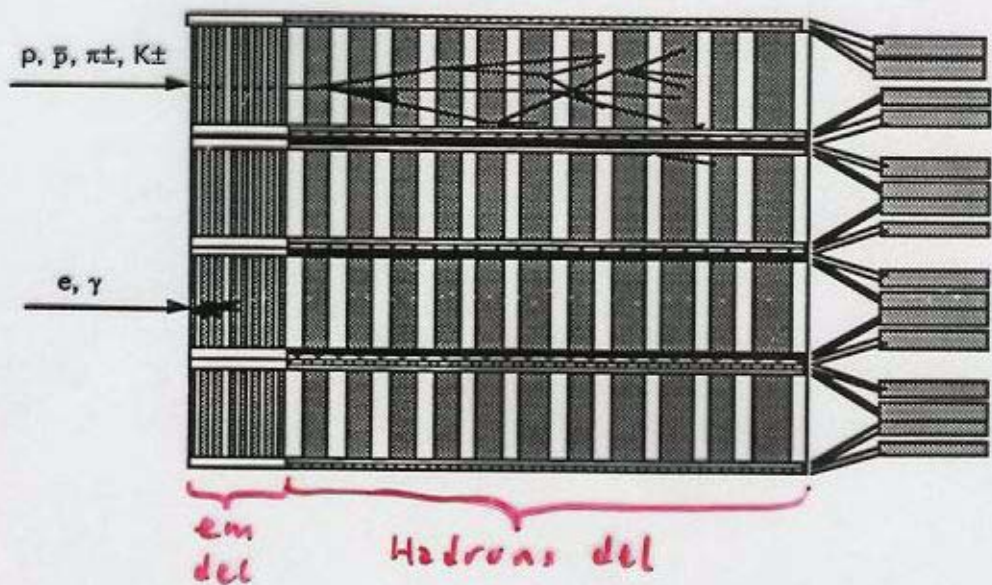
# Elektromagnetisk skur



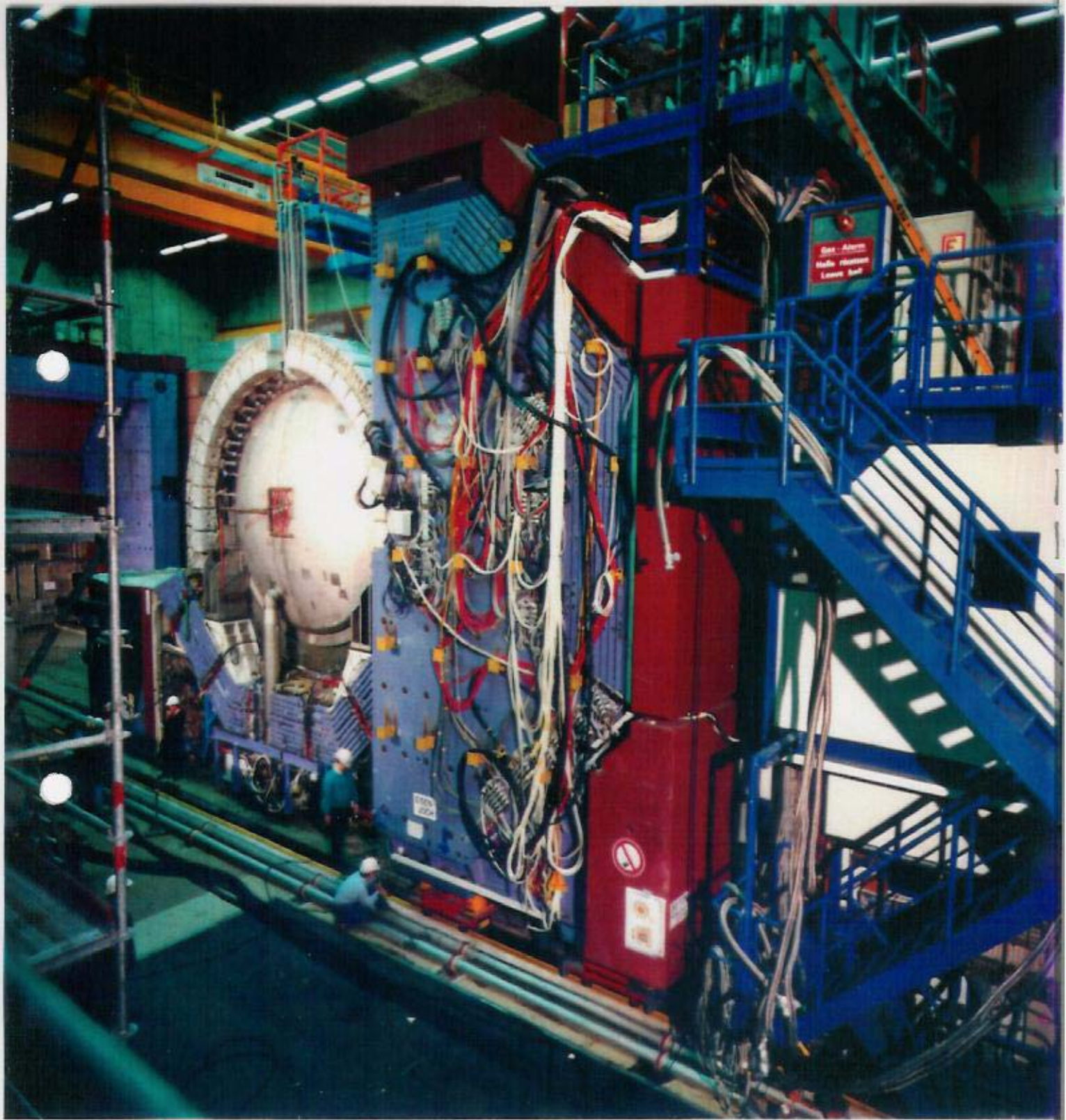
# Hadronisk skur



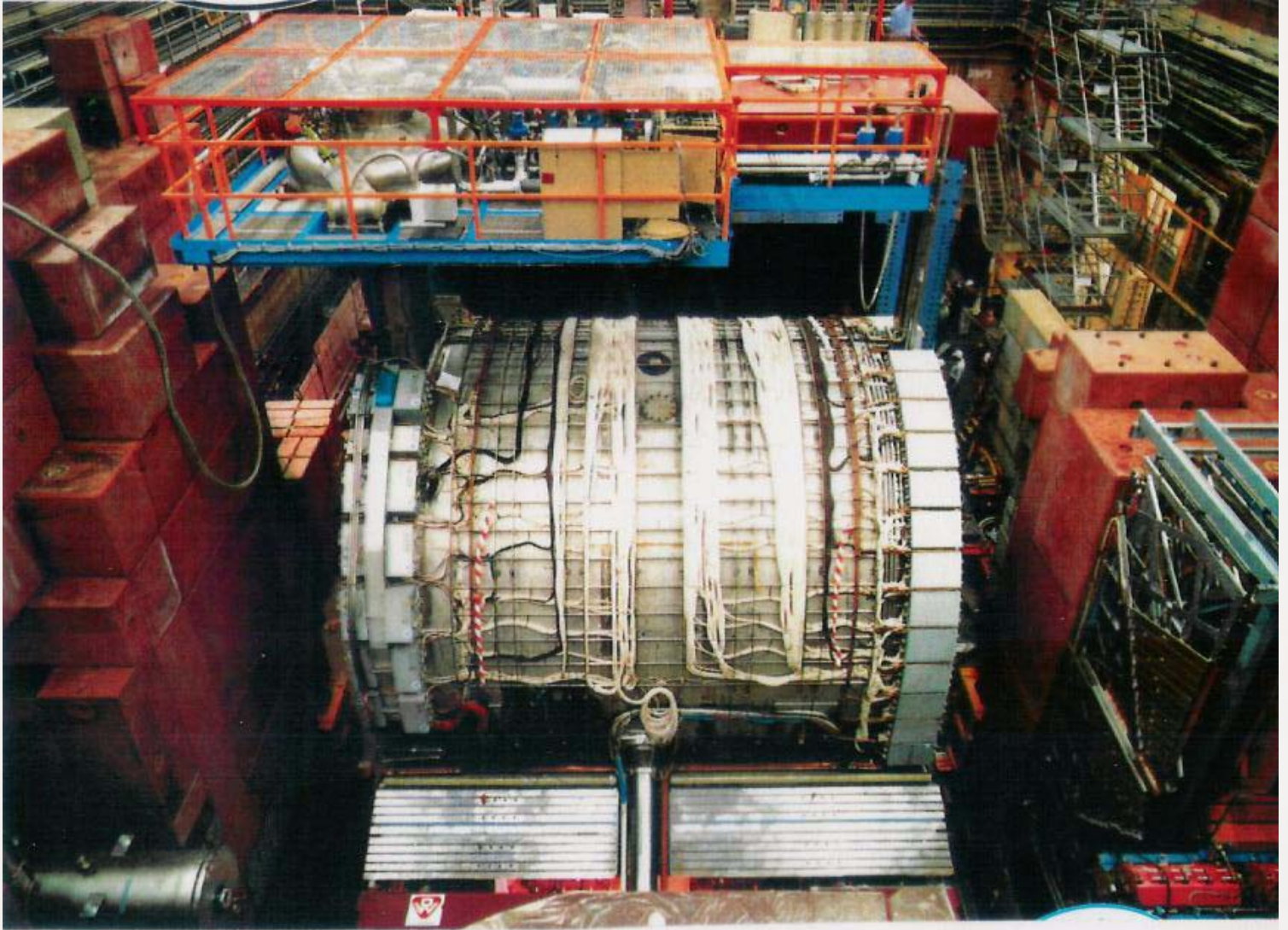
# Kalorimeter





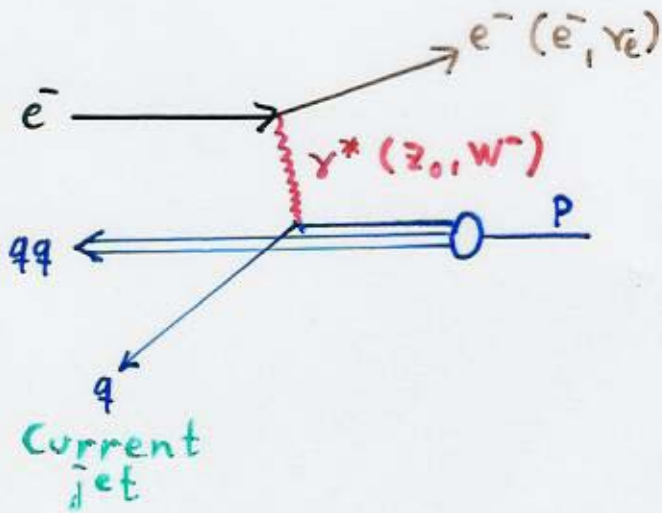
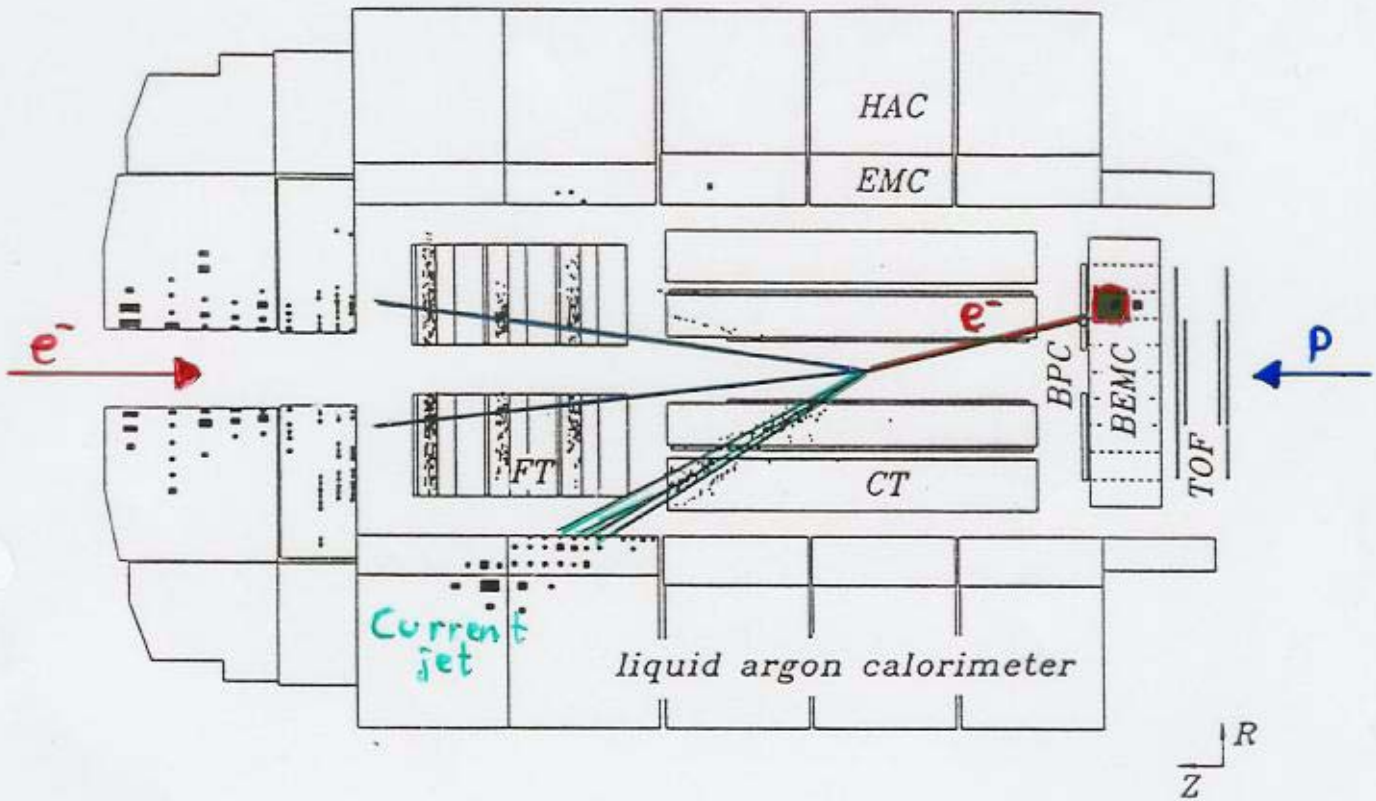








# DIS Event



$$\begin{cases} Q^2 \approx 40 \text{ GeV}^2 \\ x \approx 10^{-2} \\ W \approx 63 \text{ GeV} \end{cases}$$

