

Die Messung des Strahlprofils eines UV-Lasers

Krzysztof Komar

Universität Hamburg / DESY TPC Gruppe

Herbstschule für Hochenergiephysik

5-15 September, 2006

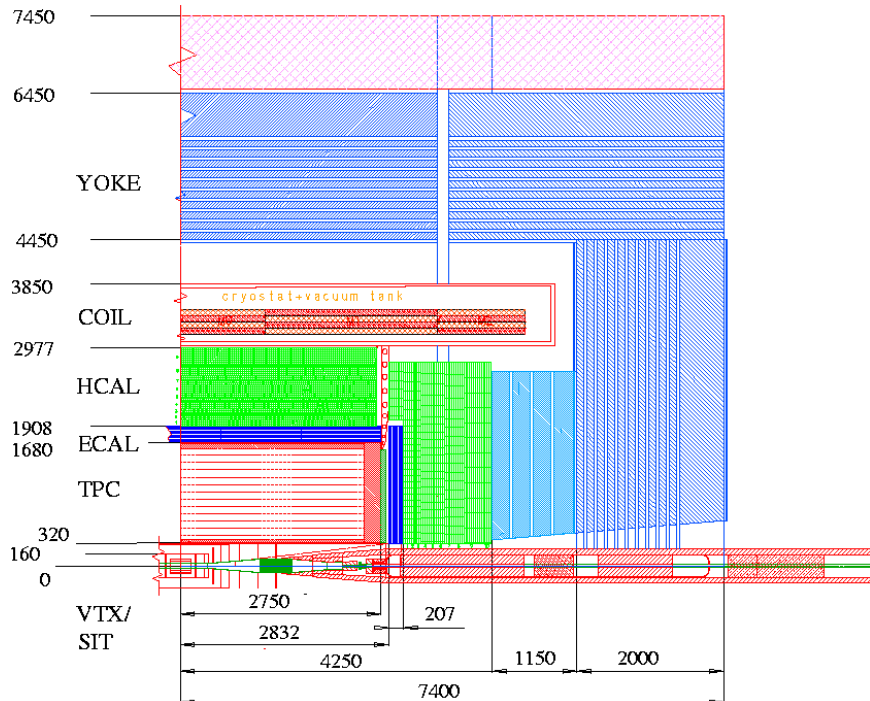
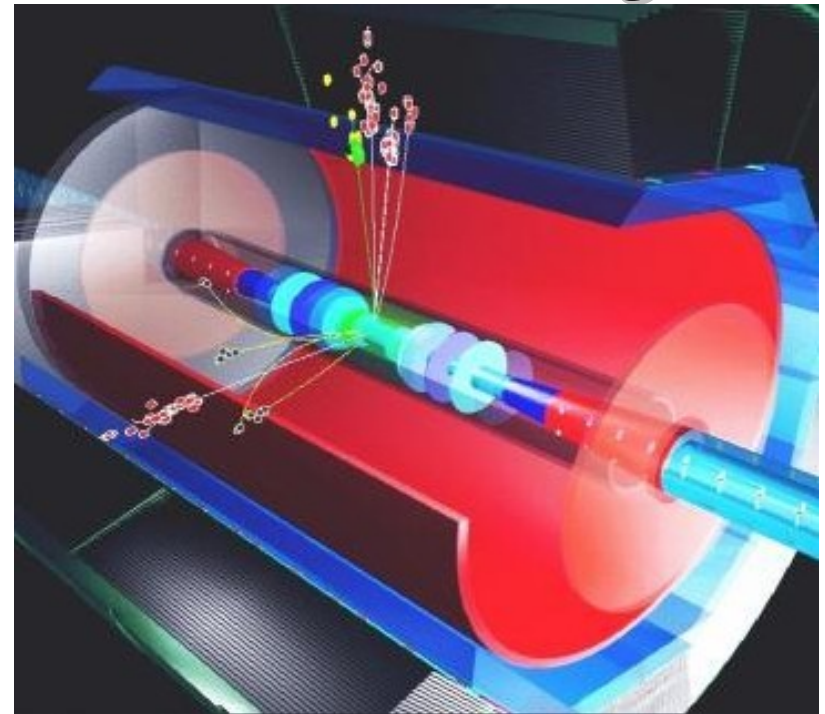
Maria Laach

Ein Detektor für einen Linearbeschleuniger

LC: e^+e^- Beschleuniger,

$$\sqrt{s} \leq 1 \text{ TeV}, L \leq 2,5 \cdot 10^{34} \text{ cm}^{-2}\text{s}^{-1}$$

Das LC-Detektor-Konzept optimiert für **Präzisionsmessungen**

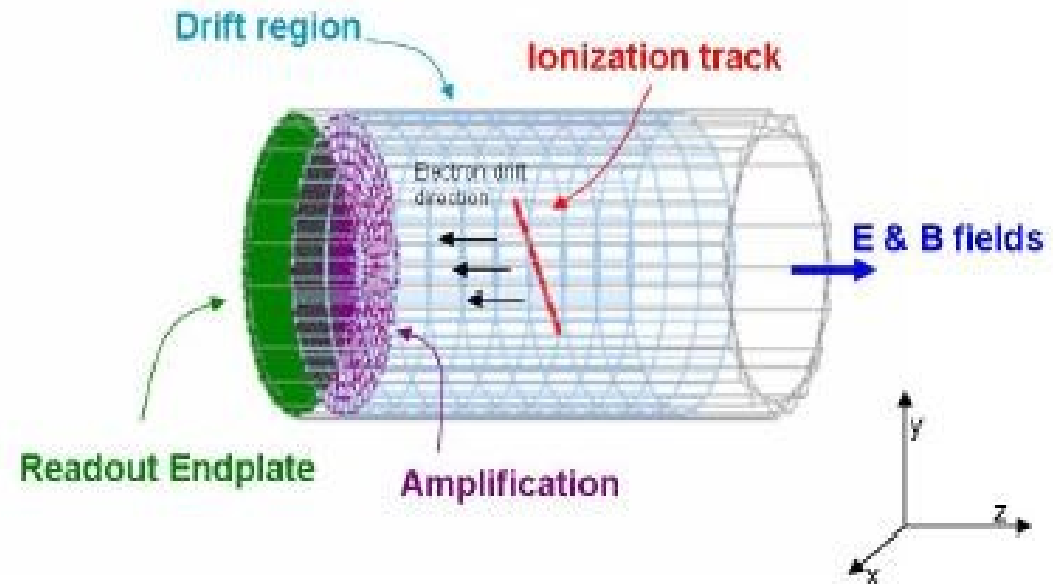


Die Rekonstruktion der Higgs Eigenschaften bedarf:

- Hohe Impulsauflösung
- Gute Teilchenidentifikation
- Hohe Auflösung der zentralen Spurkammer

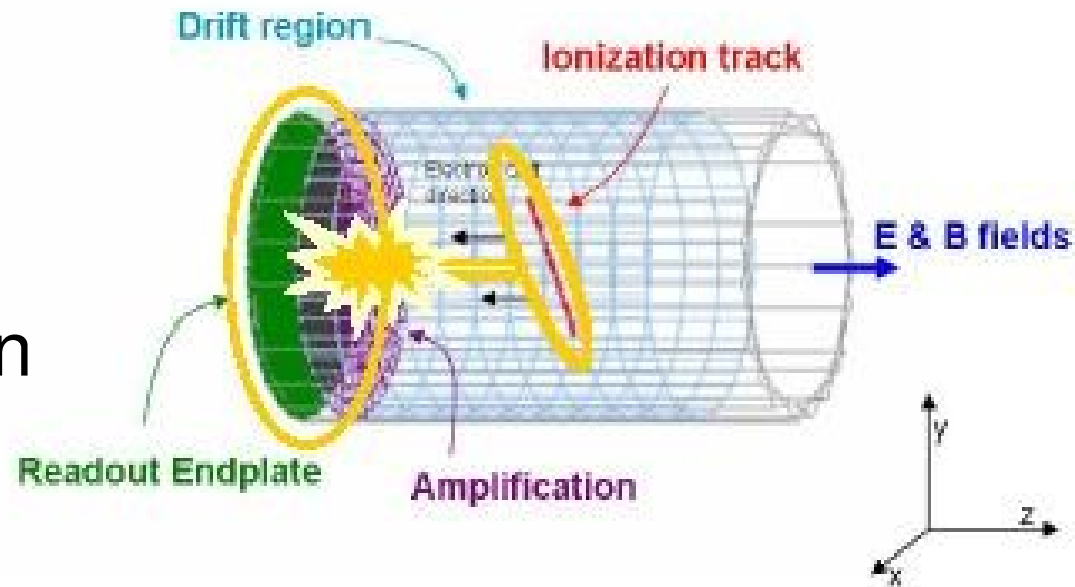
Was ist ein TPC – die Zeitspurkammer

- Ein gasausgefüllter Detektor
- Driftzone
- Verstärkungszone
- Auslesezone
- Elektrisches und magnetisches Feld verlaufen entlang z-Achse
- Elektrisches und magnetisches Feld müssen uniform sein



Was ist ein TPC – die Zeitspurkammer

- Geladenes Teilchen ionisiert Atome im Gas
- Elektronen driften in Gegenwart von ein elektrisches Feld in Richtung Verstärkungszone
- Anzahl der Elektronen steigt wegen Avalanche-Effekt
- Die Ladung sammelt sich am Pads am Ausleseendplatte



Zeit-Projektions-Kammer (TPC)

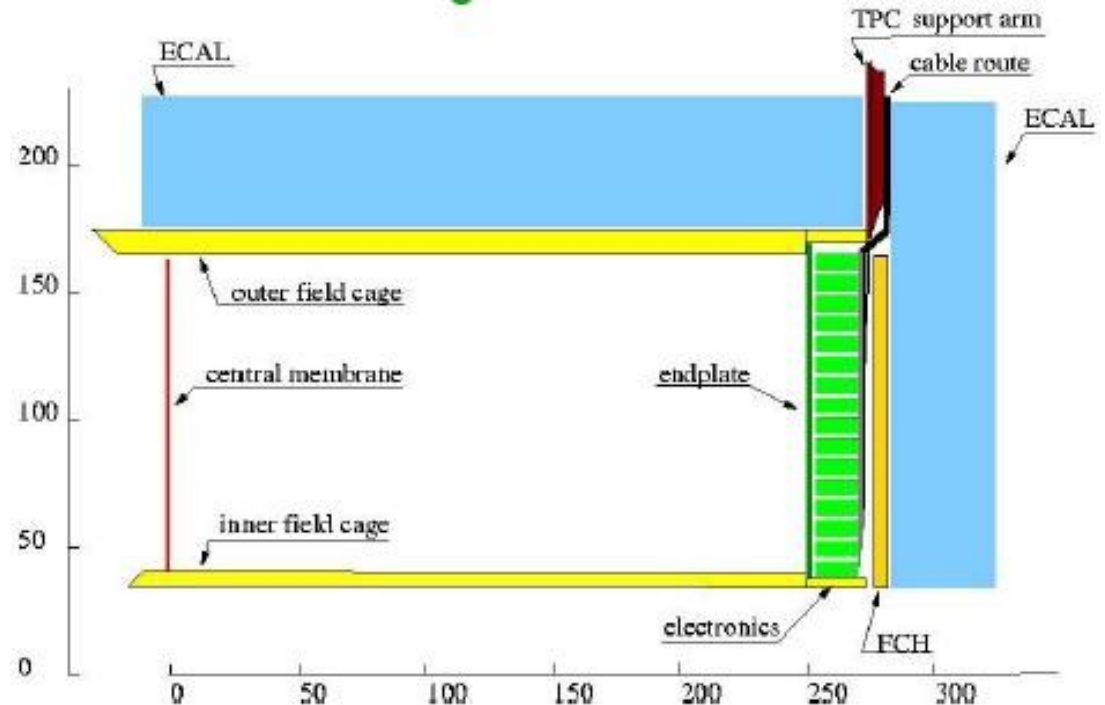
Eine TPC besteht aus einem großen gasgefüllten, zylindrischen Volumen mit minimalem “toten” Material, welches eine gute 3 – dim. Rekonstruktion und eine gute Teilchenidentifikation mittels dE/dx ermöglicht.

Zum Beispiel: ILC-TPC:

- Länge: $\sim 5\text{m}$,
- Durchmesser: $\sim 3\text{m}$,
- Magnetfeld: 4 T,
- Feldkäfig: $0,03 X_0$,
- $1,2 \cdot 10^6$ Kanäle,
- 200 Punkte pro Spur

Angestrebte Auflösung:

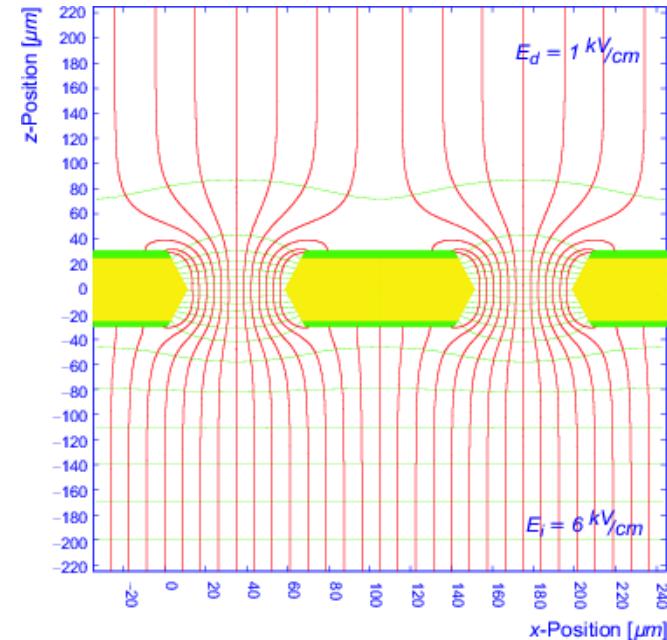
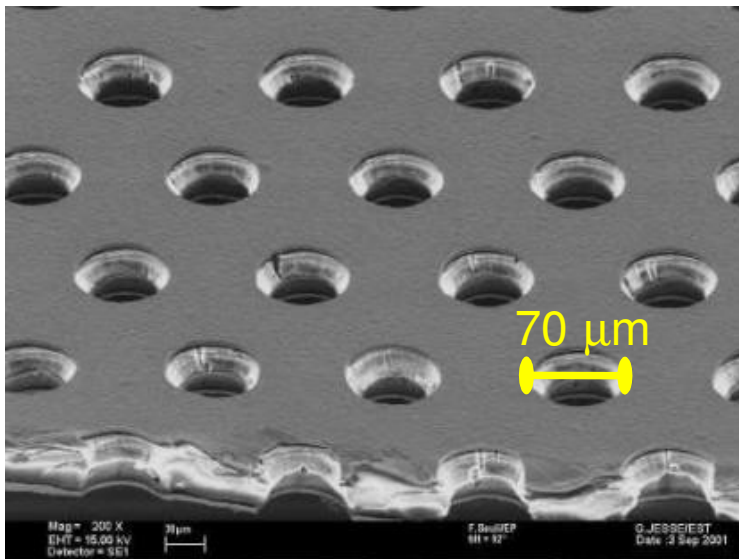
- Impulsauflösung: $\Delta p_t / p_t^2 = 1,5 \cdot 10^{-4} \text{ GeV}$ ($1/10 \cdot \text{LEP}$),
- Einzelpunktauflösung: $100 \mu\text{m}$,
- dE/dx Genauigkeit: 5%.



Gasverstärkungssystem - Gas Electron Multiplier (GEM)

- 50 μm dicke Kaptonfolie
- Beidseitige 5 μm Kupferschicht
- hexagonal angeordnete Lochstruktur $\varnothing 70 \mu\text{m}$,
140 μm Pitch

- Vorteile:
- Einfacher Bau,
 - Wenig Material,
 - gute Auflösung

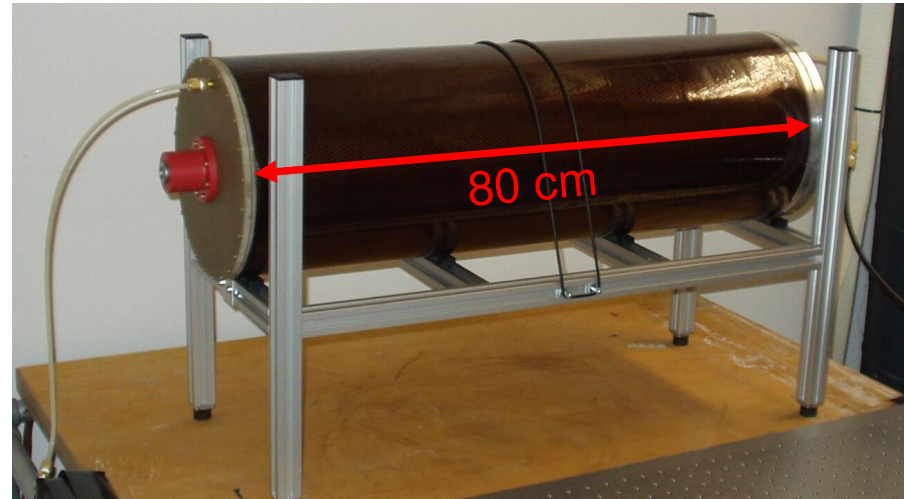


Mehrfach GEM-Struktur:

- Sicherer Betrieb
- Hohe Flexibilität zur Optimierung des Ladungstransfers

(Medi-) TPC Prototyp

- Länge 800 mm, \varnothing 260 mm
- Max. Driftlänge 670 mm
- Magnetisches Feld - max 5.3 T
- Verstärkungsstruktur:
 - 3 GEM - Turm, Verstärkung 10^4
 - $2.2 \times 6.2 \text{ mm}^2$ rechteckige Pads
 - 24 Pads in 8 Reihen
- Gas
 - TDR (Ar:CH₄:CO₂ – 93:5:2)
 - P5 (Ar:CH₄ – 95:5)



Möglichkeiten der Spurproduktion

1. kosmische Myonen
2. Teststrahl
3. Laser

Parameter des NdYAG-Lasers

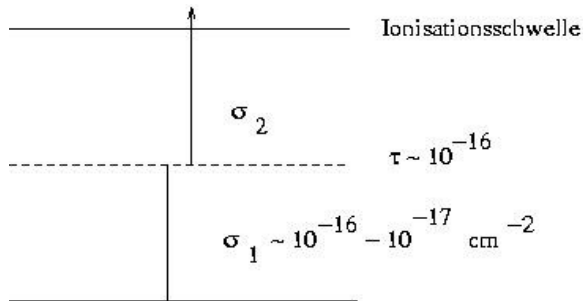
- Wellenlänge: $\lambda = 266 \text{ nm} \rightarrow h\nu = 4.66 \text{ eV}$
- Max. Wiederholrate des Lasers 20 Hz
- Max. Energie der Pulse 3 mJ
- Länge der Pulse $< 6 \text{ ns}$
- \varnothing des Laserstrahls etwa 1.5 mm
- Divergenz $< 1 \text{ mrad}$



Die Vorteile eines UV – Laser Systems

- Bestimmung der Fähigkeit zur intrinsischen Spurtrennung in r_{ϕ} und z
- Untersuchung der Einzelspurauflösung mit hoher Statistik

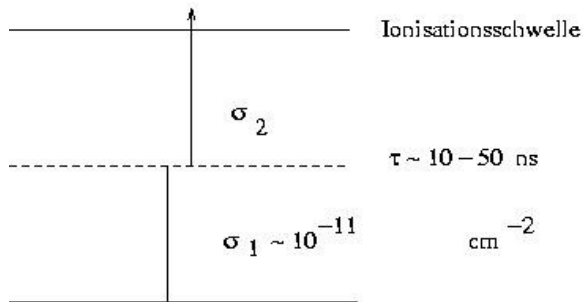
Prinzip der Erzeugung von Spuren mit einem UV - Laser



Energie des Lasers: $h\nu = 4.66 \text{ eV}$

Gas Ionisationspotential[eV] \Rightarrow 3 - Photon - Prozess

Argon Ar	15.76
Methan CH ₄	12.7
Kohlendioxid CO ₂	13.77
Iso-Butan i-C ₄ H ₁₀	10.57



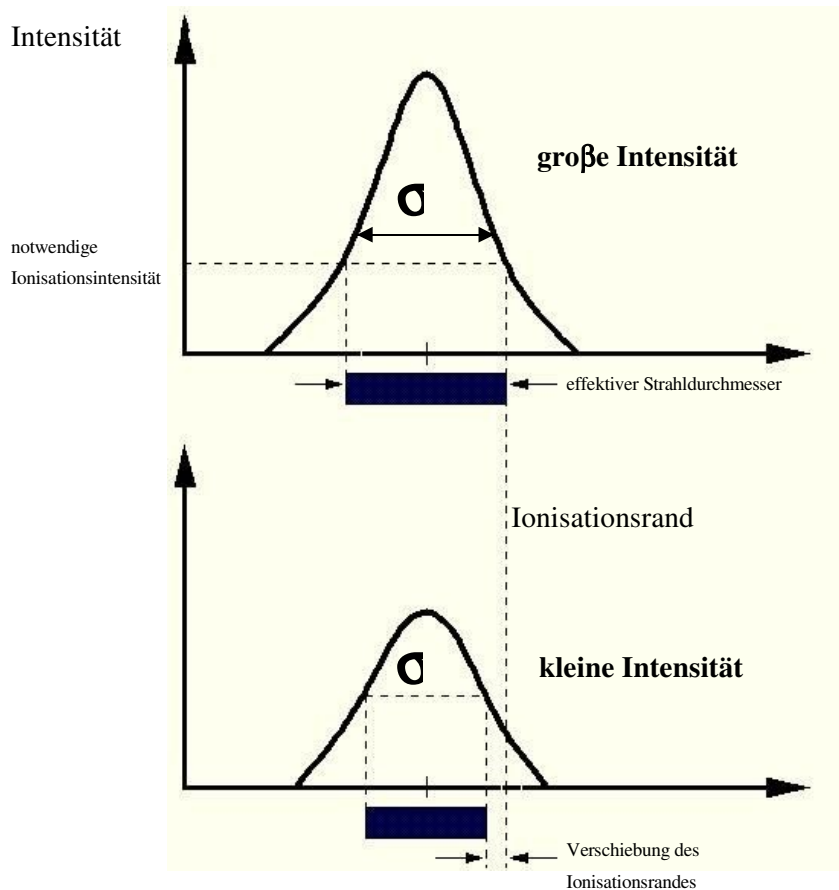
aber geringe Mengen von Verunreinigungen in der Kammer machen 2 - Photonen - Ionisationsprozesse möglich

Mechanismus der 2 - Photon - Ionisation

a) zweistufiger Prozess über ein virtuelles metastabiles Energieniveau

b) zweistufiger Prozess über ein reelles metastabiles Energieniveau - Schwingung oder Rotation eines Moleküls

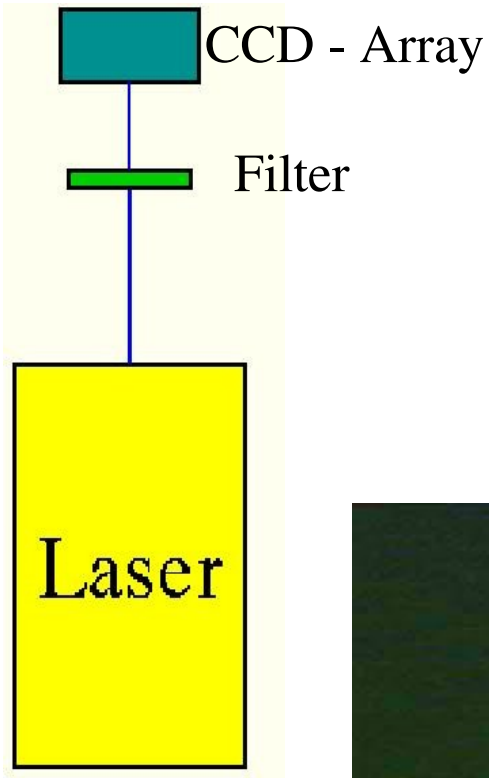
Intensitätsprofil



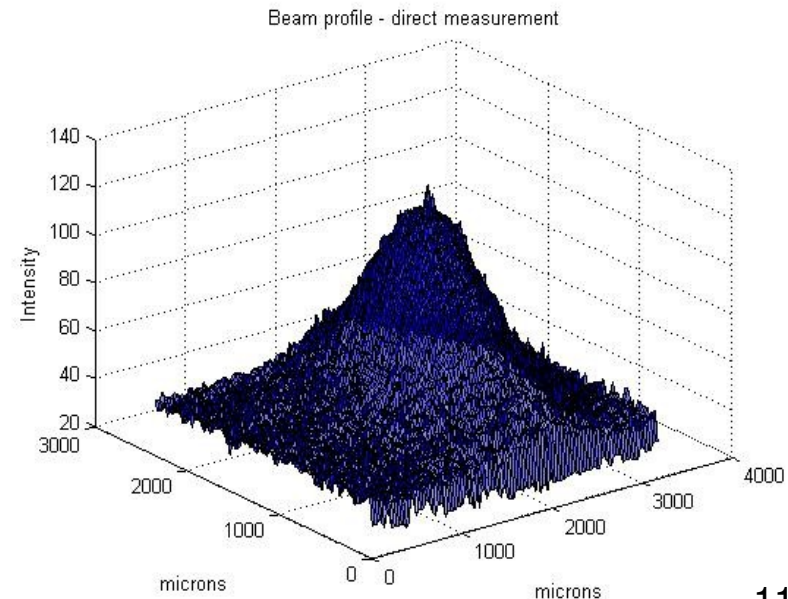
Verhalten der ionisierenden Kante bei verschieden großer Laserintensität. Angenommen ist eine konstante Intensitätsschwelle, unterhalb derer keine Ionisation möglich ist.

$\sigma \sim$ effektive Strahlweite

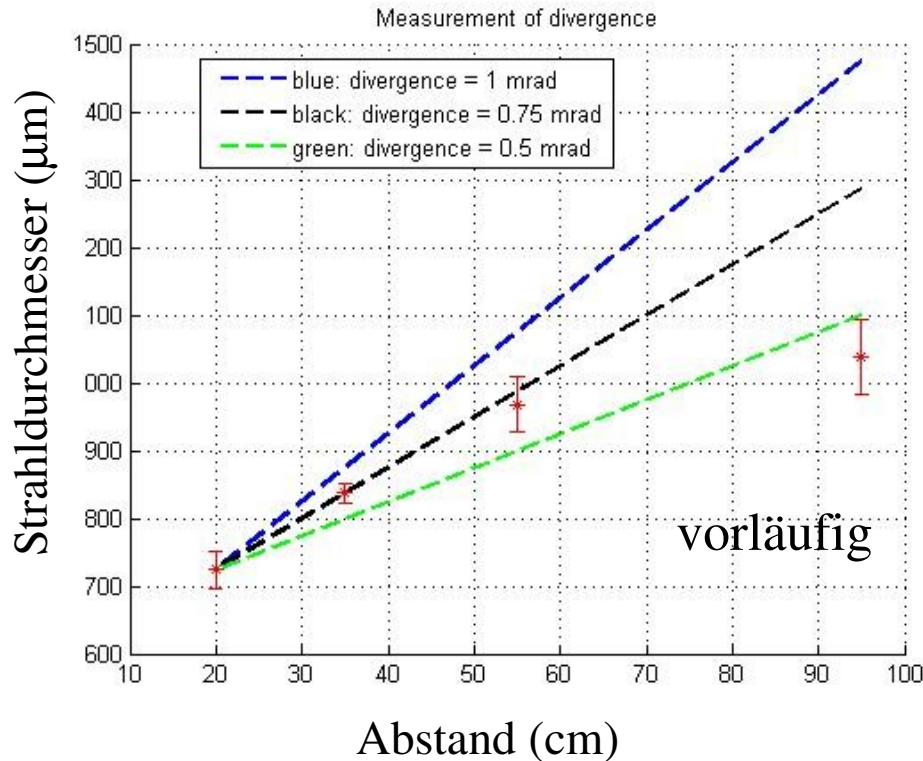
Die Direkte Messung CCD - Array



- Filter - die Sättigung auf dem Bild zu vermeiden, die Benutzung etwa 6 % von Intensität
- Gemessenes Strahlprofil ist etwa 1,3 - 1,4 mm groß



Messung der Divergenz



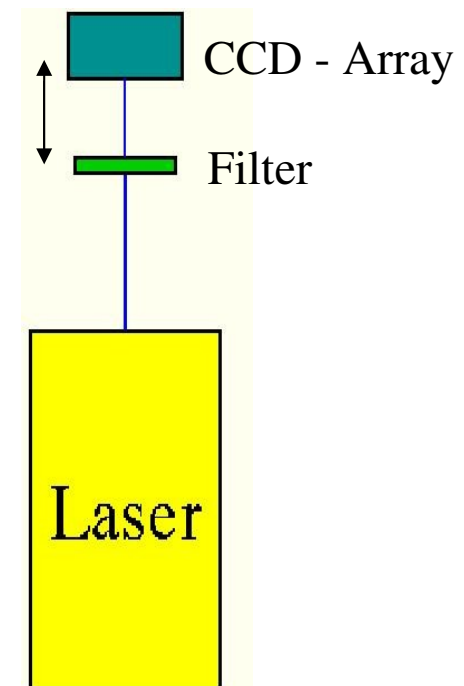
Abstand (cm)	Arithmetisches Mittel	Standardabweichung
20	724,4	27,9
35	837,4	13,9
55	968,3	40,7
95	1038,5	55,0

- Die Divergenz ist kleiner als 1 mrad

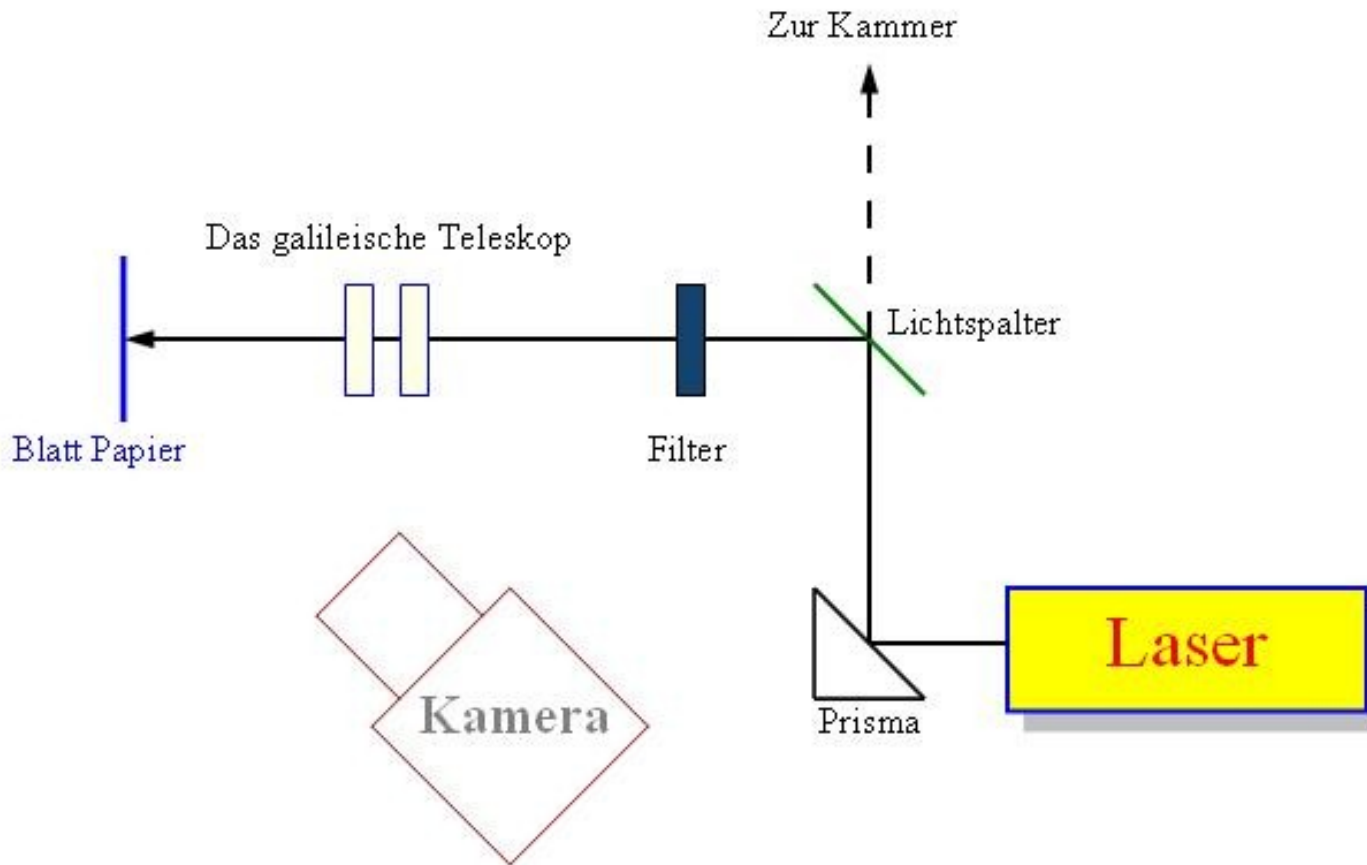
Direkte Messung

Verwendung des Filters

Messung bei 95 cm wurde
einige Stunden früher
gemacht

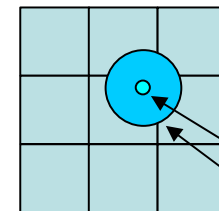


Die indirekte Messung CCD - Kamera



- Fluoreszentes Material ist Blatt Papier
- Anwendung des galileischen Teleskops um bessere Auflösung zu erreichen
- Schwarz - weiße Kamera

Fluoreszent Material

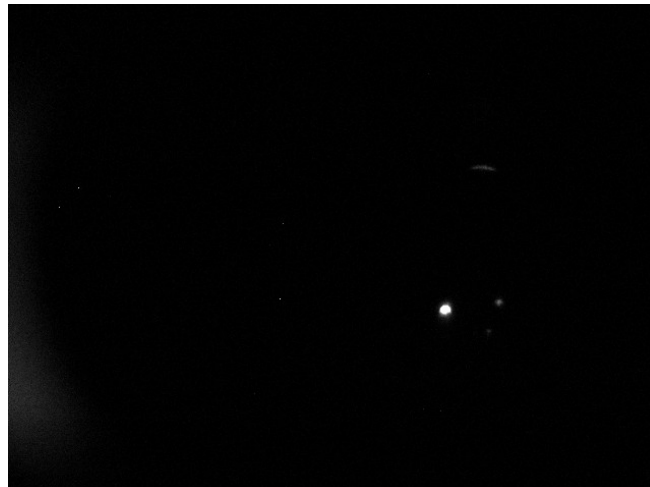
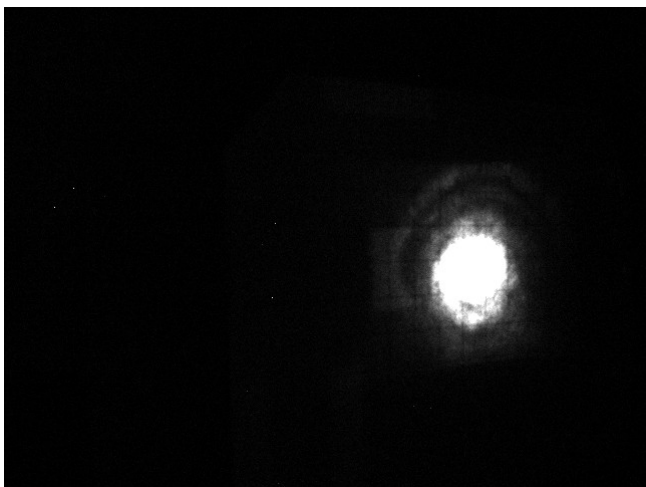


Laserstrahl

Zusammenfassung

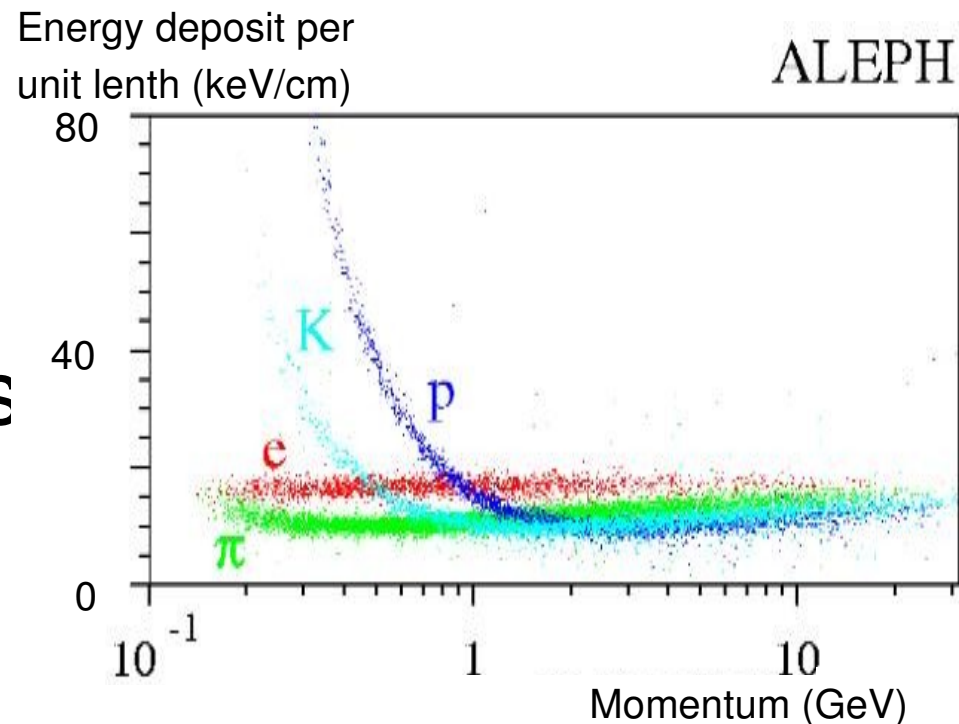
- Der TPC – ein gutes Werkzeug um Spuren zu detektieren
- Gemessenes Strahlprofil ist etwa 1,3 - 1,4 mm groß
- Die Divergenz ist kleiner als 1 mrad
- Monitoringsystem im Aufbau

Backup

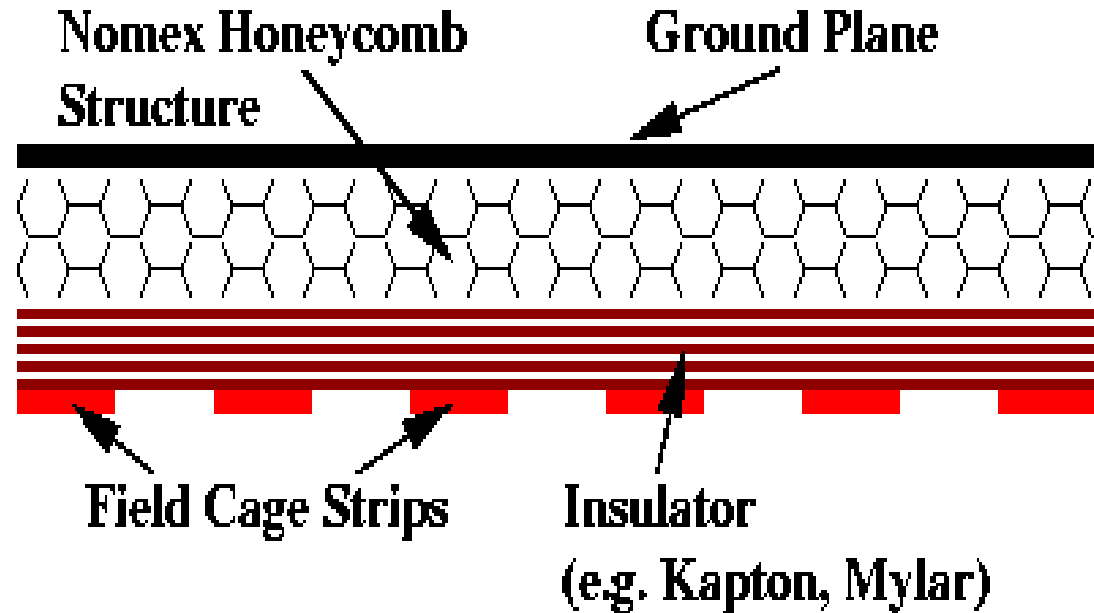


Particle identification by dE/dx measurement

- Primary electrons drift and are amplified
- Measurement of charge which is deposited on pads
- Known size of pads



Field cage



- Low radiation length - small impact of calorimeter resolution
- Gas tight
- High voltage stable
- Mechanically stable