

Aufbau eines UV-Laser-Systems für eine Zeit-Projektions-Kammer

Markus Ball

DESY, Universität Hamburg

FLC TPC Gruppe



bmb+f - Förderschwerpunkt

Elementarteilchenphysik

Großgeräte der physikalischen
Grundlagenforschung



DPG-Frühjahrstagung

4-9 März, 2005 Berlin

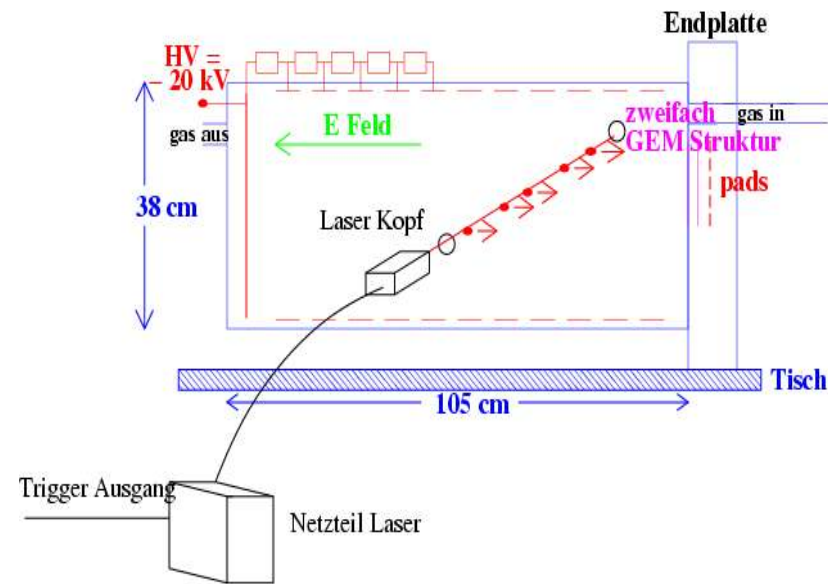
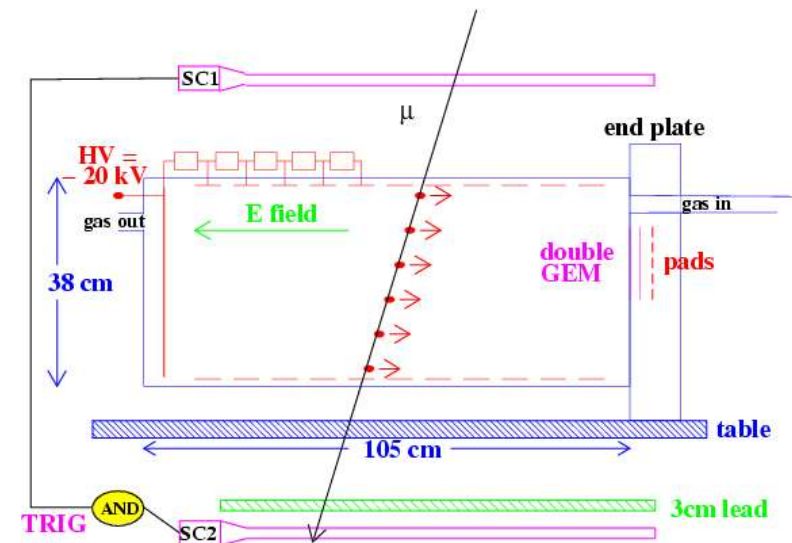
TPC-Aufbau

Aufbau des Hamburger TPC-Prototypen:

- Länge: 105 cm, \varnothing 38 cm
- Gasverstärkungssystem: 2 GEM Struktur
- 5x14 mm Padstruktur mit 13 Spalten, 5 Reihen
- Gas: Ar-CH₄-CO₂-Mischung (93:5:2)
- Datenauslese: Ladungsempfindliche FADC's (Aleph)

Möglichkeiten der Spurproduktion

1. kosmische Myonen
2. Teststrahl
3. Laser



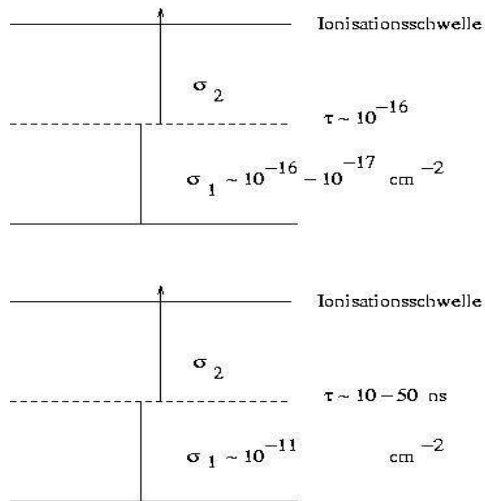
Laser-System

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

Gas Ionisationspotential[eV]

Argon	Ar	15.76
Methan	CH ₄	12.7
Kohlendioxid	CO ₂	13.77

→ Geringe Gasverunreinigungen des Kammergases ermöglichen 2 Photon-Ionisation.



Mechanismus der Zwei-Photon-Ionisation

- Zwei-Stufen-Prozess über kurzlebige virtuelle Zwischenniveaus
- Zwei-Niveau-Prozess über ein existierendes reelles Zwischenniveau (Vibrations- oder Rotationszustand) des Moleküls

Gas

ArCO₂ ArCH₄ TDR

Drift field[cm/μs]	250	95	240
Trans. Diff. [μm/√cm]	160	720	455
Long. Diff. [μm/√cm]	158	440	279
Driftgeschwindigkeit [cm/μs]	0.55	4.03	4.55

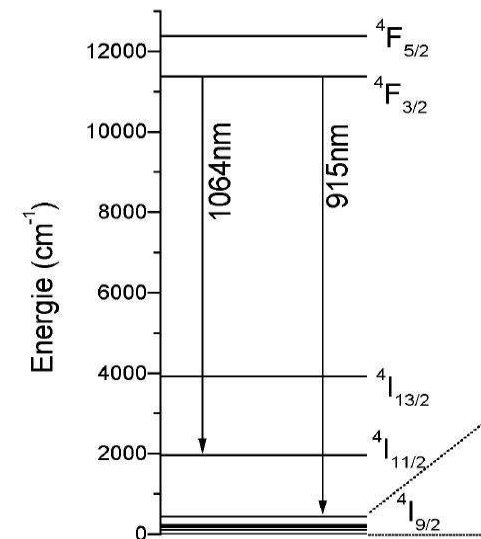
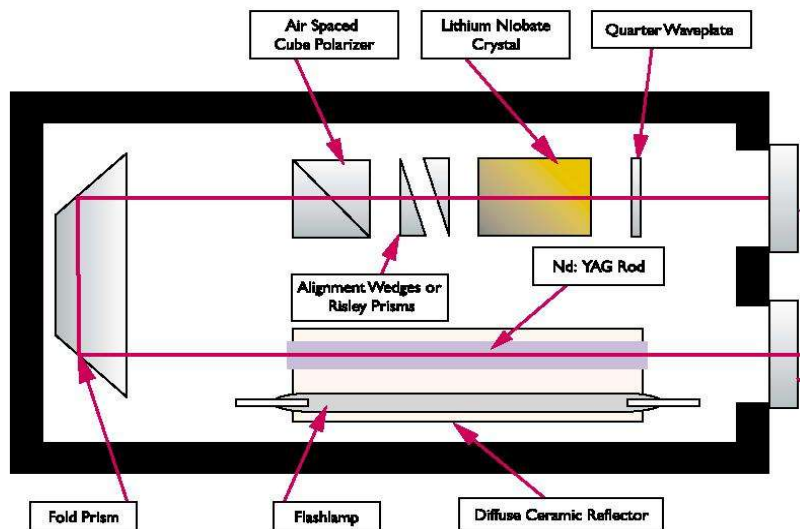
Motivation für ein Laser-System:

- Messung von Gaseigenschaften (Driftgeschwindigkeit, Diffusion)
- Messung der Doppelspurauflösung in x- und z-Richtung
- Messung der Doppelspurauflösung in einem 5 T Magneten

Laser-System

Eigenschaften des NdYAG-Lasers:

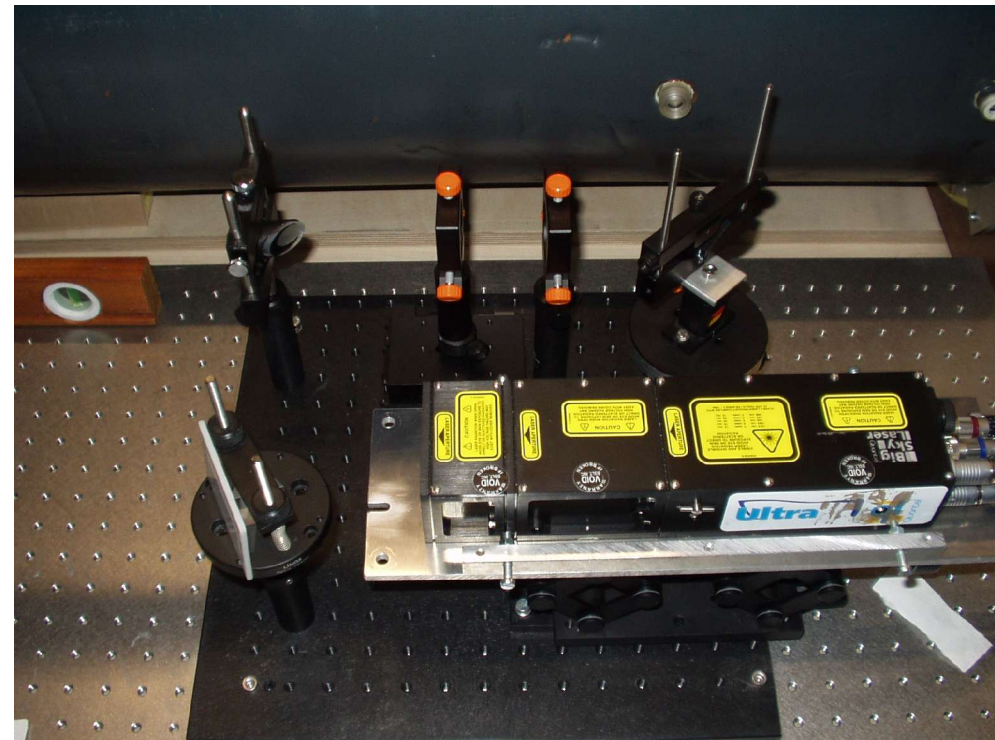
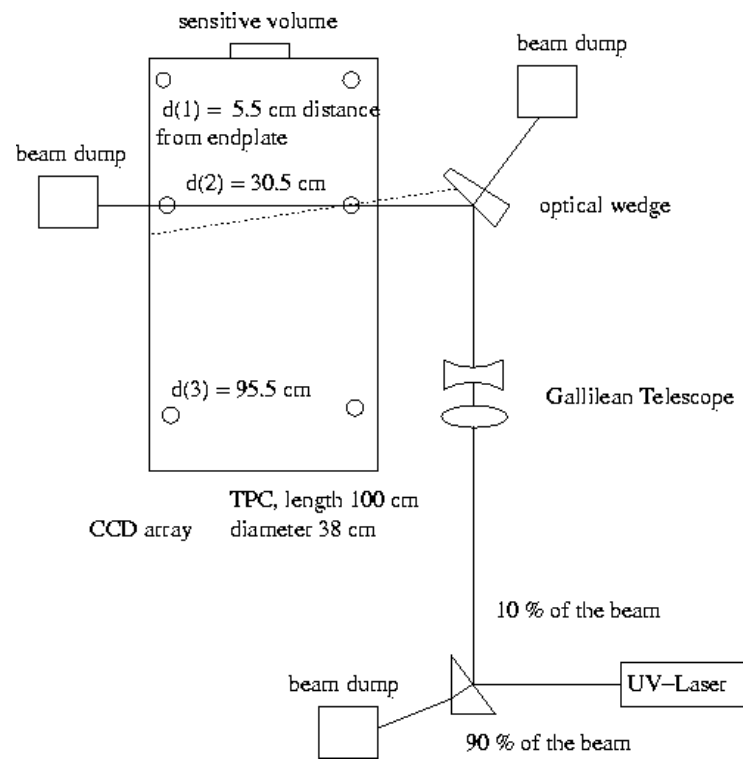
- Wellenlänge: $\lambda = 266 \text{ nm}$
→ $h\nu = 4.66 \text{ eV}$
- Max. Frequenz d. Lasers 20 Hz
- Max. Pulsenergie 3 mJ
- Pulslänge $< 6 \text{ ns}$
- \varnothing des Laserstrahls ca. 1.5 mm
- Divergenz $< 1 \text{ mrad}$



Aufbau des Laser-System

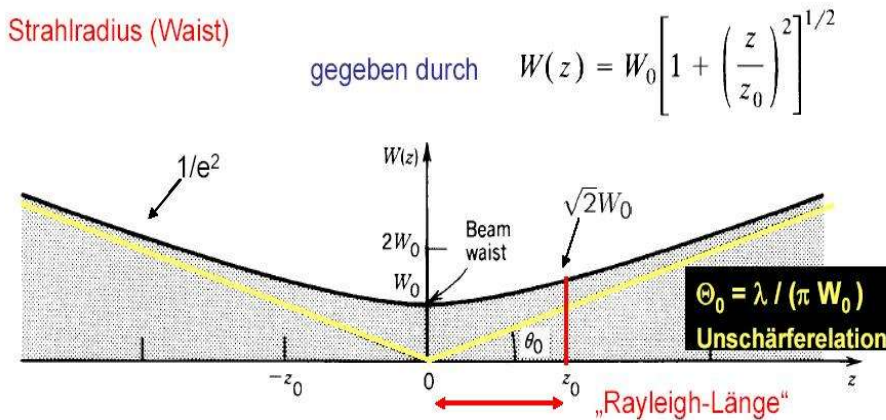
Anforderungen an den Aufbau:

1. Strahldurchmesser des Lasers sollte vergleichbar einem kosmische Teilchen sein (ca. $100 \mu\text{m}$) => Strahlteleskop
2. Produktion von Doppelspuren
3. Deutliche Abschwächung der Laserleistung

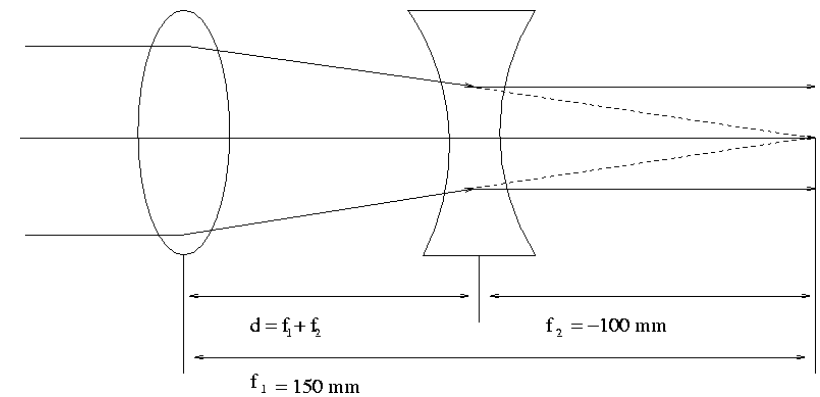


Das galileische Strahlteleskop

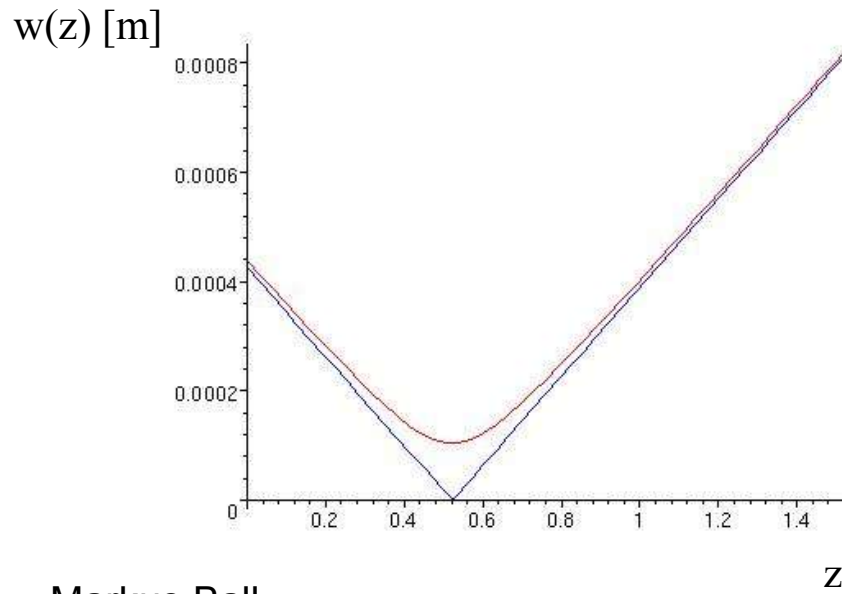
Gauss'sche Strahloptik:



Prinzip des galileischen Teleskop



Verlauf des Laserbreite



Parameter des Teleskops:

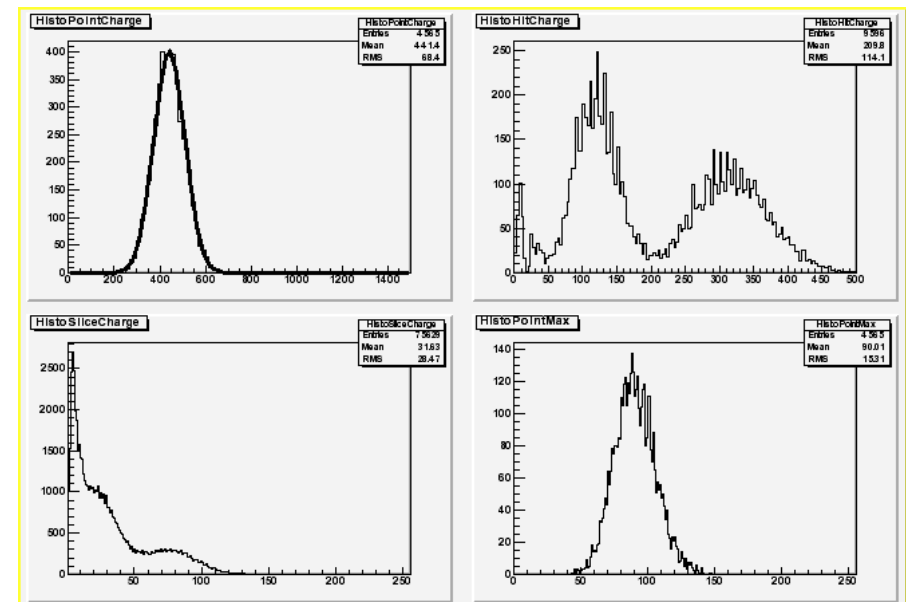
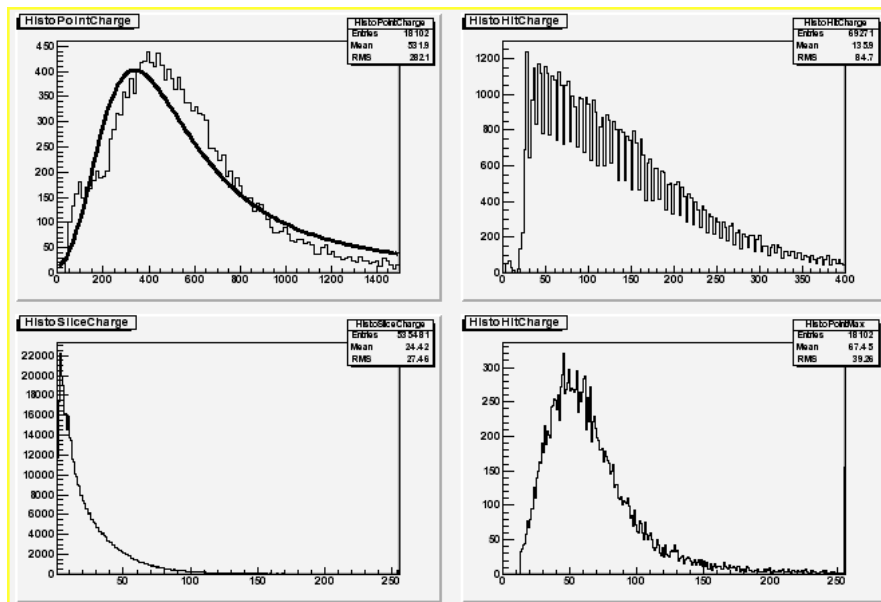
$f_1 = 15 \text{ cm}, f_2 = -10 \text{ cm}$
 $d = 72.5 \text{ cm}$
 $w_0 \approx 100 \mu\text{m}, z_0 \approx 12 \text{ cm}$
 focus $\approx 50 \text{ cm}$

Einzelstudien

- Genaue Verständnis des Produktionsmechanismus und der Energiedeposition von MIP's und Laserspuren.
- Ist es möglich angesichts unterschiedlicher Ionisationsprozesse Laser- und MIP Spuren zueinander in Relation zu setzen (δ -electrons) ?

3 GeV Elektronen von Teststrahl

Laserspur

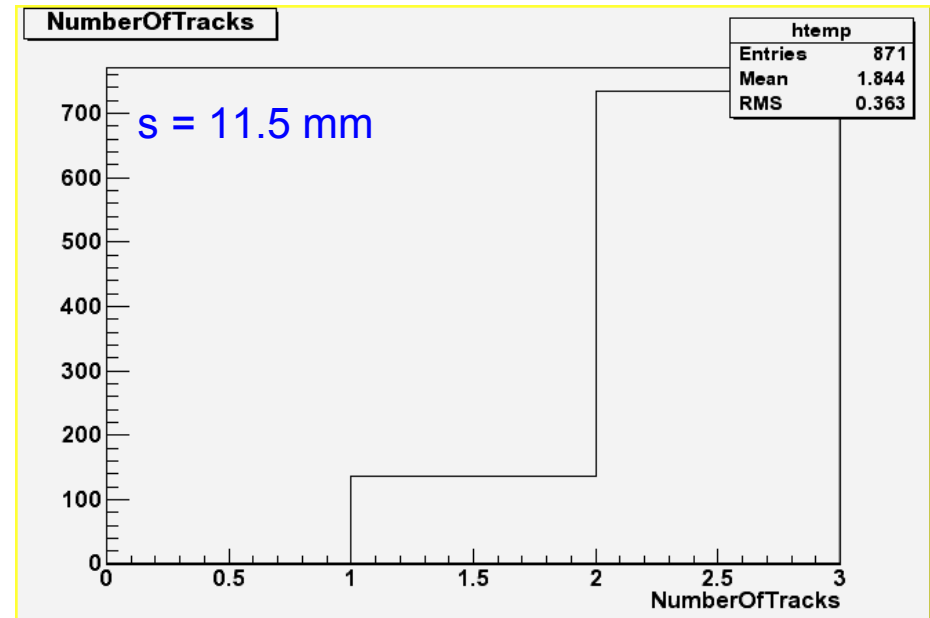
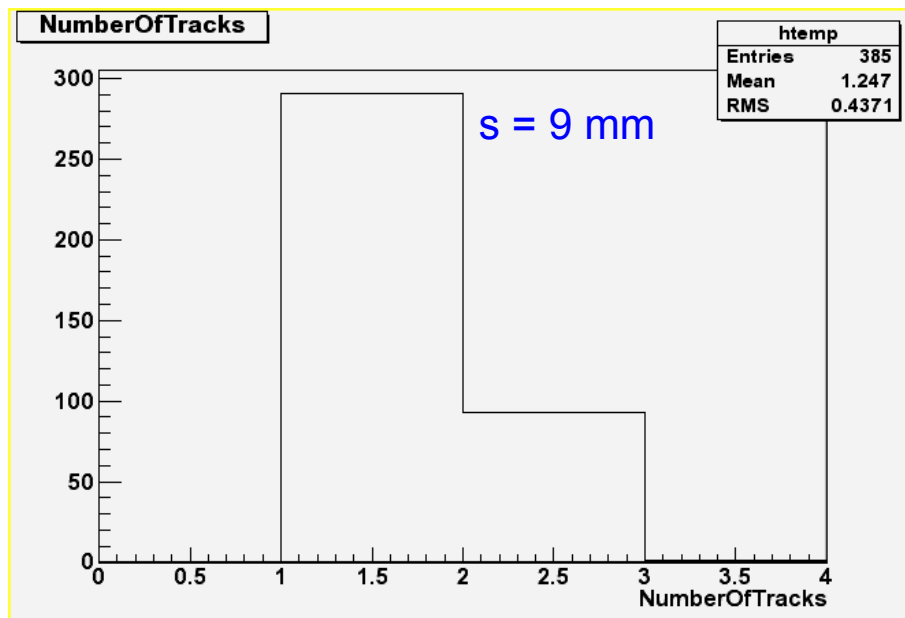


- Beschreibung der δ -electrons mit Hilfe einer Simulation zur Untersuchung des Effekts auf die Auflösung

Doppelspurstudien

- Doppelspurstudien von in z getrennten Spuren (longitudinale Diffusion unabhängig vom magnetischen Feld)
- Abschätzung der Effizienz von zeitlich getrennten Spuren.

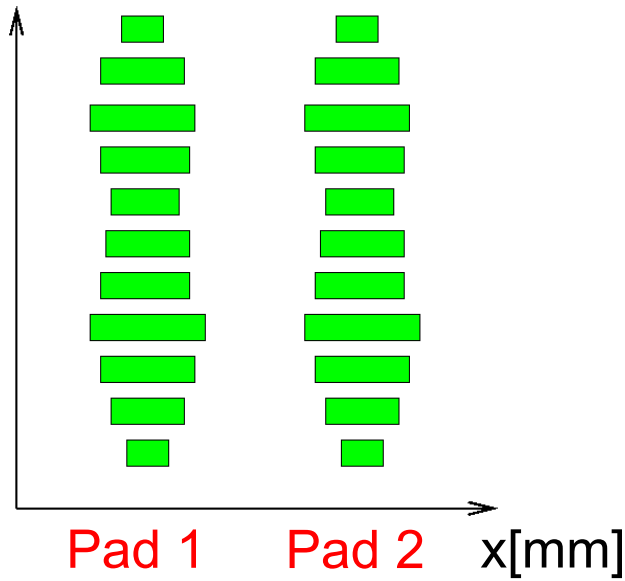
s = Abstand der beiden Laserspuren zu Beginn des sensitiven Volumens



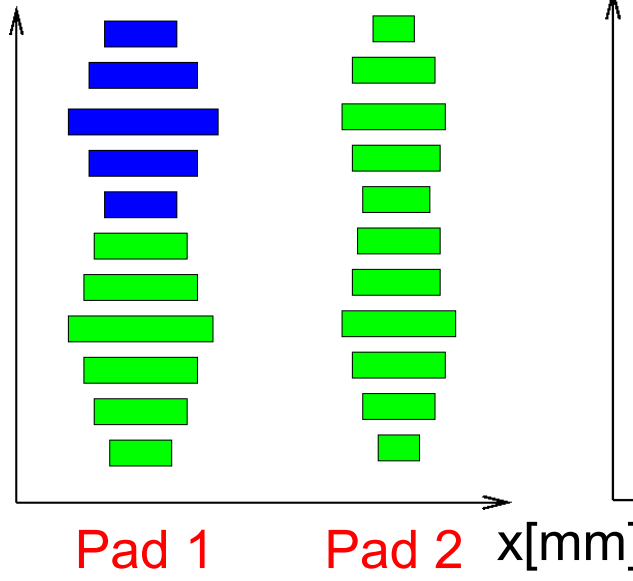
- Genauere Untersuchungen auf der Ebene der Reihen

Doppelspurstudien

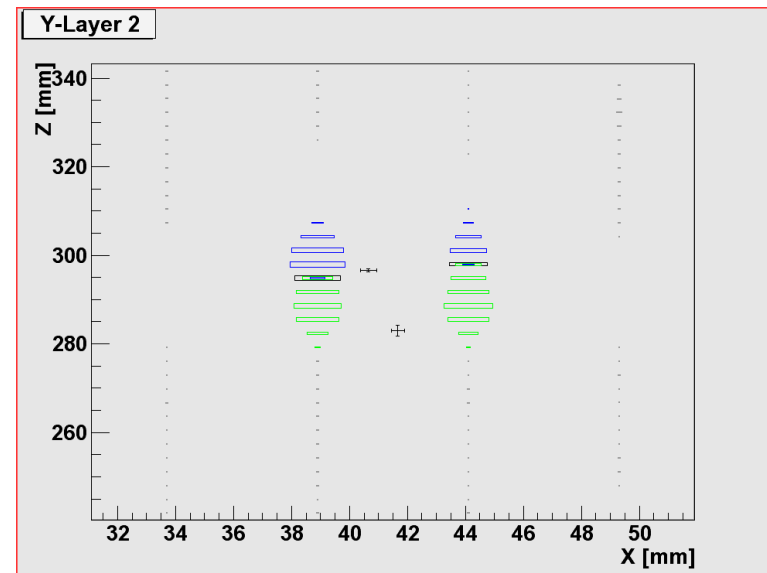
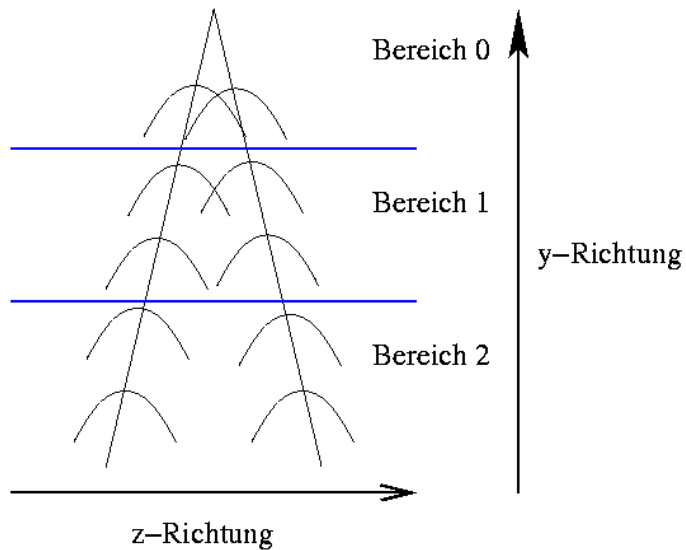
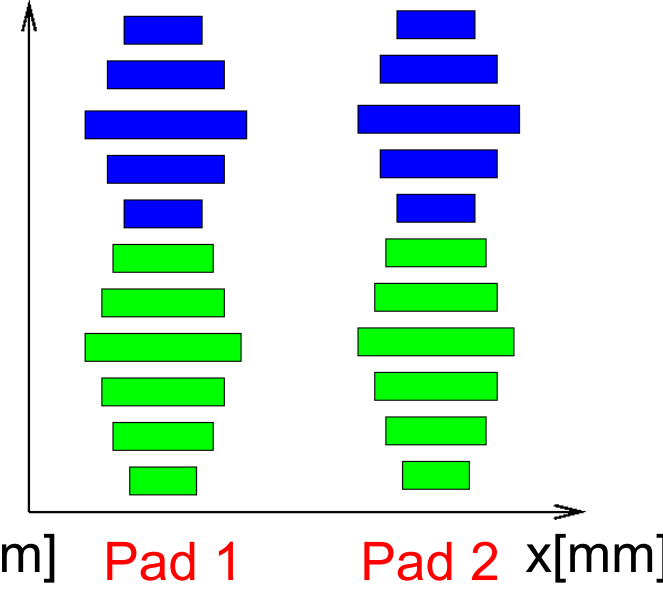
z[mm] Kategorie 0



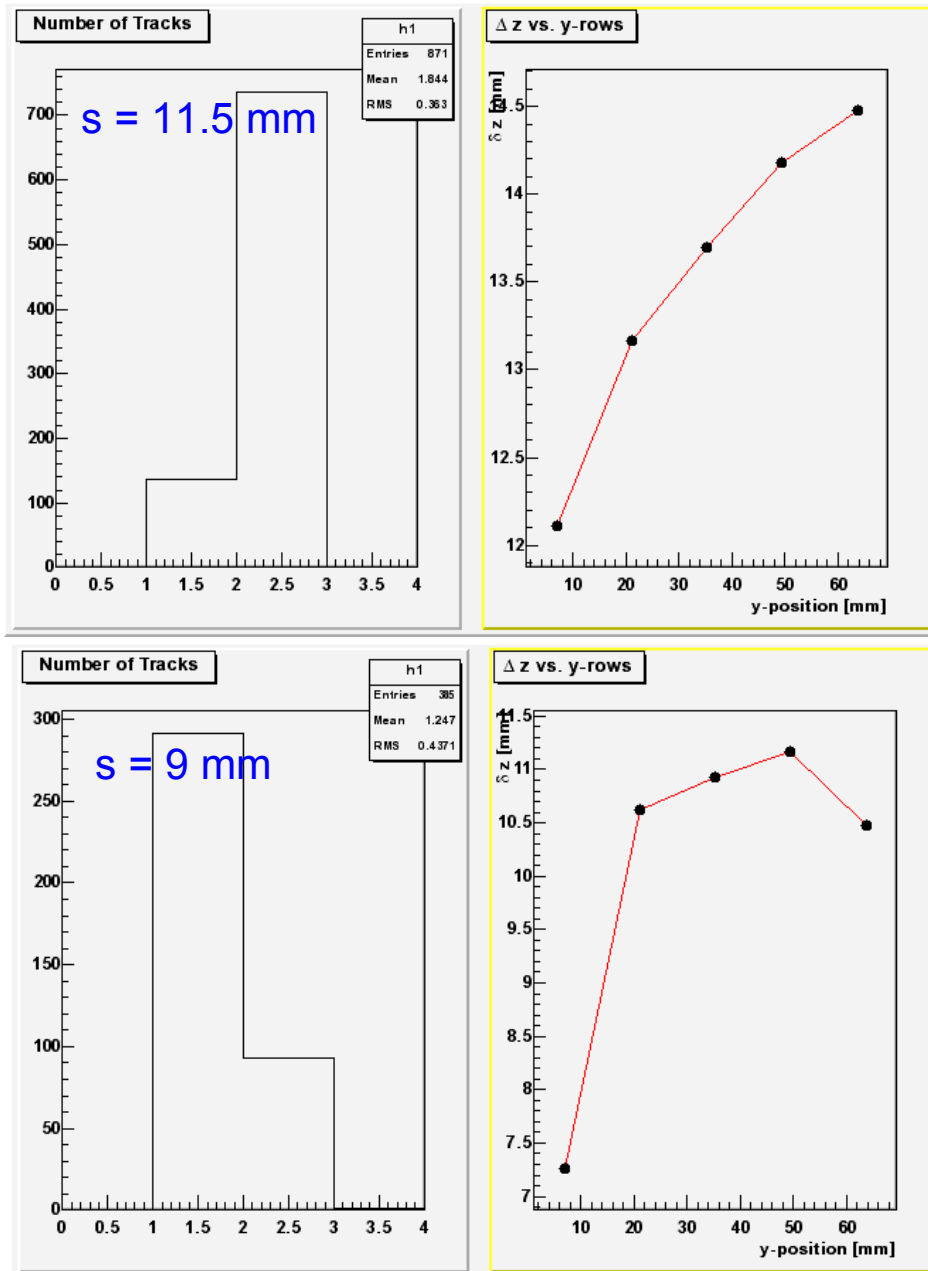
z[mm] Kategorie 1



z[mm] Kategorie 2



Doppelspurstudien



- Ideale Trennung der Hits
⇒ linearer Verlauf
- Laufende Studien:
- Systematische Untersuchung des Trennalgorithmus
- Einfluss des Ionenrückflusses auf die nachfolgende Spur
- Messung mit mehr Reihen zur genaueren Bestimmung des Verlaufs.

Zusammenfassung und Ausblick

- Laser geeignetes Werkzeug zur Produktion von Einzel- und Doppelspuren in einer TPC.
- Systematische Studien zu Einzel- und Doppelspuren.
- Vorbereitungen für einen Laser-Aufbau mit TPC-Prototypen der in einem 5 T Magneten einsetzbar ist.