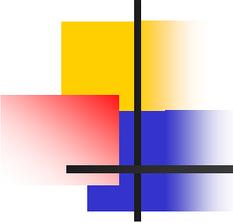


Bestimmung der Strahlparameter am Freie Elektronen Laser

André Hofmann

11. Juli 2006



Überblick

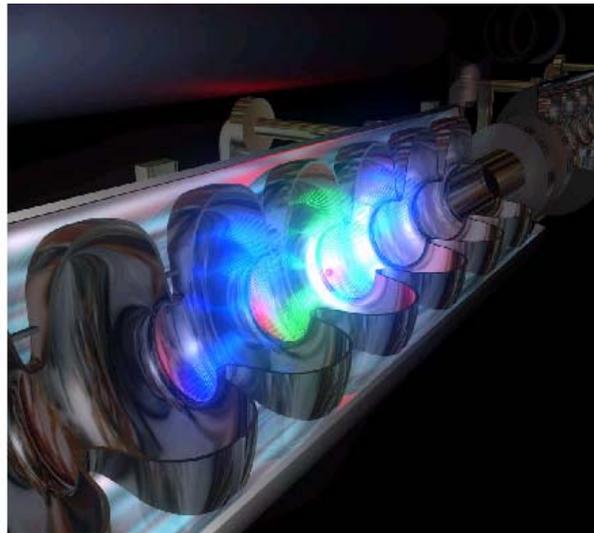
- Freie Elektronen Laser
- Strahlparameter
- Bestimmung der Strahlparameter
- Erste experimentelle Ergebnisse

Freie Elektron Laser



Quelle:

Erzeugung eines
Elektronenpaketes



Beschleuniger:

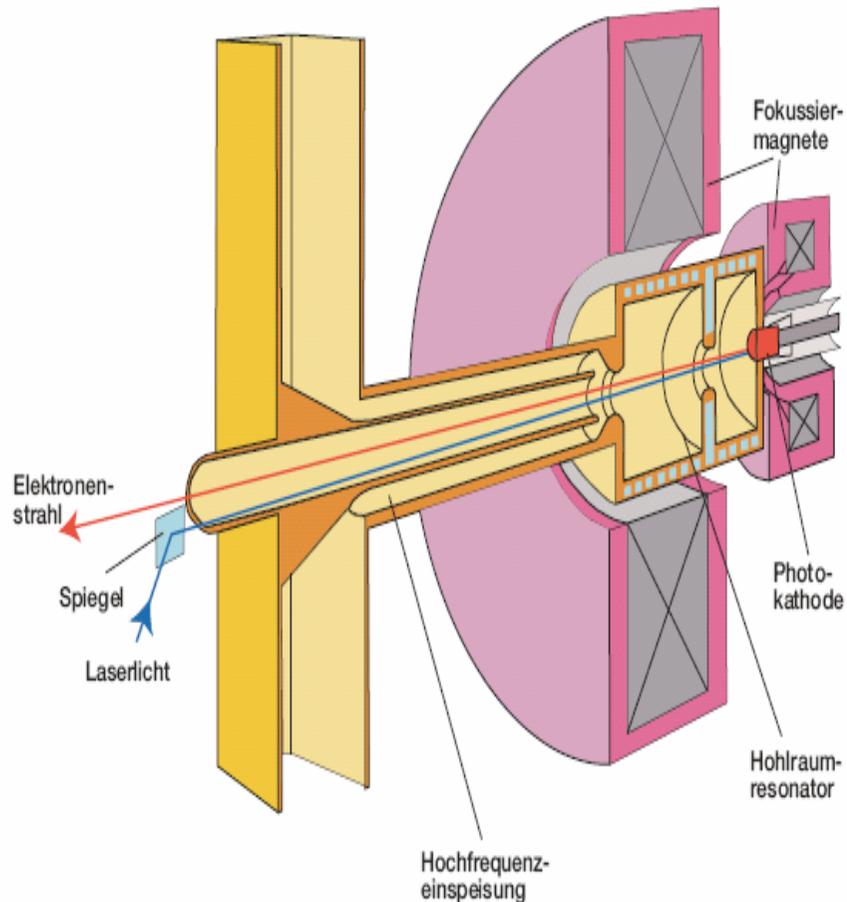
Erhöhung der Energie
durch Beschleunigung des
Elektronenpaketes



Undulator

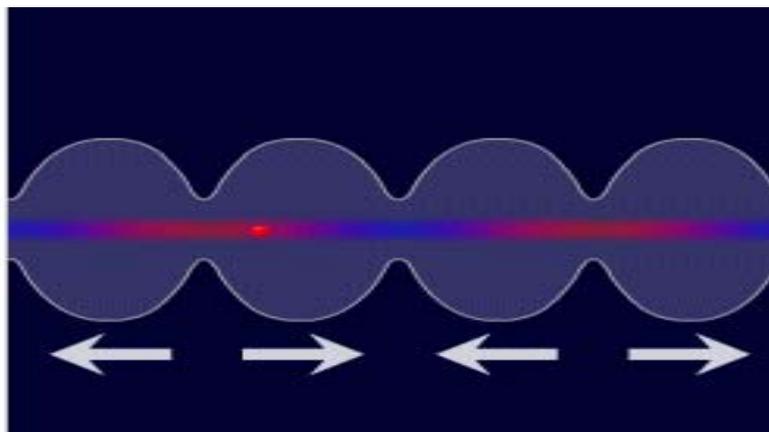
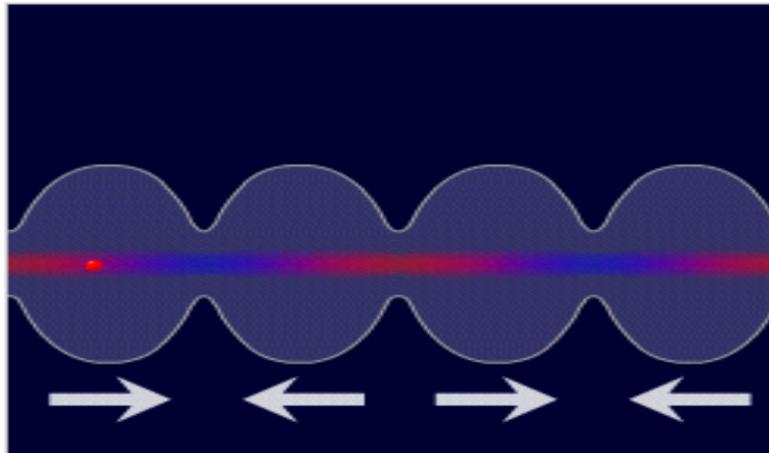
Erzeugung des
Laserlichtes

Quelle des Freie Elektron Laser



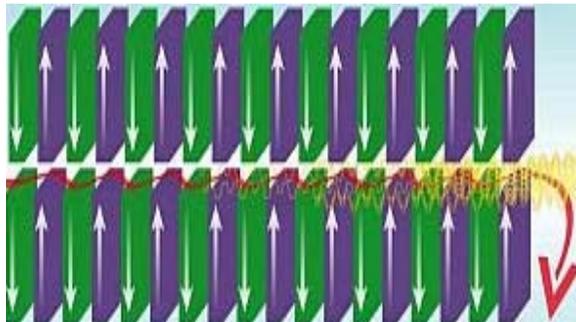
- Laserimpulse werden auf eine Photokathode geschossen, aus der sie Elektronen herausschlagen
- Beschleunigung des Elektronenpaktes
- Zusätzliche Bündelung durch Fokussierungsmagnete um ein Aufweiten zu verhindern

Beschleuniger des Freie Elektronen Laser



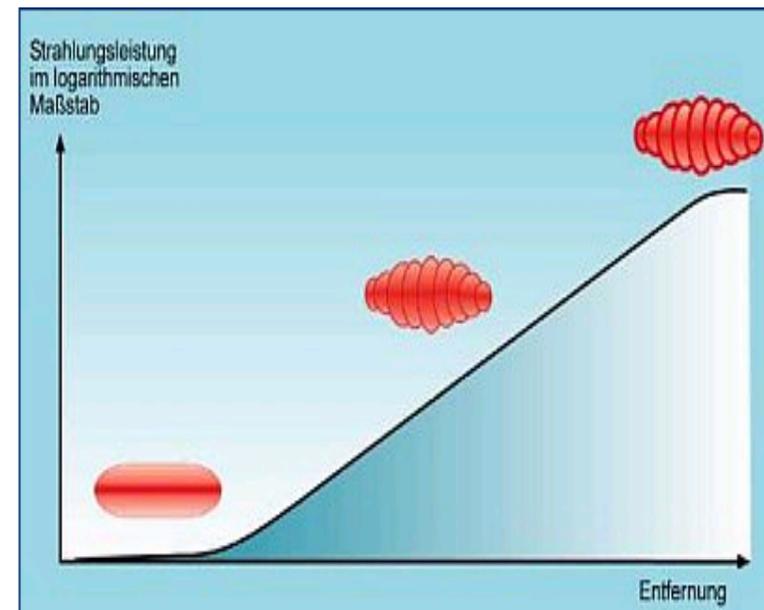
- Beschleuniger besteht aus mehreren Zellen, an welche elektrische Wechselfelder gelegt werden
- Bei richtiger Frequenz polen die Felder so um, dass die Elektronen stets beschleunigt werden

Undulatoren

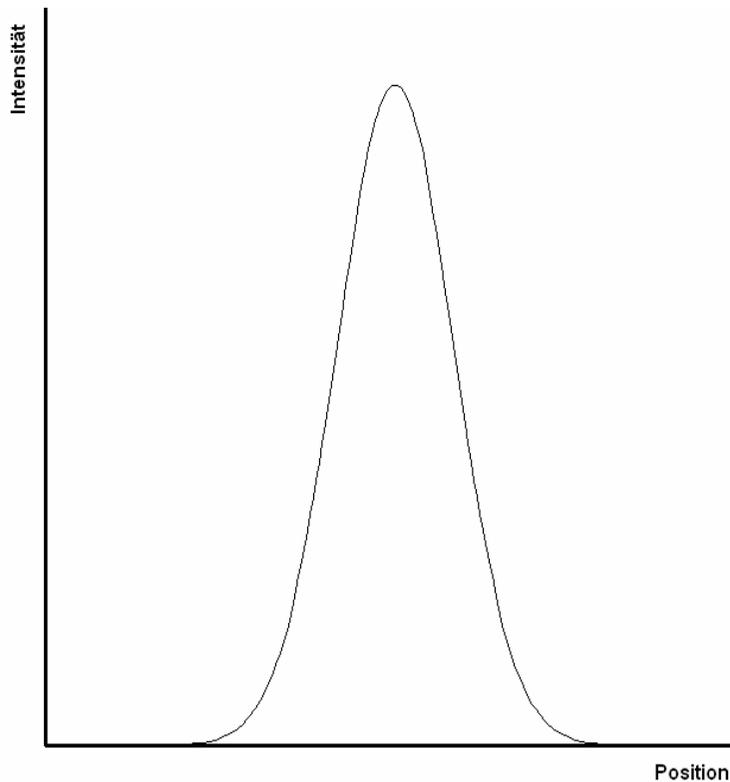


- Röntgenlicht wechselwirkt seinerseits mit Elektronenpaket
- Scheibchenbildung, Komprimierung zu einem Kleinstpaket
- Innerhalb des Kleinstpaketes „perfekte“ Überlagerung des Röntgenlichtes (kohärentes Licht)
- Verstärkung der Strahlungsintensität

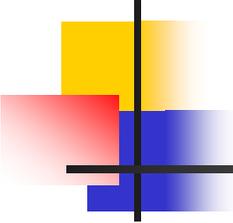
- Undulator besteht aus Magneten mit alternierender Polung
- Elektronen werden auf Slalombahn gezwungen, wobei sie Röntgenlicht emittieren



Strahlparameter



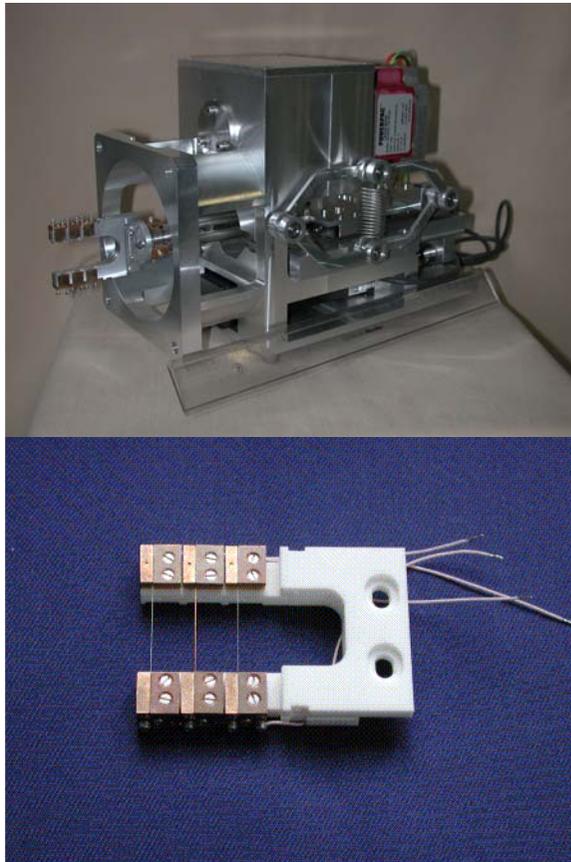
- Strahlprofil: Intensitätsverteilung des Strahles („Aussehen“)
- Strahllage: Position des Strahles (Maximum des Strahlprofils)
- Emittanz: Maß für Strahlbreite und Öffnungswinkel



Bestimmung der Strahlparameter

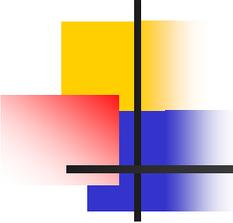
- Es gibt viele Detektoren zur Bestimmung der Strahlparameter, zwei Beispiele sind
 - Wirescanner: Einbringen einer Störung in den Strahl
 - Restgasionendetektor: Ausnutzung des Restgases im Beschleuniger

Aufbau des Wirescanners



- Hauptbestandteil ist ein Draht, welcher in einer Gabel eingespannt ist
- Zur Sicherheit sind bei den Wirescannern in FLASH insgesamt drei Drähte eingebaut

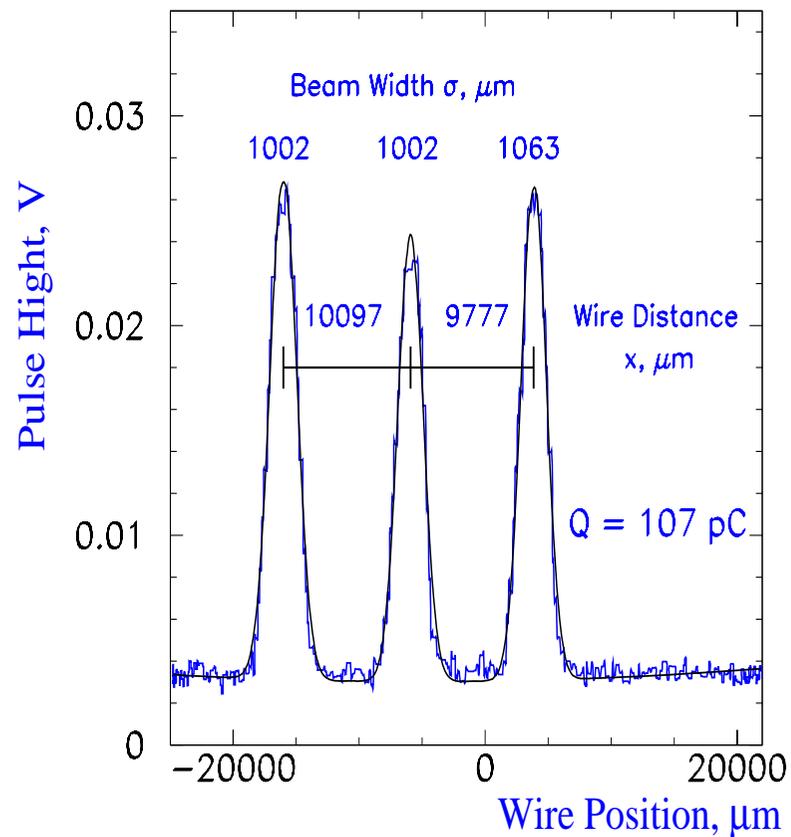
Funktionsweise eines Wirescanners



- Der Draht bewegt sich langsam durch den Strahl, gleichzeitig wird die Drahtposition gemessen
- Die Strahlteilchen werden an diesem Draht gestreut, Erzeugung von Streustrahlung
- Die Streuteilchen und Strahlung werden anschließend detektiert

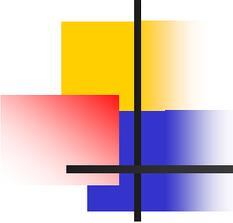
Resultat

Wire scanner at PITZ



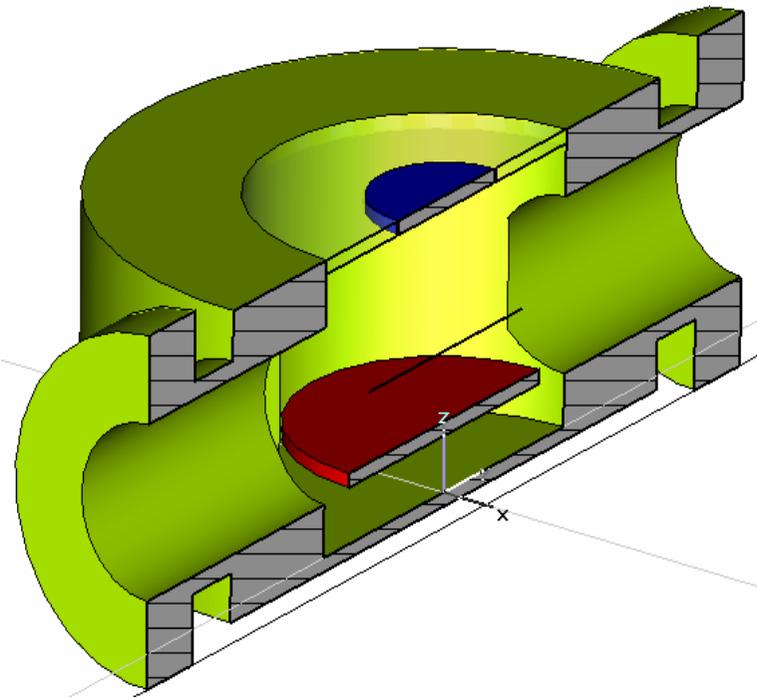
- Häufigkeitsverteilung entspricht Strahlprofil
- Maximum entspricht Strahlposition
- Messungen an verschiedenen Orten ermöglicht Aussagen über die Emittanz

Vor- und Nachteil der Wirescanner



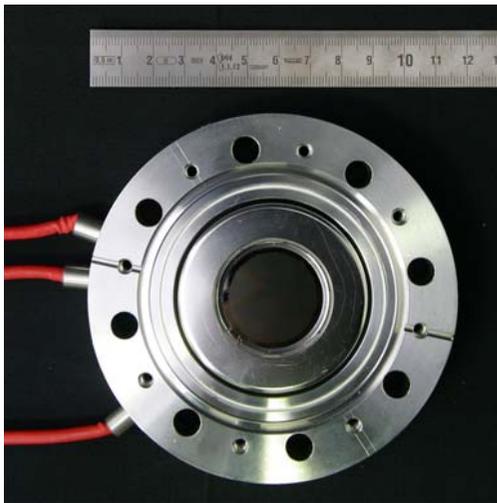
- Vorteil: Hohe räumliche Auflösung
(viertel des Drahtdurchmessers)
- Nachteil: Zerstörung des Strahles
Zerstörung des Drahtes
bei hohen Strahlintensitäten

Aufbau Restgasionendetektor



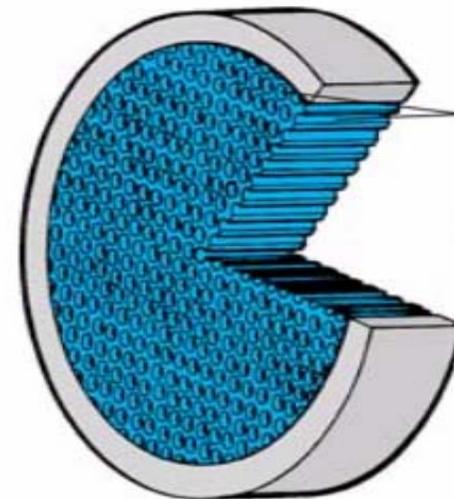
- Hauptbestandteile sind ein ortsauflösender Detektor (Mikrokanalplatte) und eine Gegenplatte
- Strahl bewegt sich zwischen dem Detektor (blau) und einer Gegenplatte hindurch
- Detektor und Gegenplatte werden auf Potential gelegt

Mikrokanalplatte

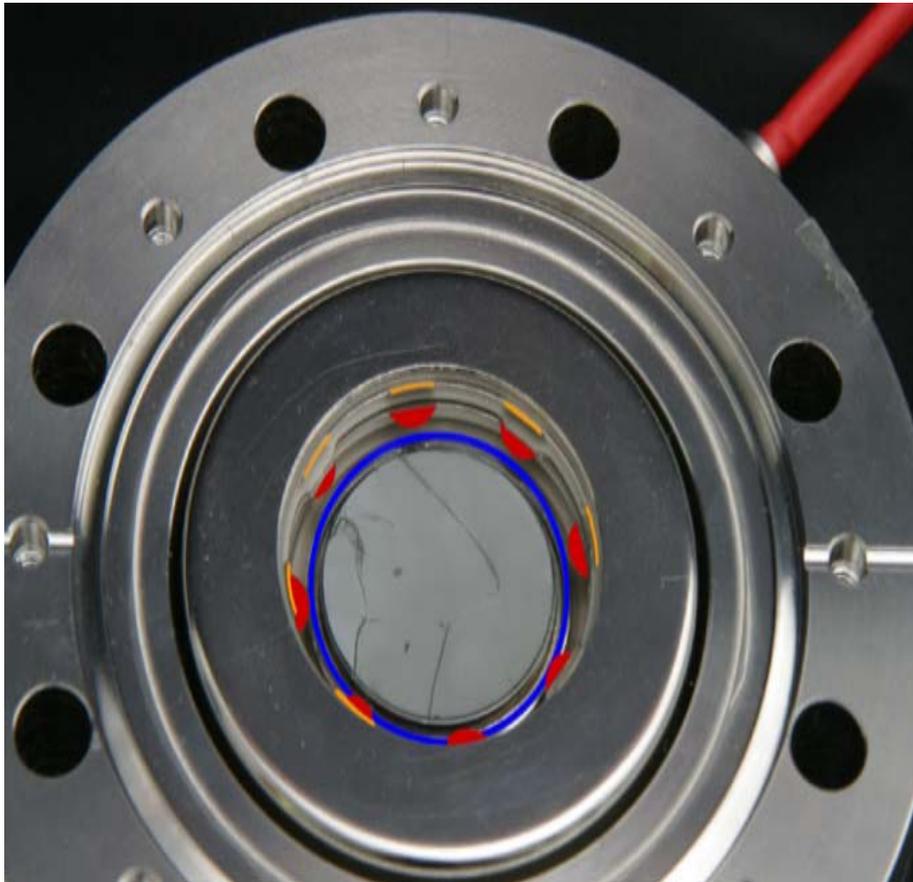


- Mikrokanalplatte (graue Fläche) mit Flansch

- Mikrokanalplatte besteht aus einem, mit vielen Kanälen durchzogenem, Halbleiter

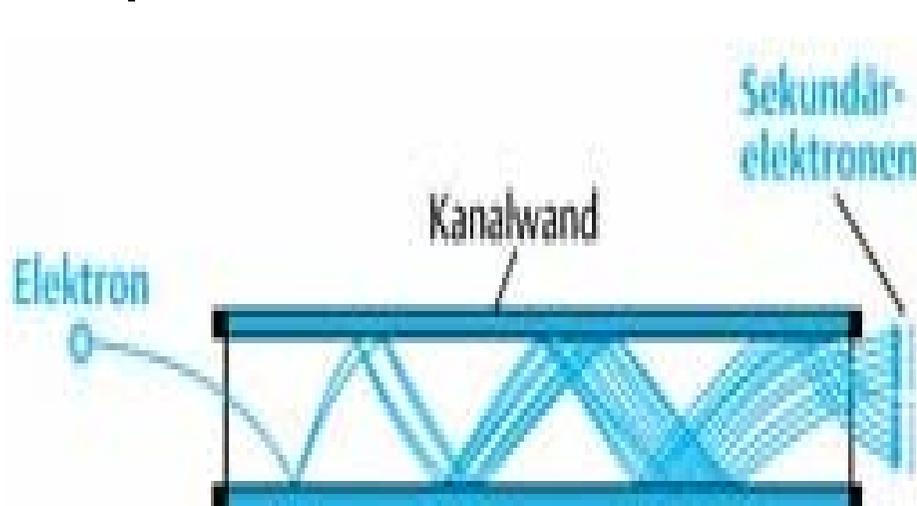


Mikrokanalplatte



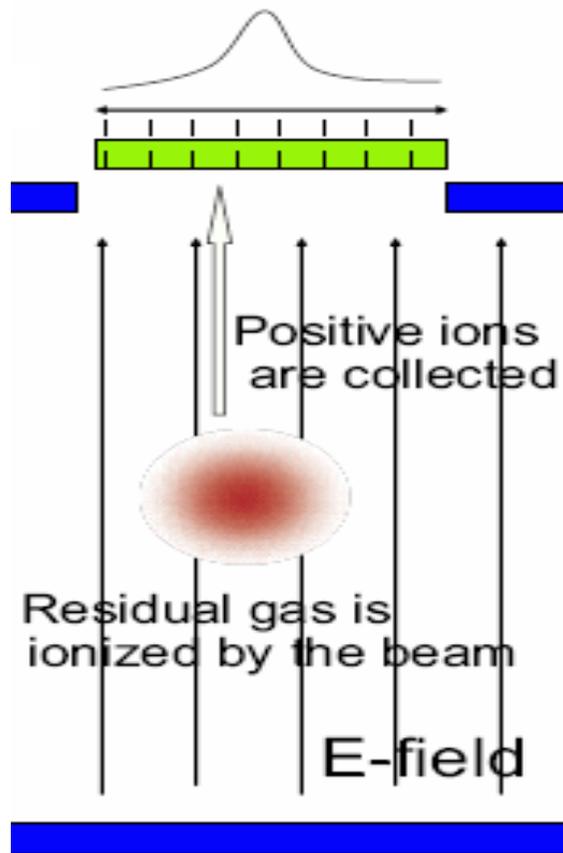
- Halbleiter wird von zwei Ringen (MCP_IN gelb und MCP_OUT rot) fixiert
- Ringe werden auf Potential gelegt (MCP_IN: -80V, MCP_OUT: 1250V)
- Hinter der Mikrokanalplatte befindet sich ein Phosphorschirm (grau)

Funktionsweise Mikrokanalplatte

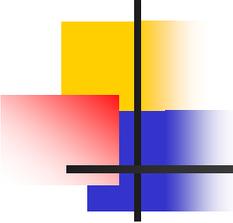


- Teilchen treffen auf Kanalwand
- Herausschlagen von Elektronen
- Beschleunigung der Elektronen im elektrischen Feld zwischen MCP_IN und MCP_Out
- Herausschlagen weitere Elektronen (Lawineneffekt)
- Verstärkung bis $10E+03$,
- Oft als Chevron Konfiguration verwendet (zwei Mikrokanalplatten direkt hintereinander), daher Verstärkungen bis $10E+06$ möglich

Funktionsweise Restgasionendetektor



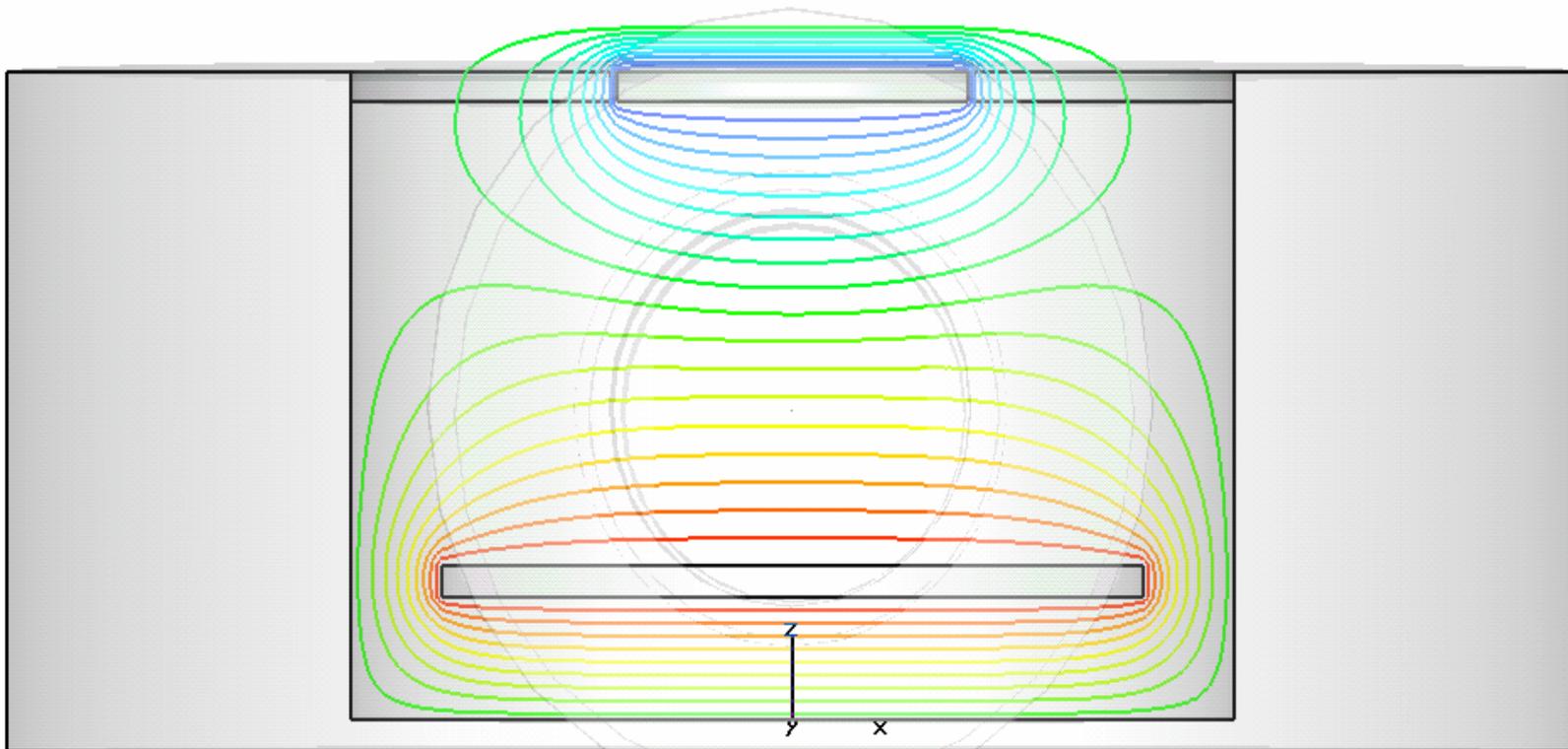
- Ionisierung des Restgases durch den Teilchenstrahl
- Beschleunigung der Teilchen im elektrischen Feld zwischen Gegenplatte und MCP_IN zur Mikrokanalplatte
- Verstärkung an Mikrokanalplatte
- Strahlabbild auf dem Phosphorschirm



Feldanforderung

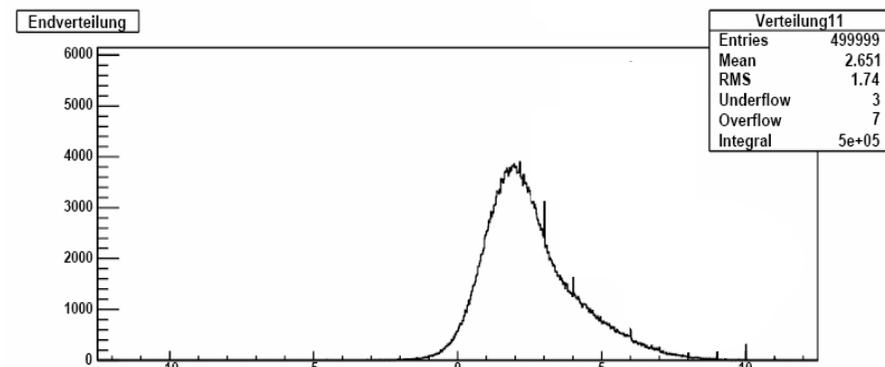
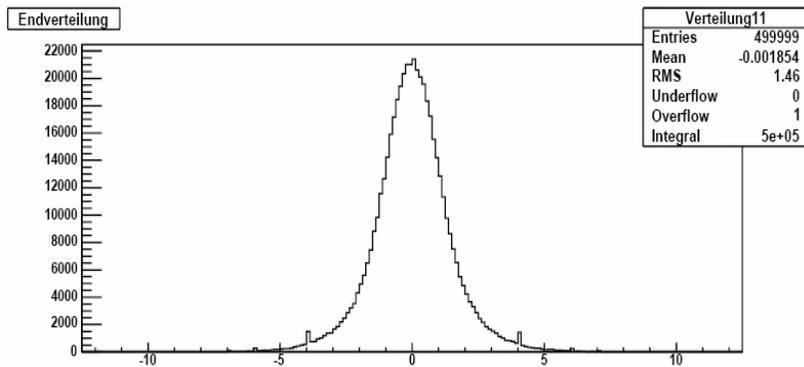
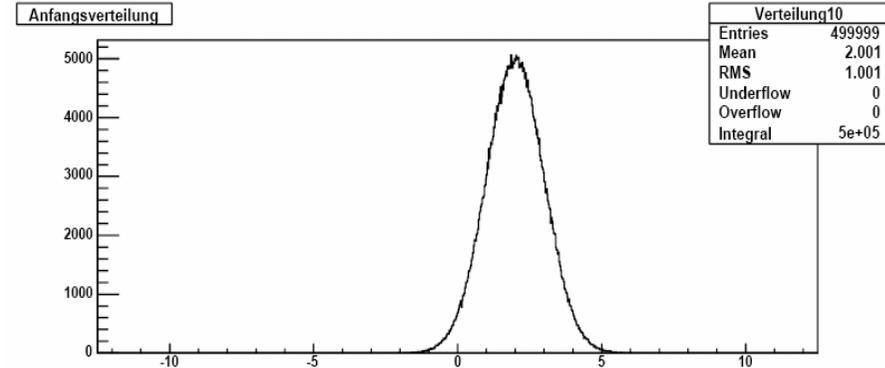
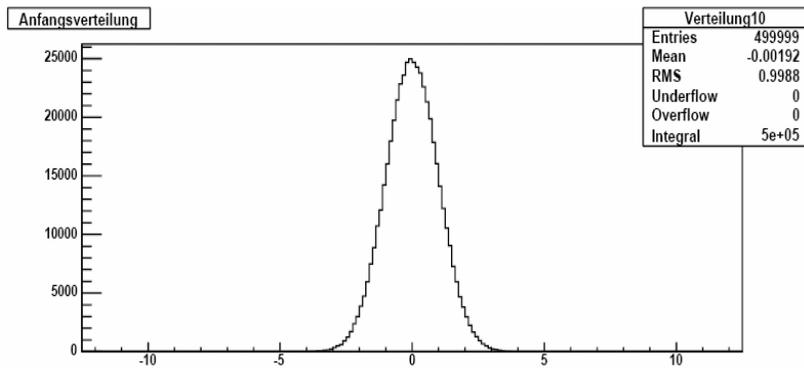
- Feld zwischen Gegenplatte und Detektor soll homogen sein
- In diesem Fall werden die Teilchen direkt auf die Mikrokanalplatte beschleunigt, so dass die Dichteverteilung auf Phosphorschirm der Intensitätsverteilung des Strahles entspricht

Elektrisches Feld dieses Restgasionendetektors



- Äquipotentiallinien für eine typische Potentialbelegung
- Homogener Feldanteil zu gering

Profilabbildung



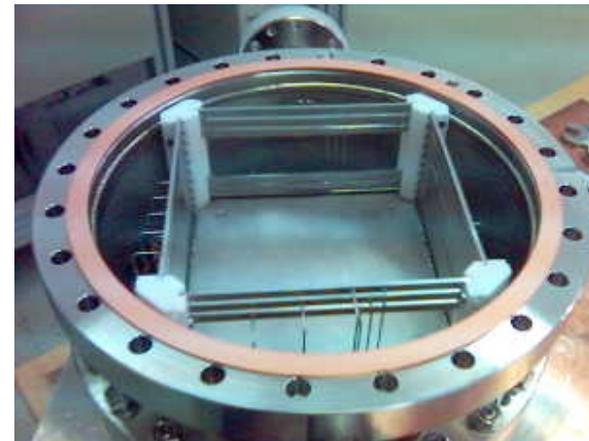
- Gute Strahlabbildung innerhalb des Zentralbereiches
- Weniger Millimeter außerhalb Profilverfälschung

In Zeuthen erwickelter, verbesserter Aufbau



- Einbau eines Elektrodenkäfigs (Stützstellen)
- Die Elektroden können paarweise auf unterschiedlich Potentiale gelegt werden

- Einfacher Aufbau unzureichend, daher Erweiterung des Aufbaus notwendig

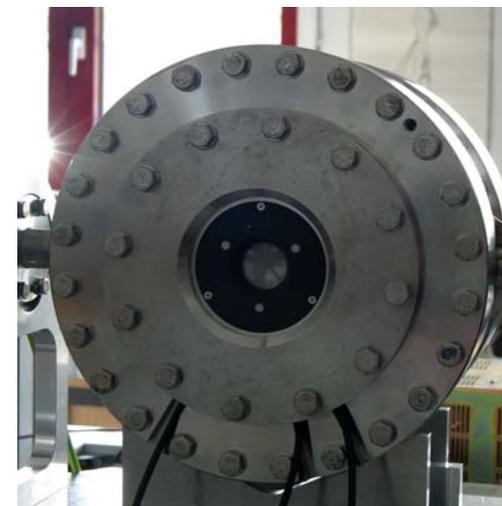


Restgasionendetektor

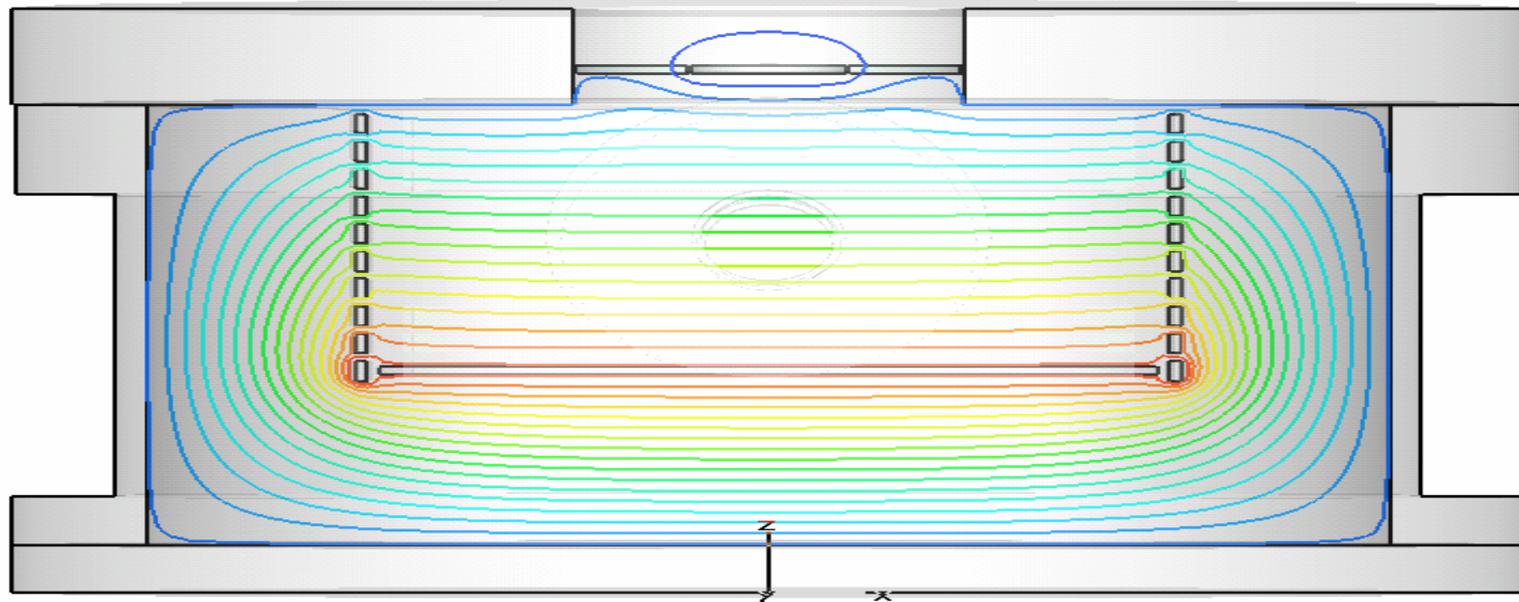


- Überhalb des Elektrodenkäfigs wird die Mikrokanalplatte installiert

- Fertiger Restgasionendetektor mit eingebauter Mikrokanalplatte

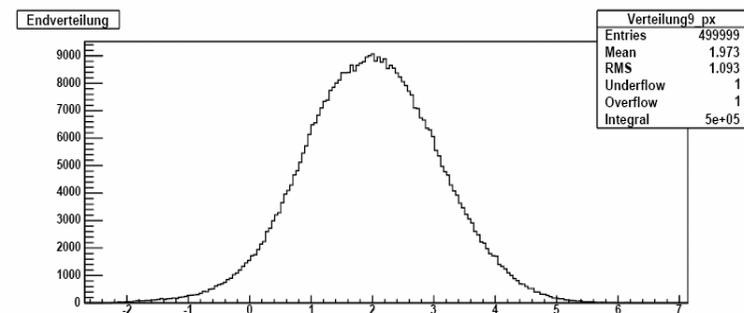
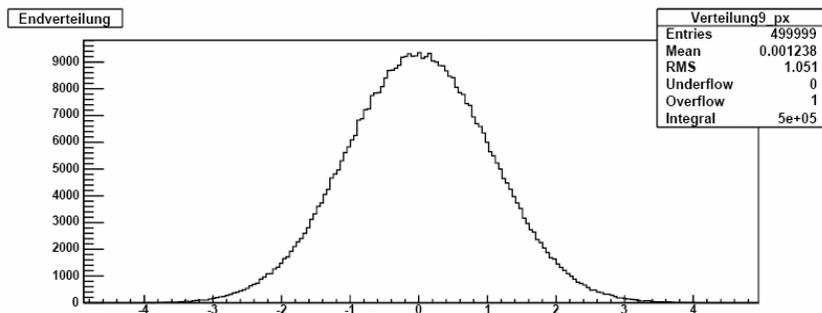
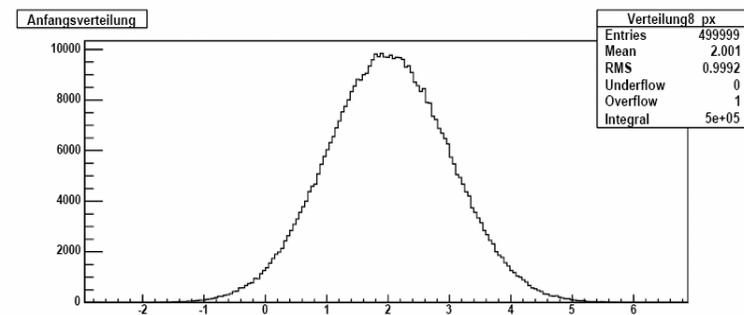
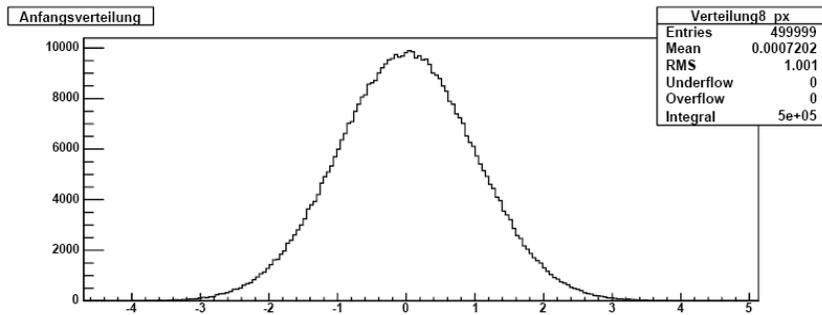


Elektrisches Feld für erweiterten Aufbau

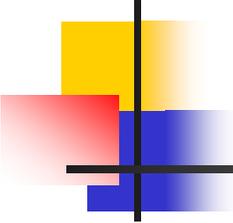


- Deutliche Verbesserung der Äquipotentiallinien bei Verwendung von Stützstellen

Profilabbildung

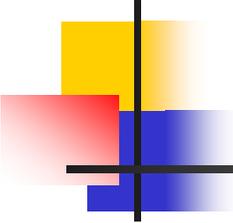


- Gute Strahlabbildung auch außerhalb des Zentralbereiches durch Benutzung von Stützstellen



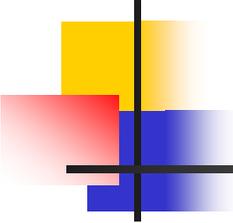
Vorteile des Restgasionendetektors

- Zerstörungsfreie Messmethode
- Vielseitig einsetzbar (Ionenstrahl, Photonenstrahl), auch bei hohen Strahlintensitäten



Nachteil des Restgasionendetektors

- Geringere Auflösung als Wirescanner (Ziel $10\mu\text{m}$)
- Relativ langsam, Driftzeiten für Ionen im Bereich von 750ns



Einsatzgebiet des Restgasionendetektors

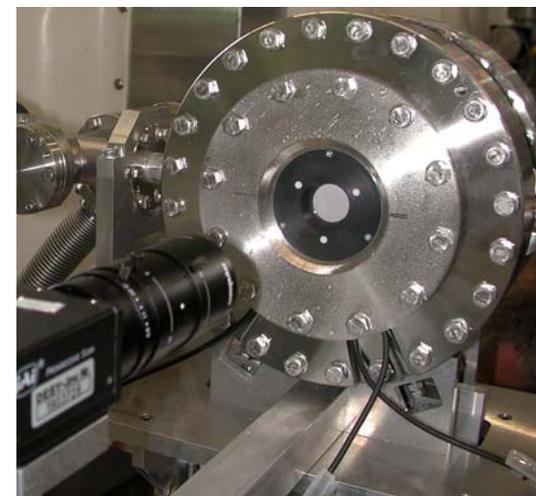
- Einsatzgebiet ist FLASH (Freie Elektronen Laser in Hamburg)
- Bestimmung der Strahlparameter des Laserlichtes

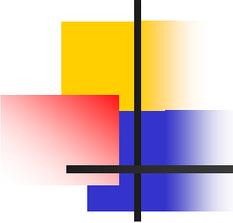
Versuchsaufbau am FLASH



- Einlesen der Daten mit einer CCD Kamera, die über der Mikrokanalplatte installiert war
- Einbau des Detektors in eine Hubvorrichtung um Strahlbewegung zu simulieren

- Test des Detektors an seinen späteren Einsatzort FLASH unter den realen Bedingungen des Routinebetriebes

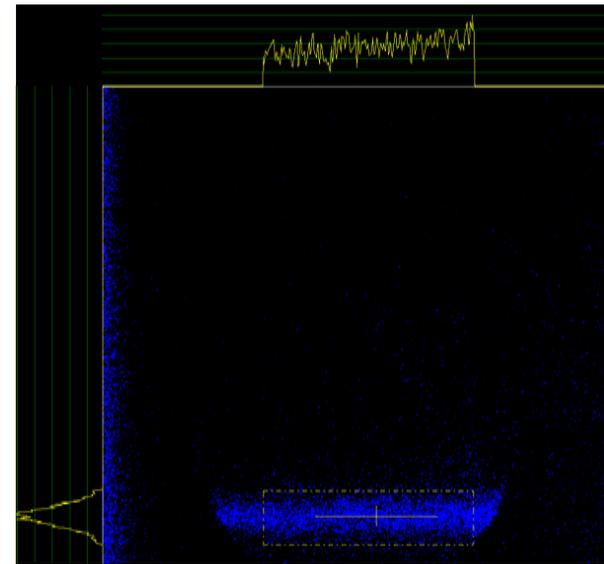
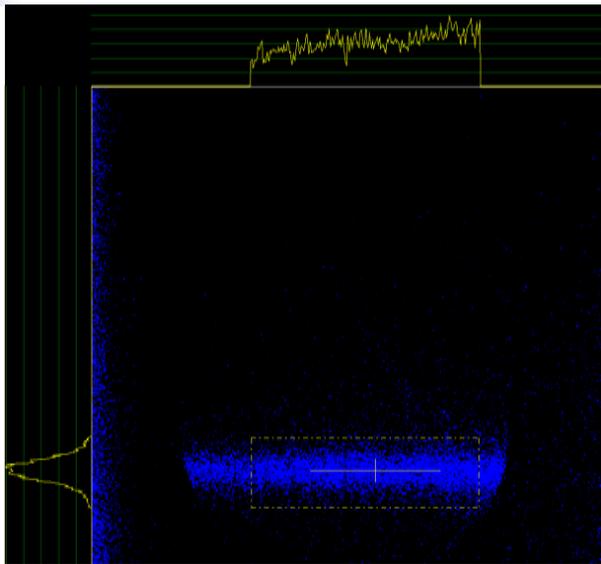




Messbedingungen

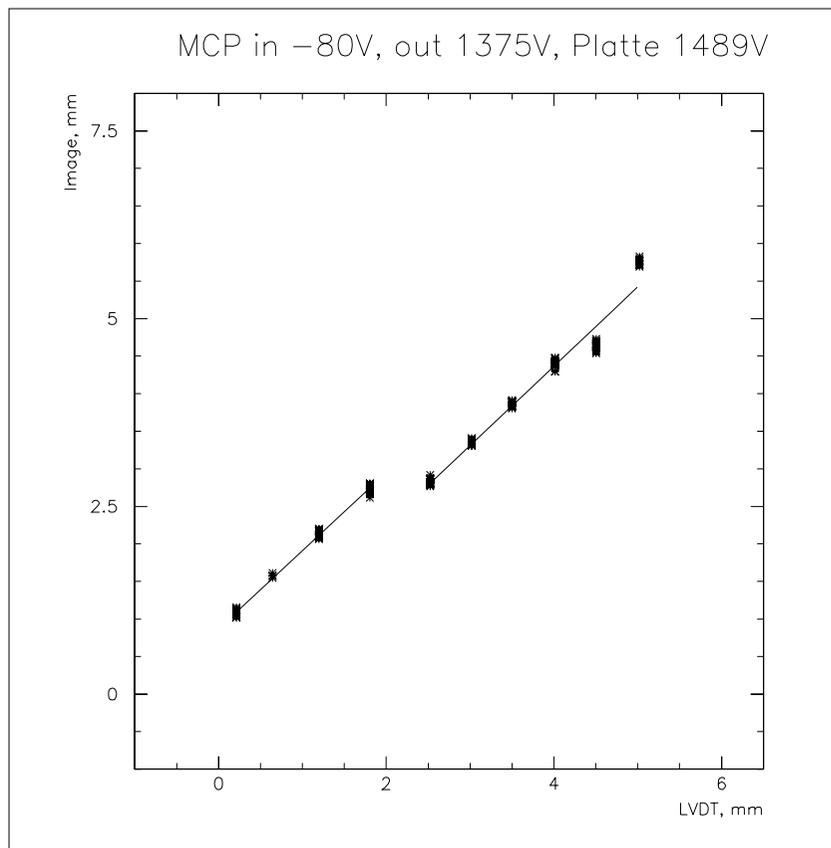
- Wellenlänge des Laserlichtes 13nm
- Druck 5E-06mbar
- Einfahren einer 1mm Blende in das Strahlrohr für definierte Strahlbedingungen
- Variieren der Strahlage durch vertikale Bewegung des Detektors mit Hilfe der Hubvorrichtung

Resultate



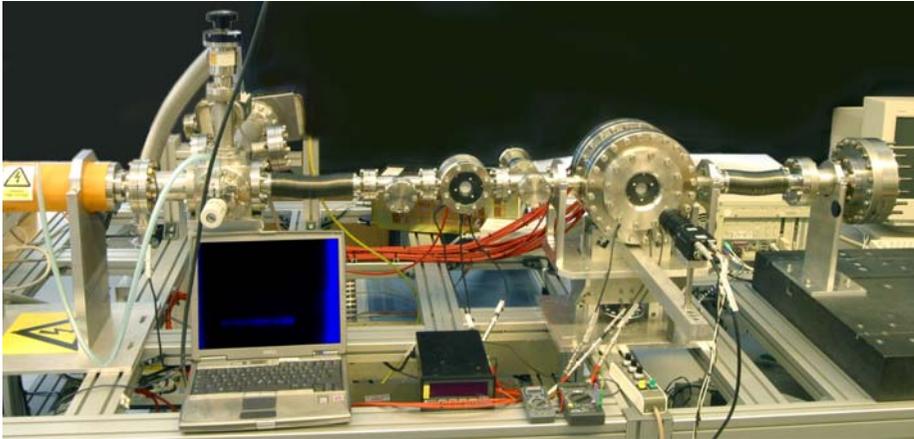
- Aufnahmen für unterschiedliche Strahlagen
- Unterschiedliche Position auf dem Detektor, identische Profilabbildung

Ergebnisse

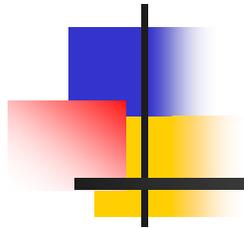


- Lineare Zusammenhang zwischen „wahrer“ und gemessener Strahlposition
- Erster Versuch zeigt eine Auflösung von $50\mu\text{m}$ (Schwankungsbereich des Strahles)

Ausblick



- Aufbau eines Teststandes in Zeuthen zur weiteren Untersuchung und Optimierung
- Automatisierung der Datennahme und Auswertung



Vielen Dank für Ihre
Aufmerksamkeit