



# Bestimmung der Strahlparameter am Freie Elektronen Laser

---

André Hofmann

11. Juli 2006



# Überblick

---

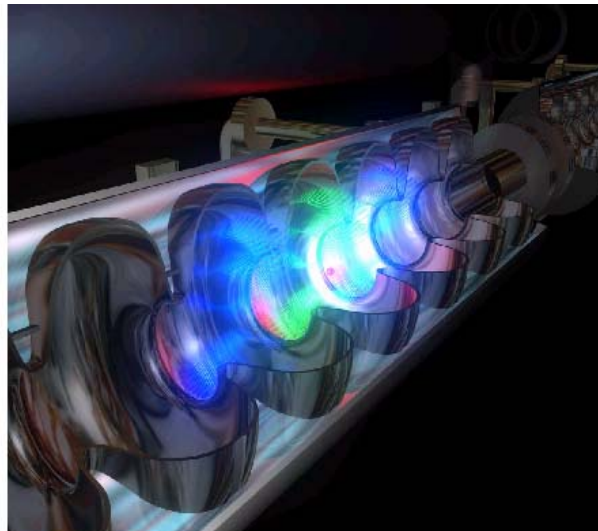
- Freie Elektronen Laser
- Strahlparameter
- Bestimmung der Strahlparameter
- Erste experimentelle Ergebnisse

# Freie Elektron Laser



Quelle:

Erzeugung eines Elektronenpaketes



Beschleuniger:

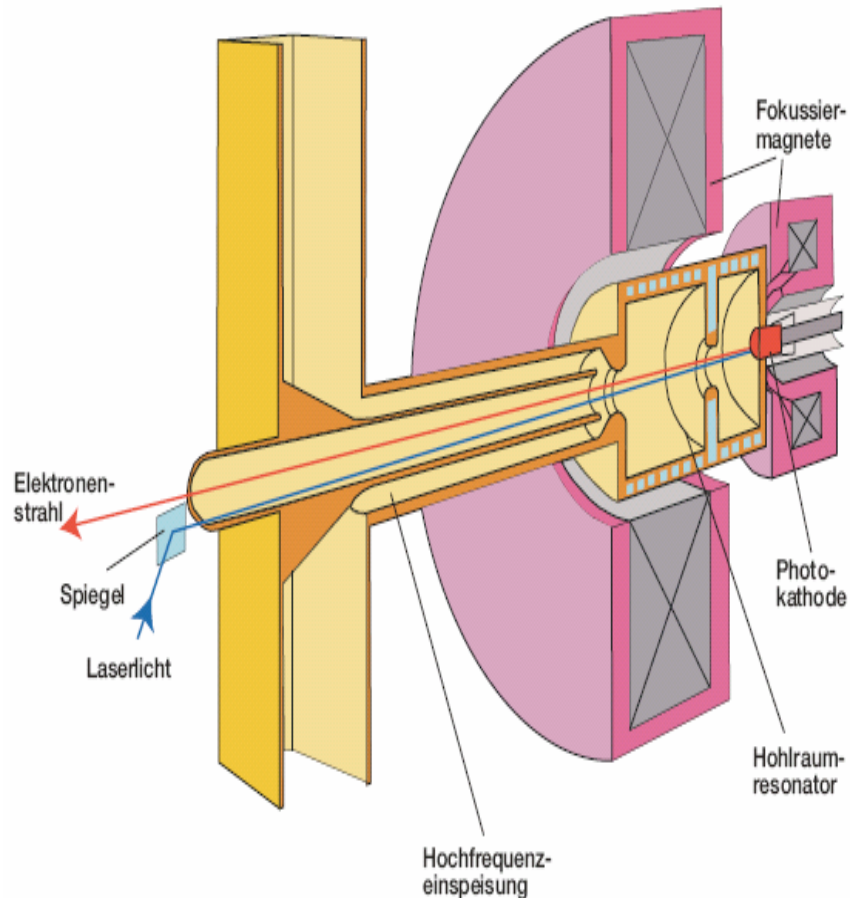
Erhöhung der Energie durch Beschleunigung des Elektronenpaketes



Undulator

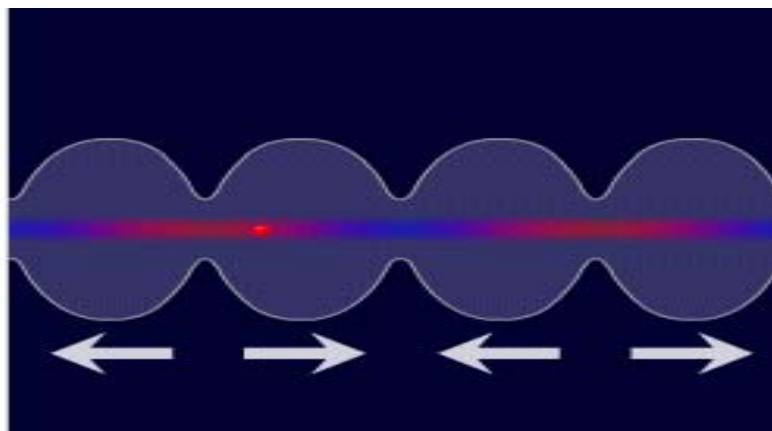
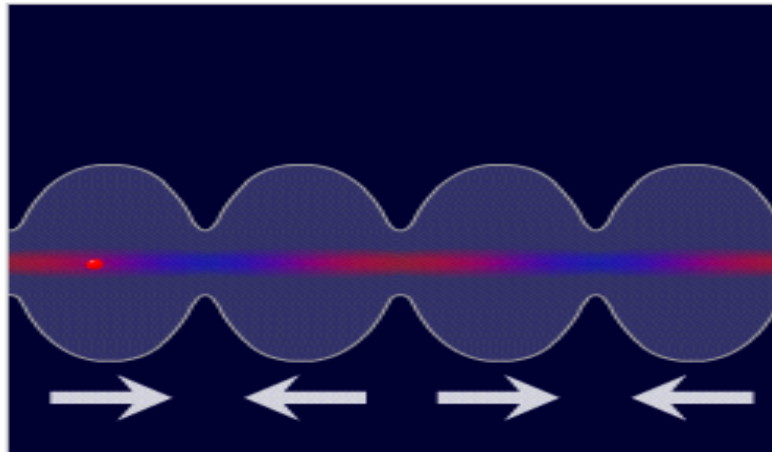
Erzeugung des Laserlichtes

# Quelle des Freie Elektron Laser



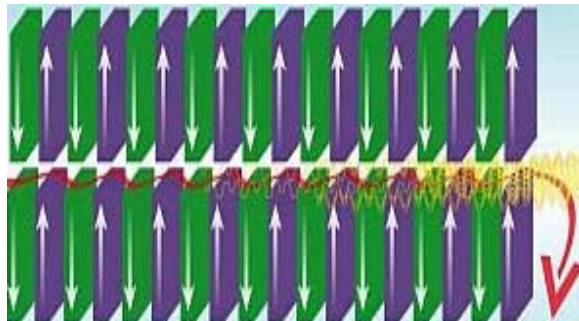
- Laserimpulse werden auf eine Photokathode geschossen, aus der sie Elektronen herausschlagen
- Beschleunigung des Elektronenpaketes
- Zusätzliche Bündelung durch Fokussierungsmagnete um ein Aufweiten zu verhindern

# Beschleuniger des Freie Elektronen Laser



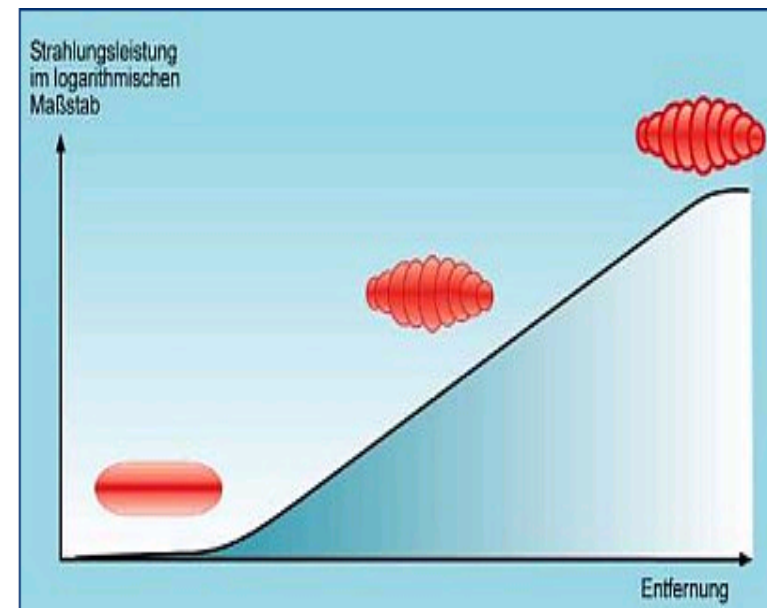
- Beschleuniger besteht aus mehreren Zellen, an welche elektrische Wechselfelder gelegt werden
- Bei richtiger Frequenz polen die Felder so um, dass die Elektronen stets beschleunigt werden

# Undulatoren

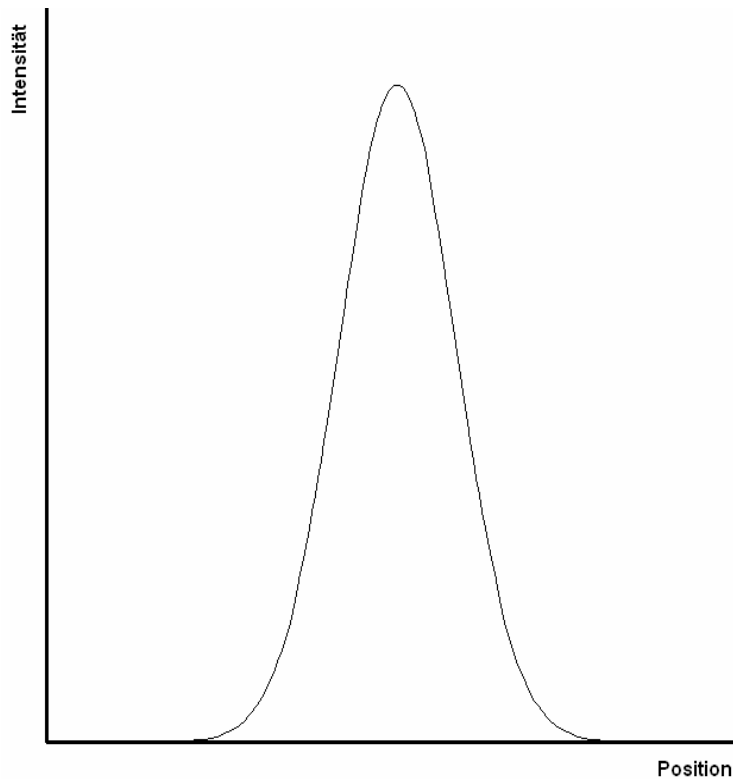


- Röntgenlicht wechselwirkt seinerseits mit Elektronenpaket
- Scheibchenbildung, Komprimierung zu einem Kleinstpaket
- Innerhalb des Kleinstpaketes „perfekte“ Überlagerung des Röntgenlichtes (kohärentes Licht)
- Verstärkung der Strahlungsintensität

- 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



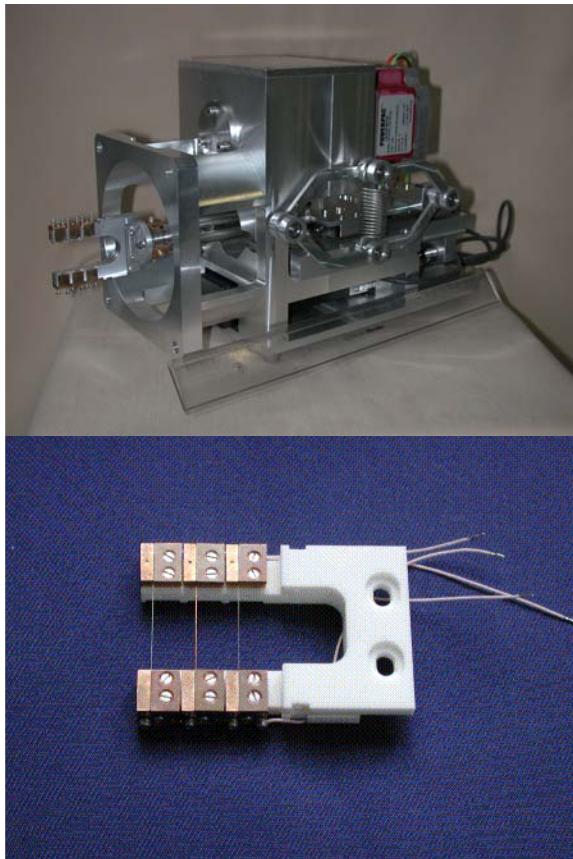
# Bestimmung der Strahlparameter

---

- 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 Wirecanners



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

# Funktionsweise eines Wirescanners

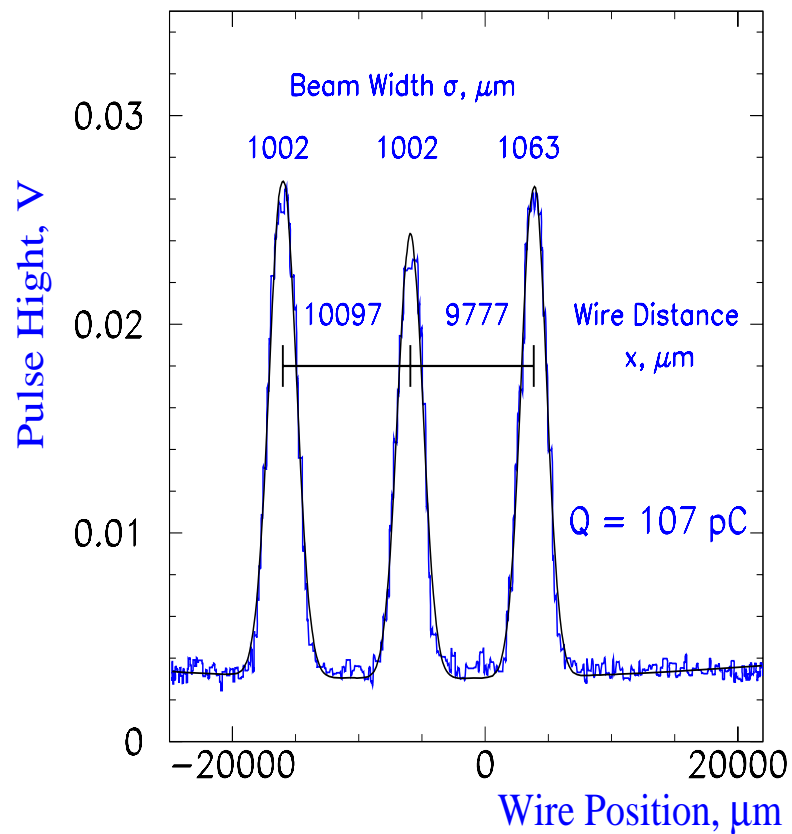


---

- 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

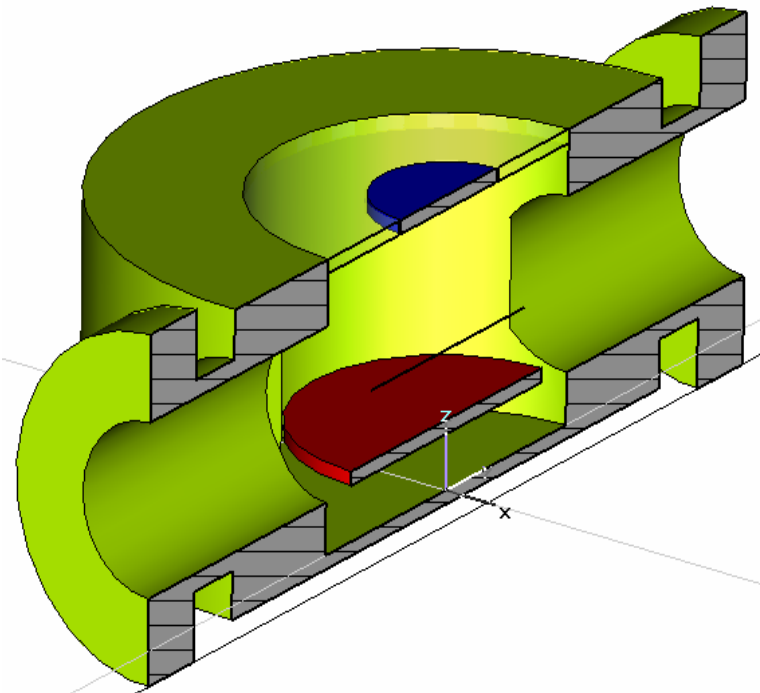
# Vor- und Nachteil der Wirescanner



---

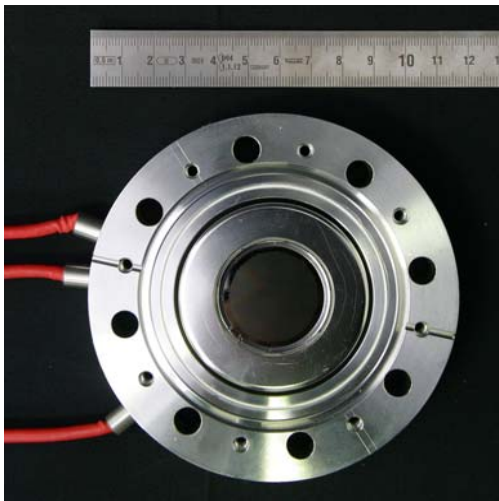
- Vorteil: Hohe räumliche Auflösung  
(viertel des Drahtdurchmessers)
- Nachteil: Zerstörung des Strahles  
Zerstörung des Drahtes  
bei hohen Strahlintensitäten

# Aufbau Restgasionendetektor



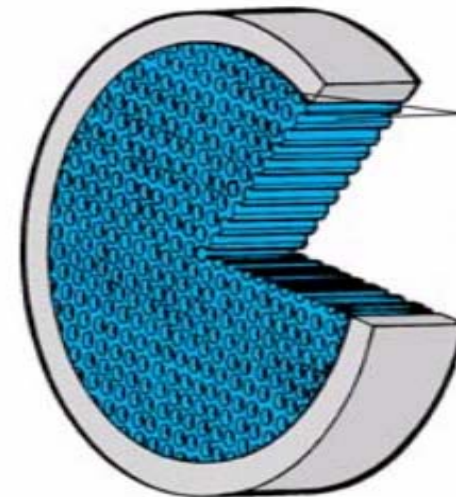
- Hauptbestandteile sind ein ortsauflösender Detektor (Mikrokanalplatte) und eine Gegenplatte
- Strahl bewegt sich zwischen dem Detektor (blau) und einer Gegenplatte hindurch
- Detektor und Gegenplatte werden auf Potential gelegt

# Mikrokanalplatte

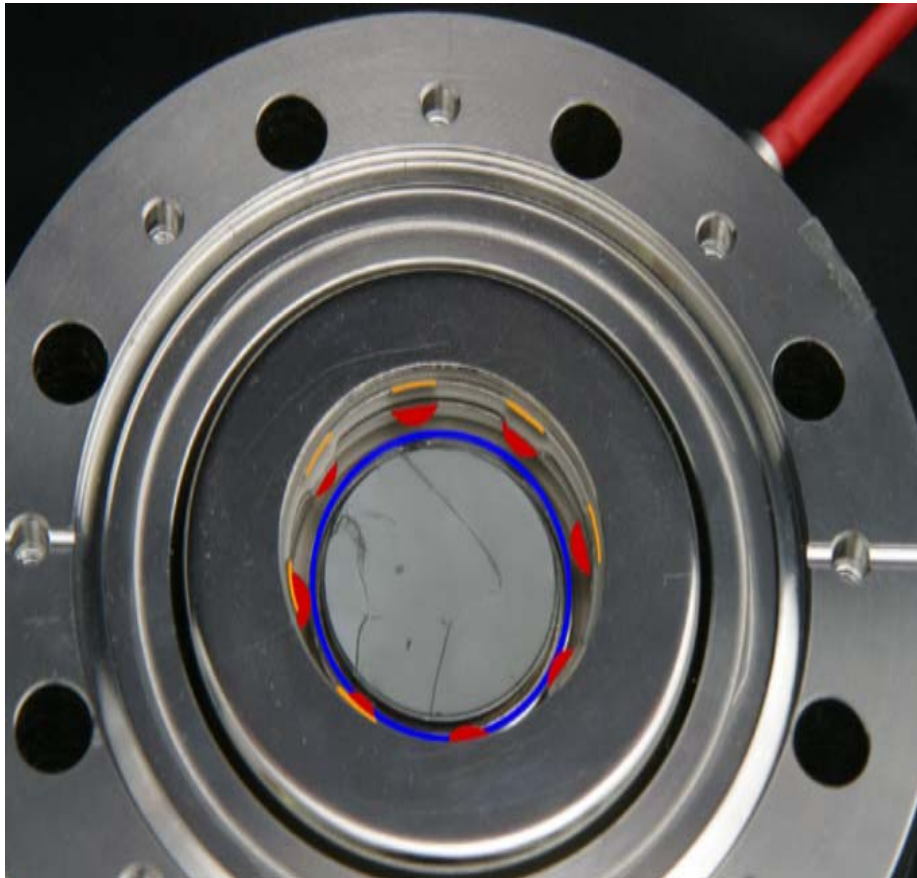


- Mikrokanalplatte (graue Fläche) mit Flansch

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

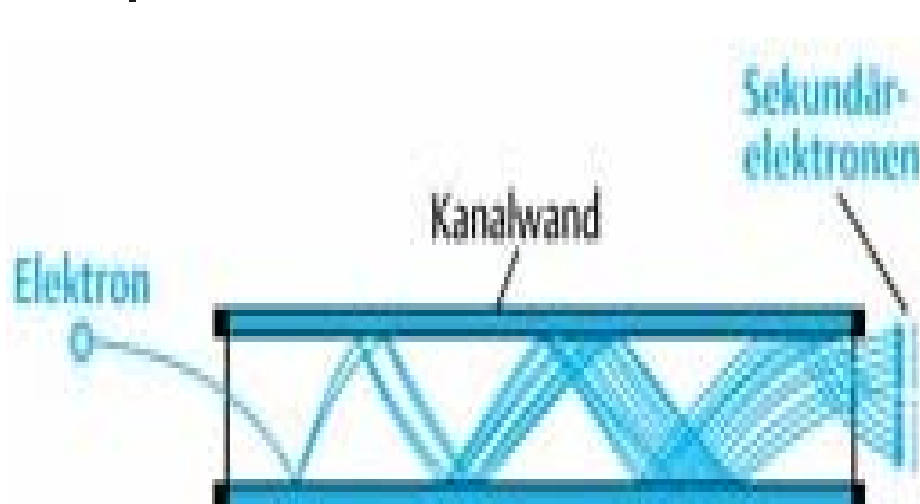


# Mikrokanalplatte



- 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)

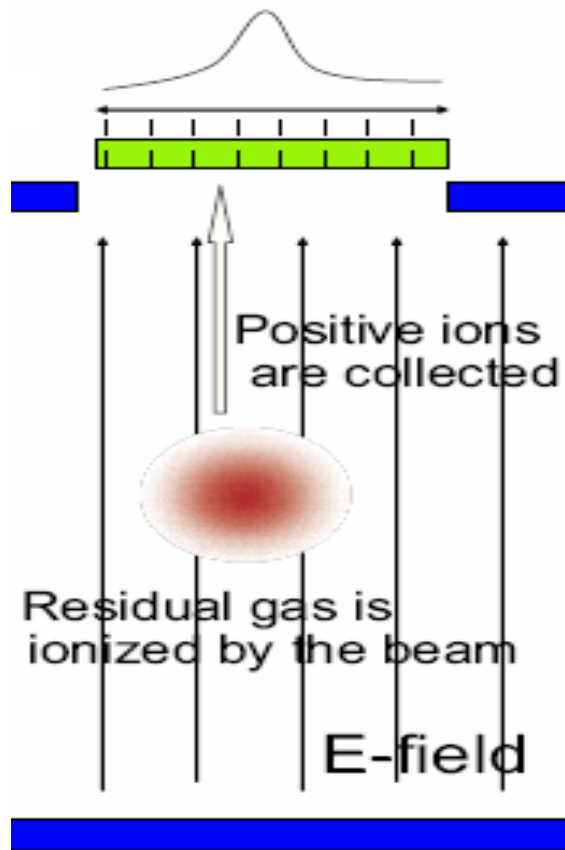
# Funktionsweise Mikrokanalplatte



- 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

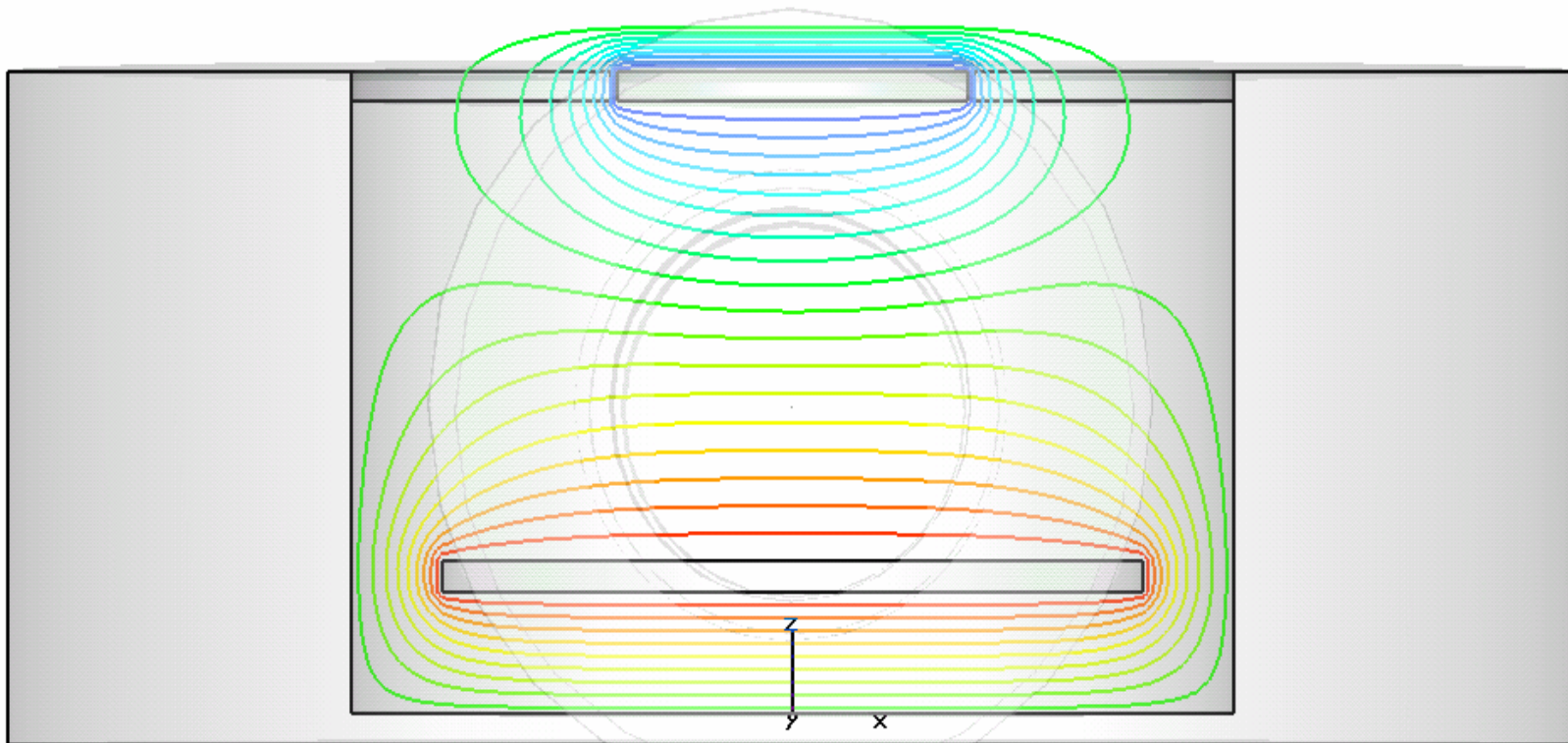


# Feldanforderung

---

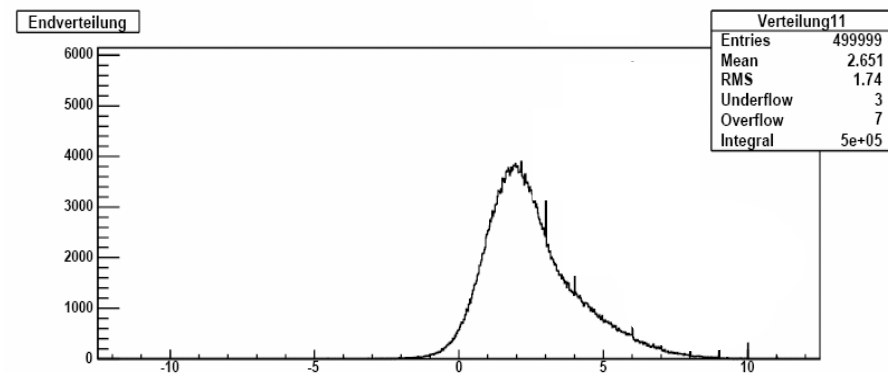
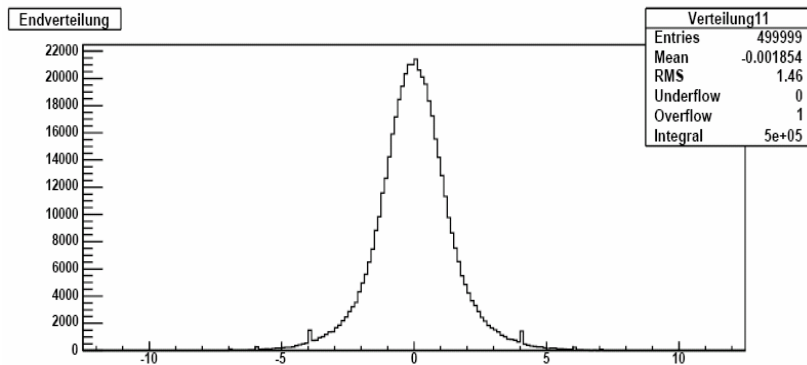
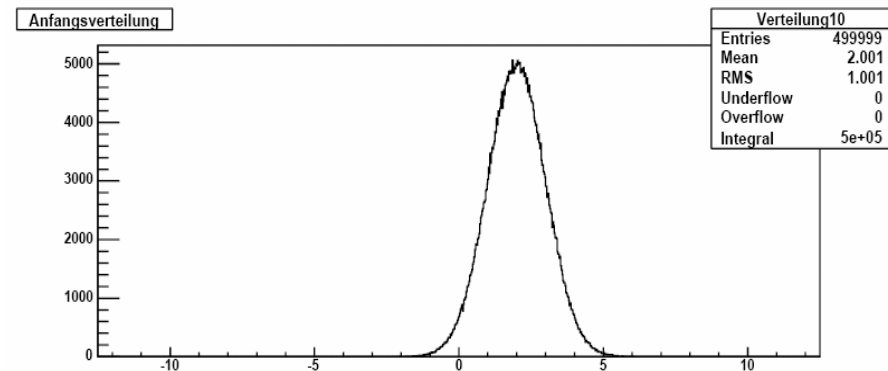
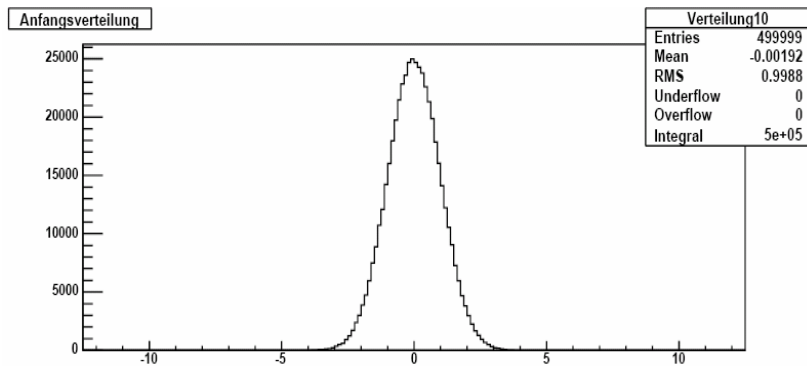
- Feld zwischen Gegenplatte und Detektor soll homogen sein
- In diesem Fall werden die Teilchen direkt auf die Mikrokanalplatte beschleunigt, so dass die Dichteverteilung auf Phosphorschirm der Intensitätsverteilung des Strahles entspricht

# Elektrisches Feld dieses Restgasionendetektors



- Äquipotentiallinien für eine typische Potentialbelegung
- Homogener Feldanteil zu gering

# Profilabbildung



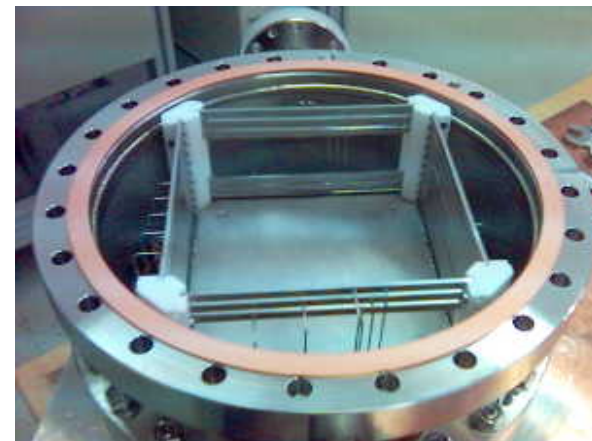
- Gute Strahlabbildung innerhalb des Zentralbereiches
- Weniger Millimeter außerhalb Profilverfälschung

# In Zeuthen erwickelter, verbesserter Aufbau

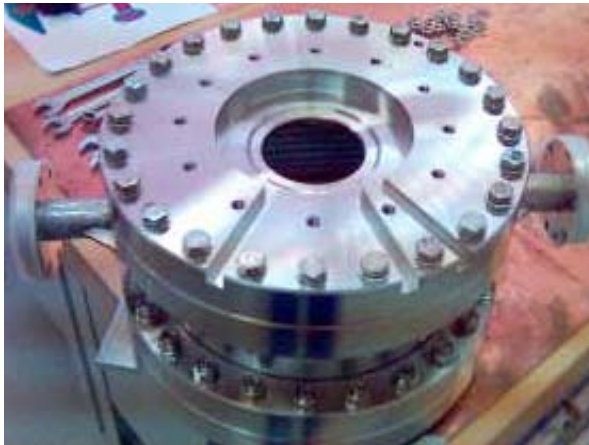


- Einbau eines Elektrodenkäfigs (Stützstellen)
- Die Elektroden können paarweise auf unterschiedlich Potentiale gelegt werden

- Einfacher Aufbau unzureichend, daher Erweiterung des Aufbaus notwendig



# Restgasionendetektor

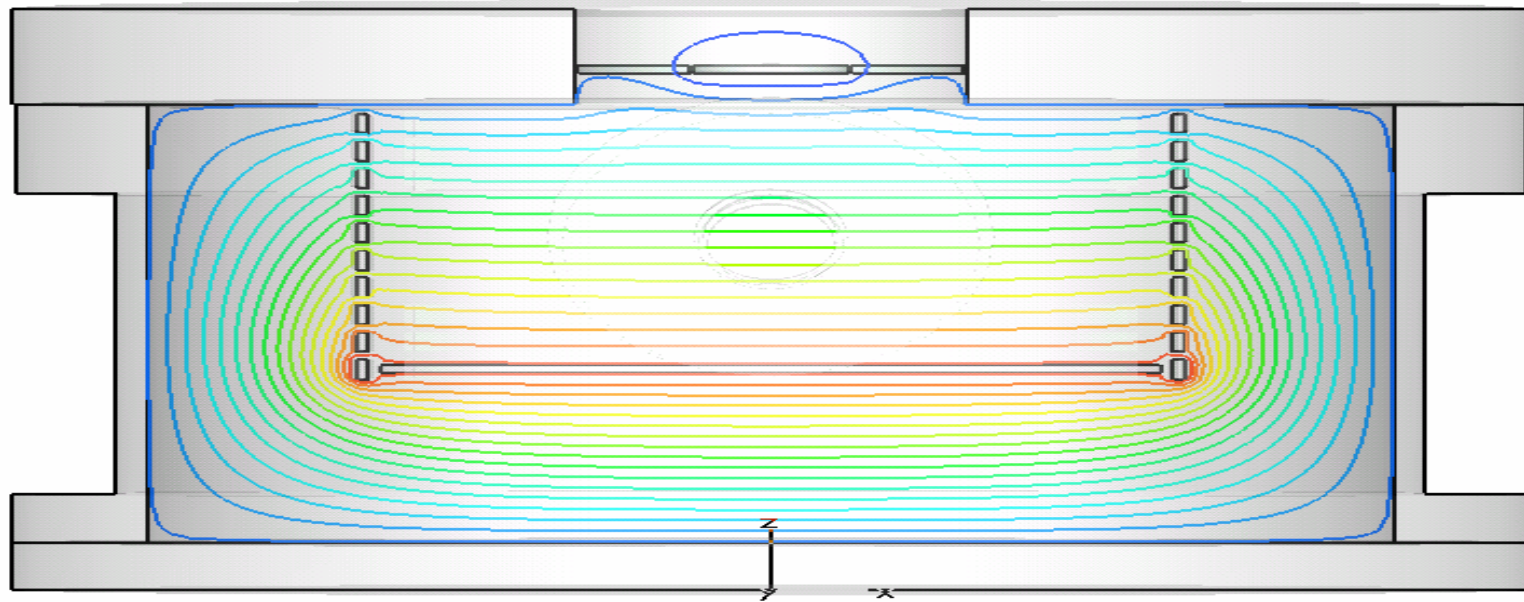


- Überhalb des Elektrodenkäfigs wird die Mikrokanalplatte installiert

- Fertiger Restgasionendetektor mit eingebauter Mikrokanalplatte

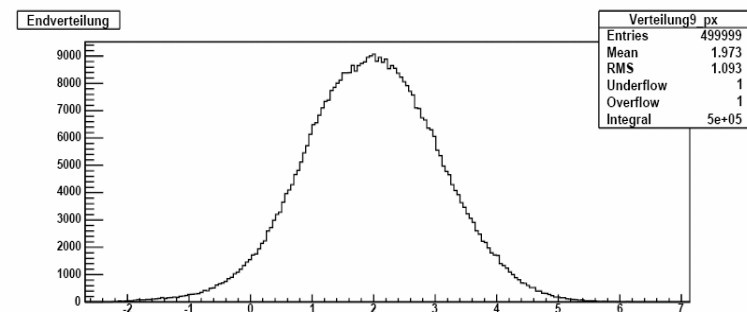
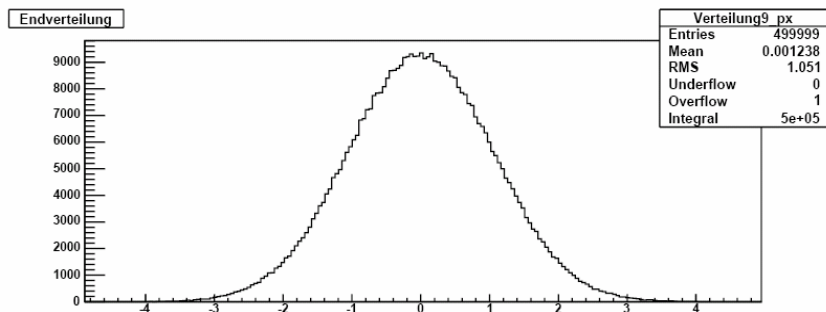
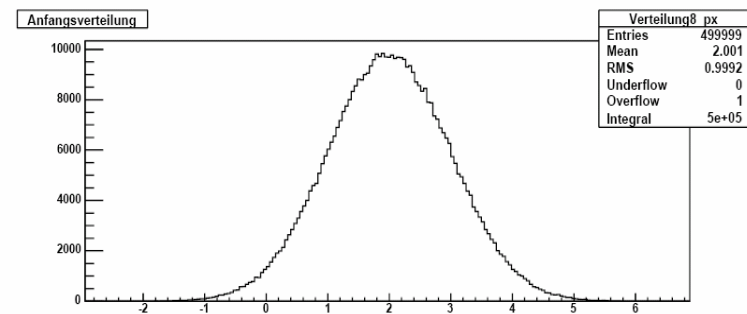
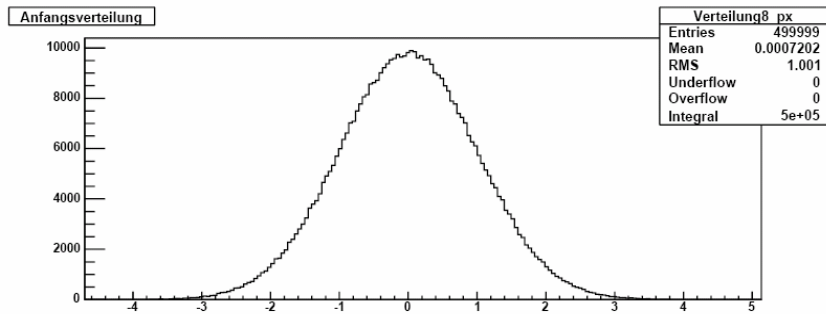


# Elektrisches Feld für erweiterten Aufbau



- 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  $750\text{ns}$



# Einsatzgebiet des Restgasionendetektors

---

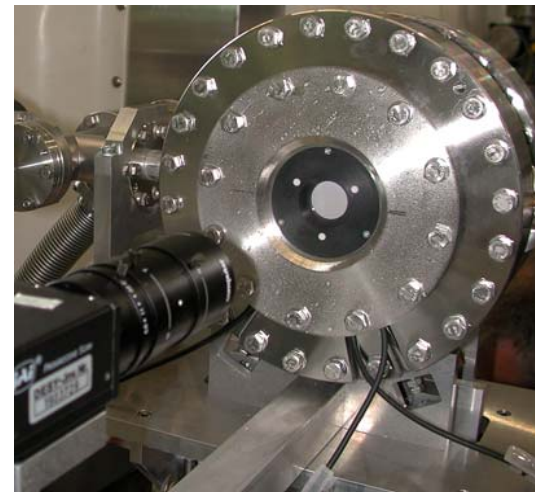
- Einsatzgebiet ist FLASH (Freie Elektronen Laser in Hamburg)
- Bestimmung der Strahlparameter des Laserlichtes

# 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



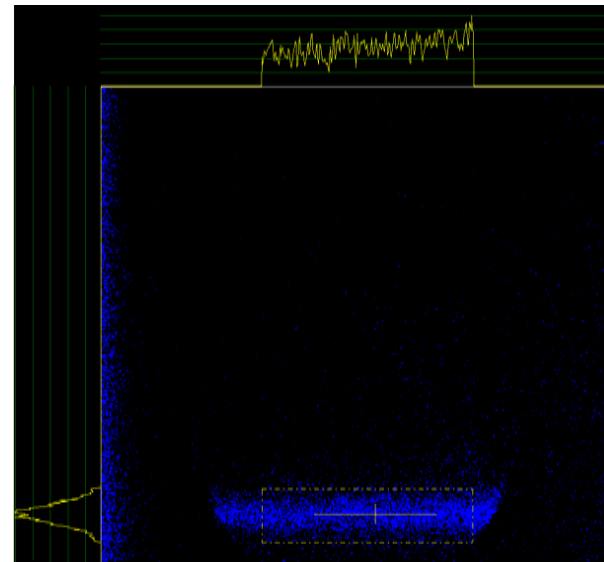
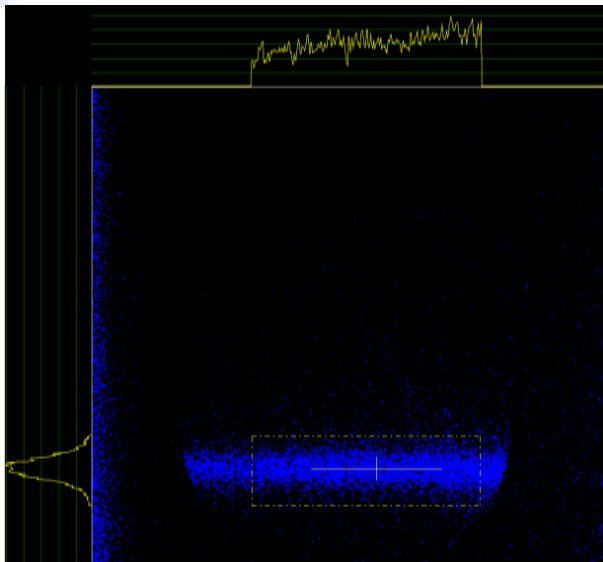


# Messbedingungen

---

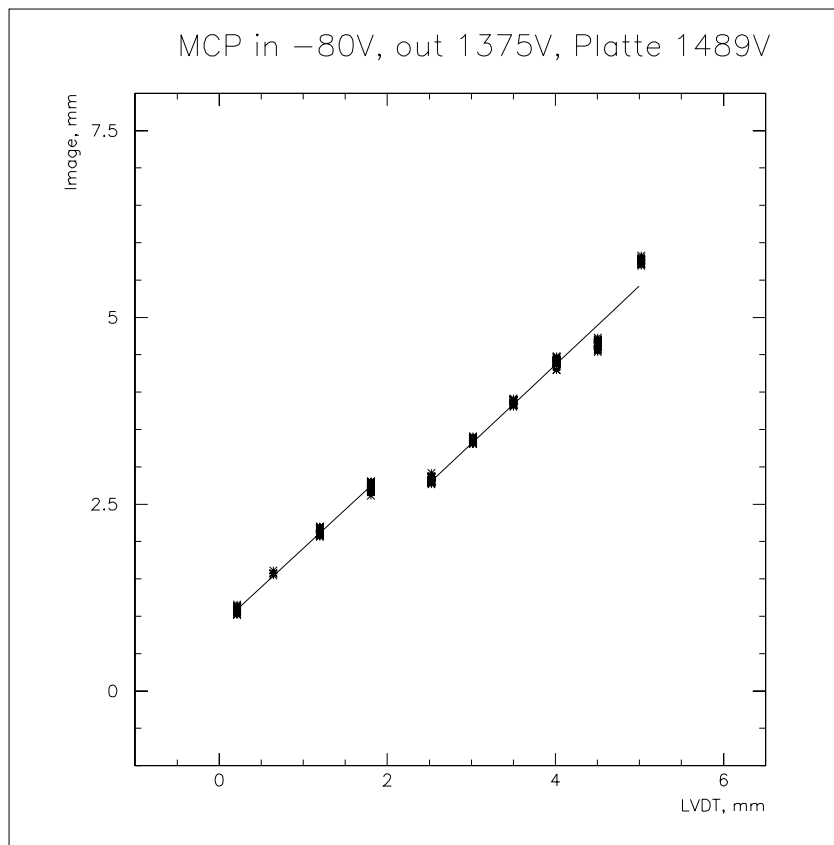
- Wellenlänge des Laserlichtes 13nm
- Druck 5E-06mbar
- Einfahren einer 1mm Blende in das Strahlrohr für definierte Strahlbedingungen
- Variieren der Strahlage durch vertikale Bewegung des Detektors mit Hilfe der Hubvorrichtung

# Resultate



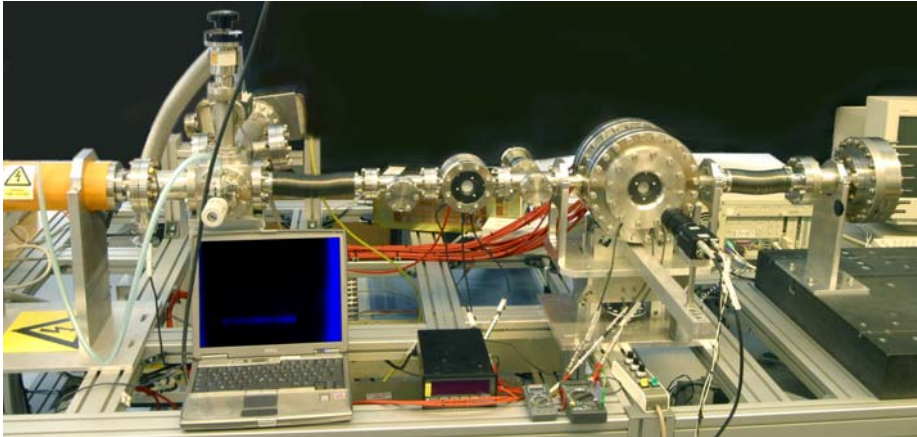
- Aufnahmen für unterschiedliche Strahlagen
- Unterschiedliche Position auf dem Detektor, identische Profilabbildung

# Ergebnisse



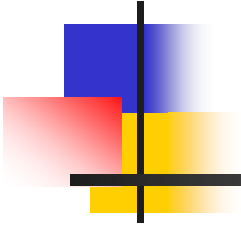
- Lineare Zusammenhang zwischen „wahrer“ und gemessener Strahlposition
- Erster Versuch zeigt eine Auflösung von  $50\mu\text{m}$  (Schwankungsbereich des Strahles)

# Ausblick



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





---

Vielen Dank für Ihre  
Aufmerksamkeit