

# Messungen der transversalen Emittanz am VUV-FEL

28. März 2006

DPG Frühjahrstagung (Dortmund)

Florian Lühl (DESY)

Katja Honkavaara (Uni HH)

# Überblick

- Versuchsanordnung
- Bestimmung der Emittanz aus
  - Fit der Twiss Parameter and die Strahlbreiten
  - Phasenraumtomographie (Maximum Entropie Algorithmus)
- Bildanalyse
- Beispiel einer Messung
- Zusammenfassung / Ausblick

# Definition der transversalen Emittanz

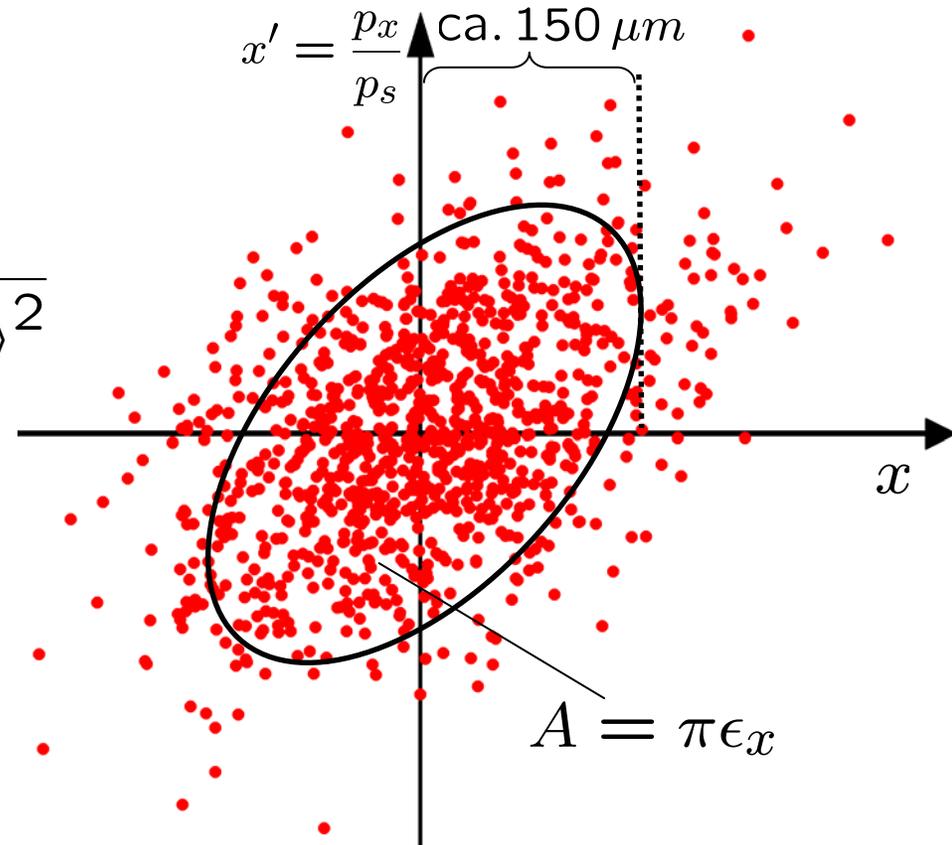
Die Emittanz ist ein Maß für das vom Elektronenpaket im Phasenraum belegte Volumen.

Statistische Definition der normierten transversalen Emittanz:

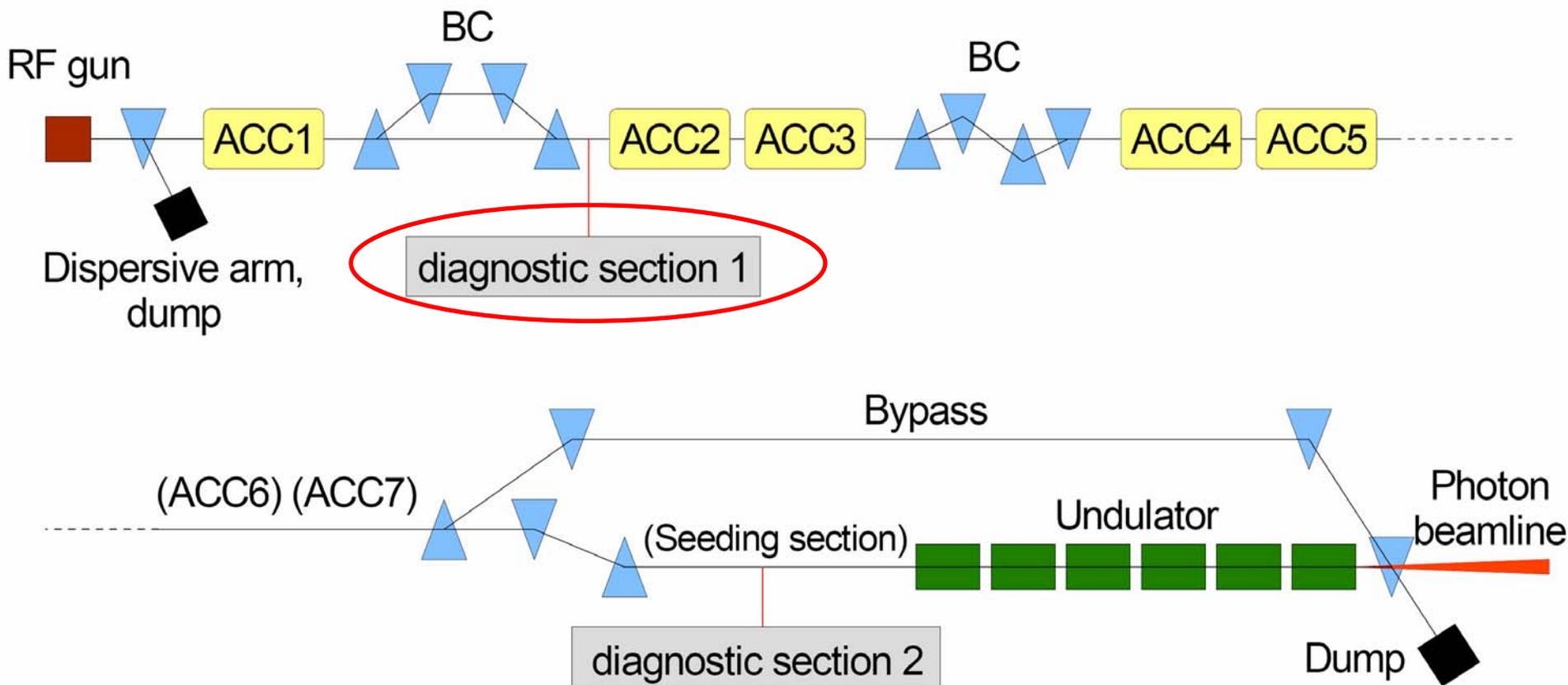
$$\epsilon_{x,n} = \frac{p}{m_0 c} \sqrt{\langle x^2 \rangle \langle x'^2 \rangle - \langle x x' \rangle^2}$$

Phasenraum-Ellipse bestimmt durch Strahlmatrix:

$$\sigma = \begin{pmatrix} \langle x^2 \rangle & \langle x x' \rangle \\ \langle x x' \rangle & \langle x'^2 \rangle \end{pmatrix}$$

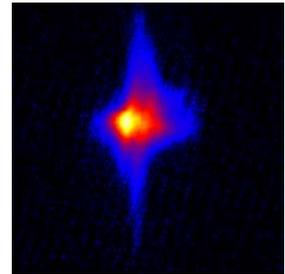
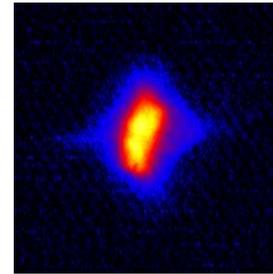
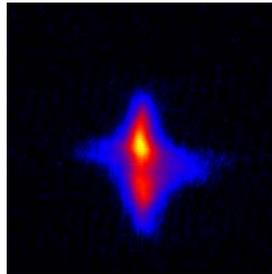
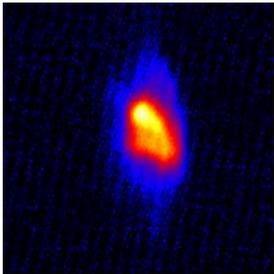
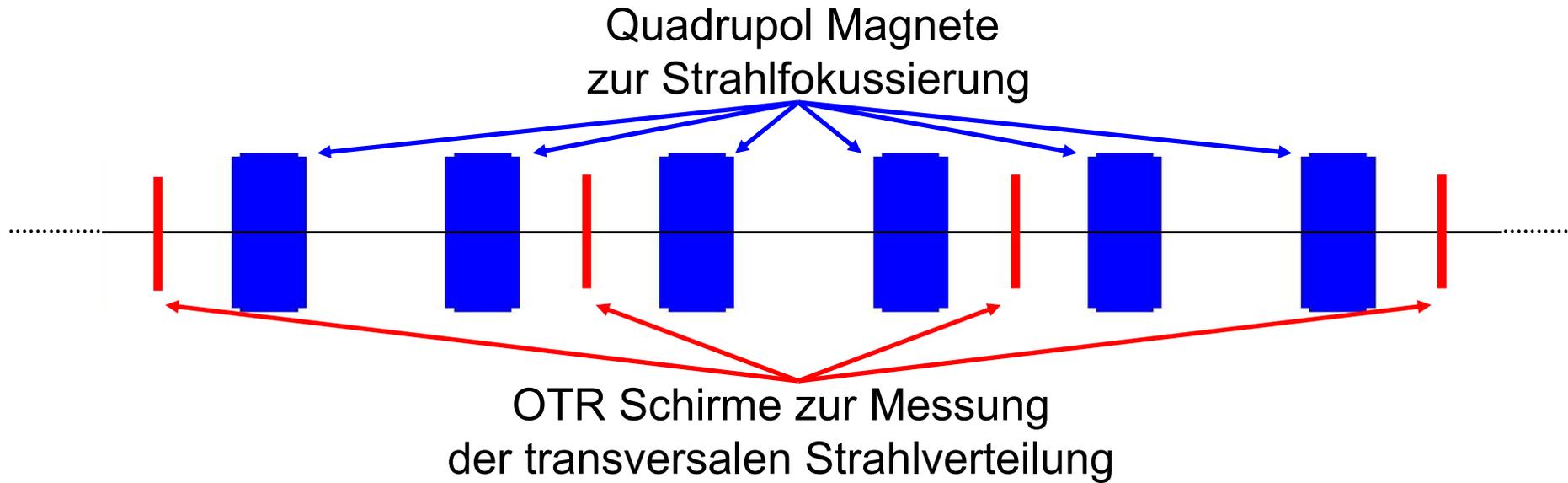


# Der VUV-FEL

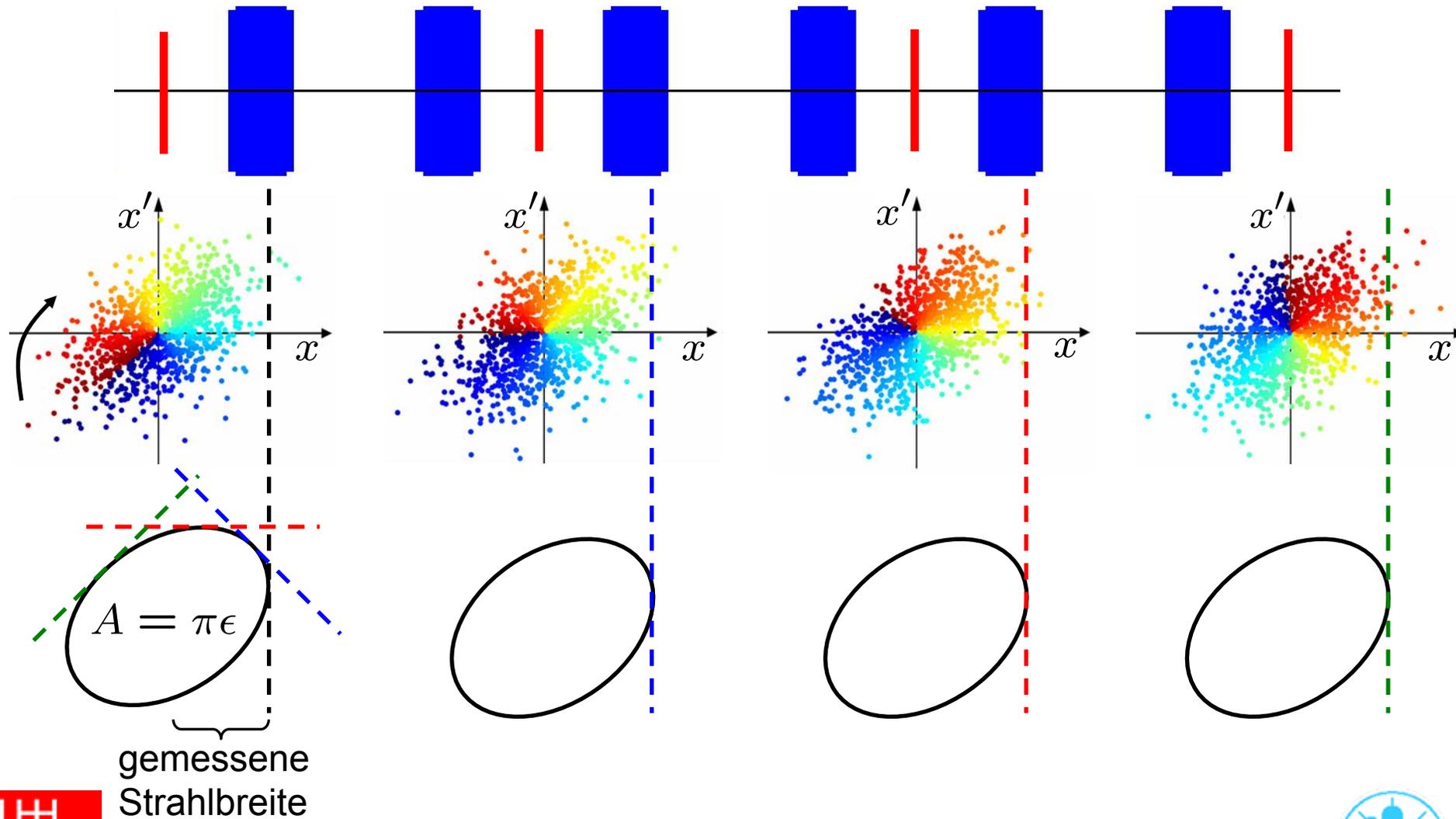


Designwert der normierten Emittanz:  $\epsilon_n = 2 \text{ mm mrad}$

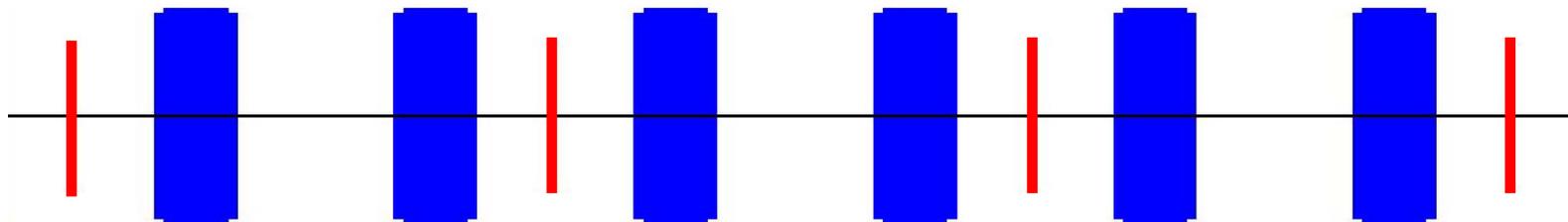
# Versuchsaufbau für die Messung der Emittanz



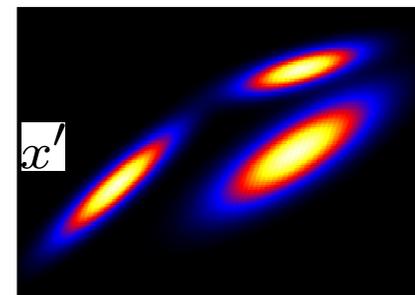
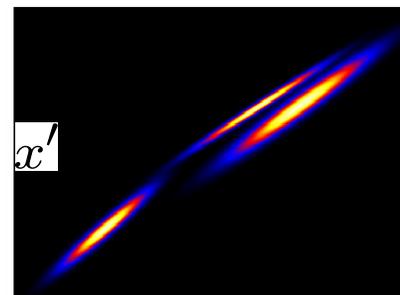
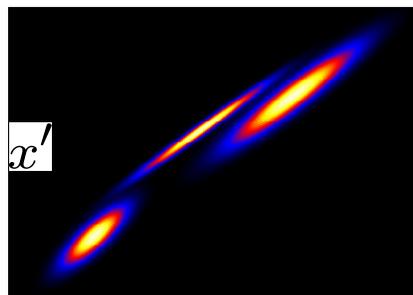
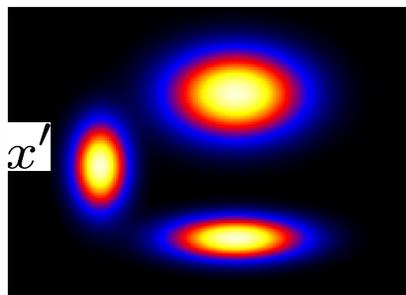
# Methode 1: Bestimmung der Emittanz aus den gemessenen Strahlbreiten



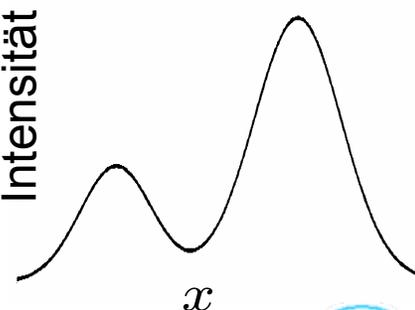
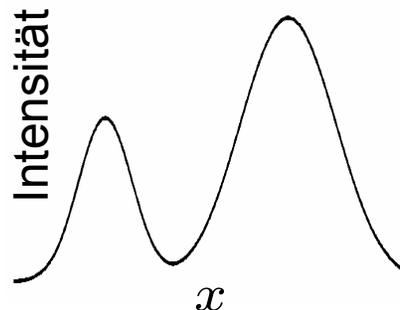
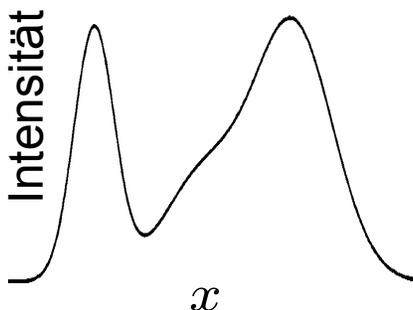
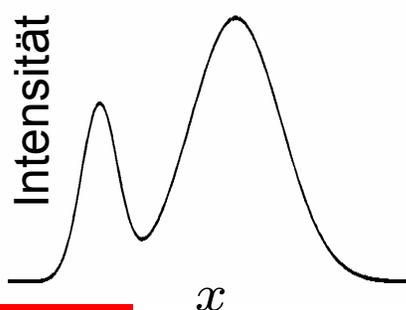
# Methode 2: Tomographische Rekonstruktion der Phasenraumverteilung



Phasenraumverteilung



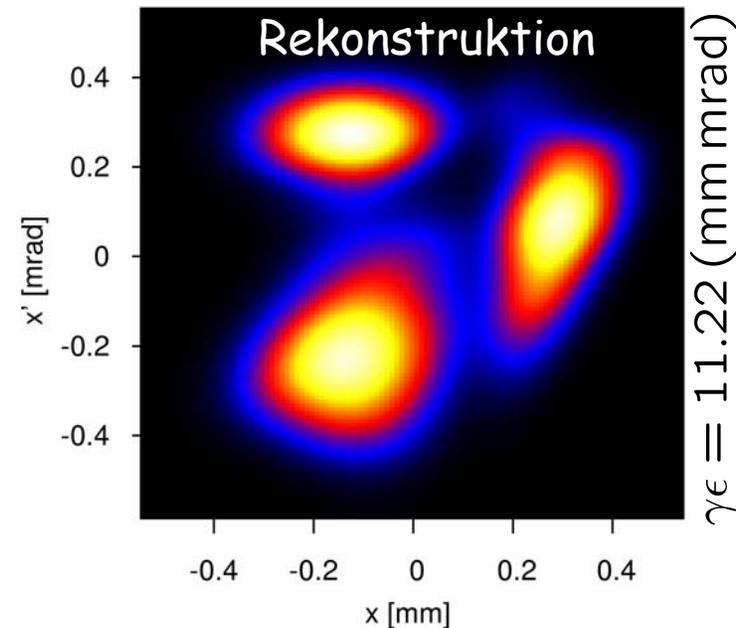
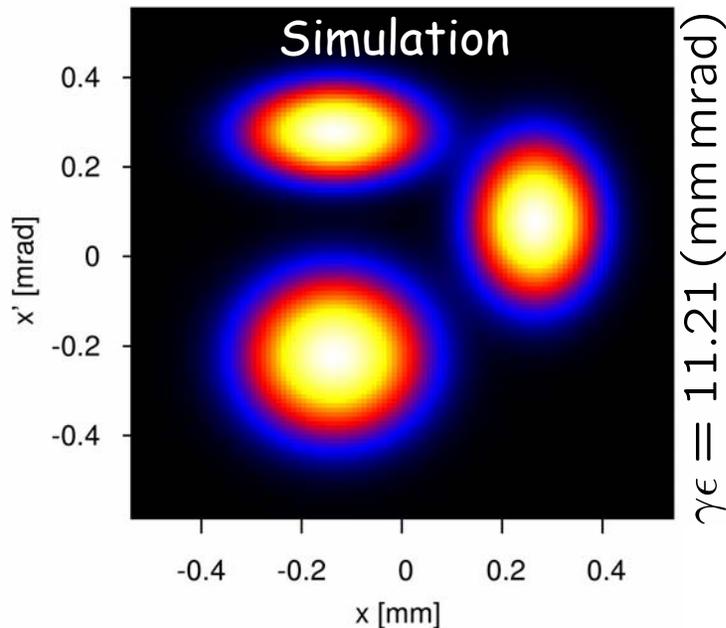
Messbares Strahlprofil



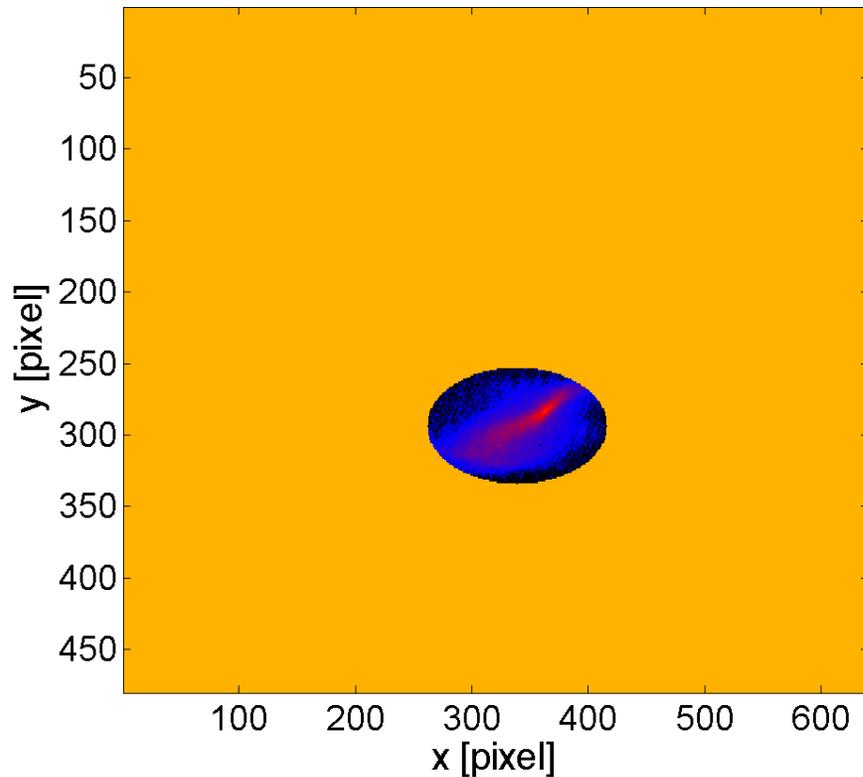
# Methode 2: Tomographische Rekonstruktion der Phasenraumverteilung

Aus den gemessenen Strahlprofilen kann die Phasenraumverteilung mithilfe eines Tomographie-Verfahrens rekonstruiert werden.

- Aufgrund der geringen Anzahl an Projektionen ist die Rekonstruktion nicht eindeutig.  
→ Maximierung der Entropie der Phasenraumverteilung liefert die wahrscheinlichste Verteilung.



# Bildanalyse

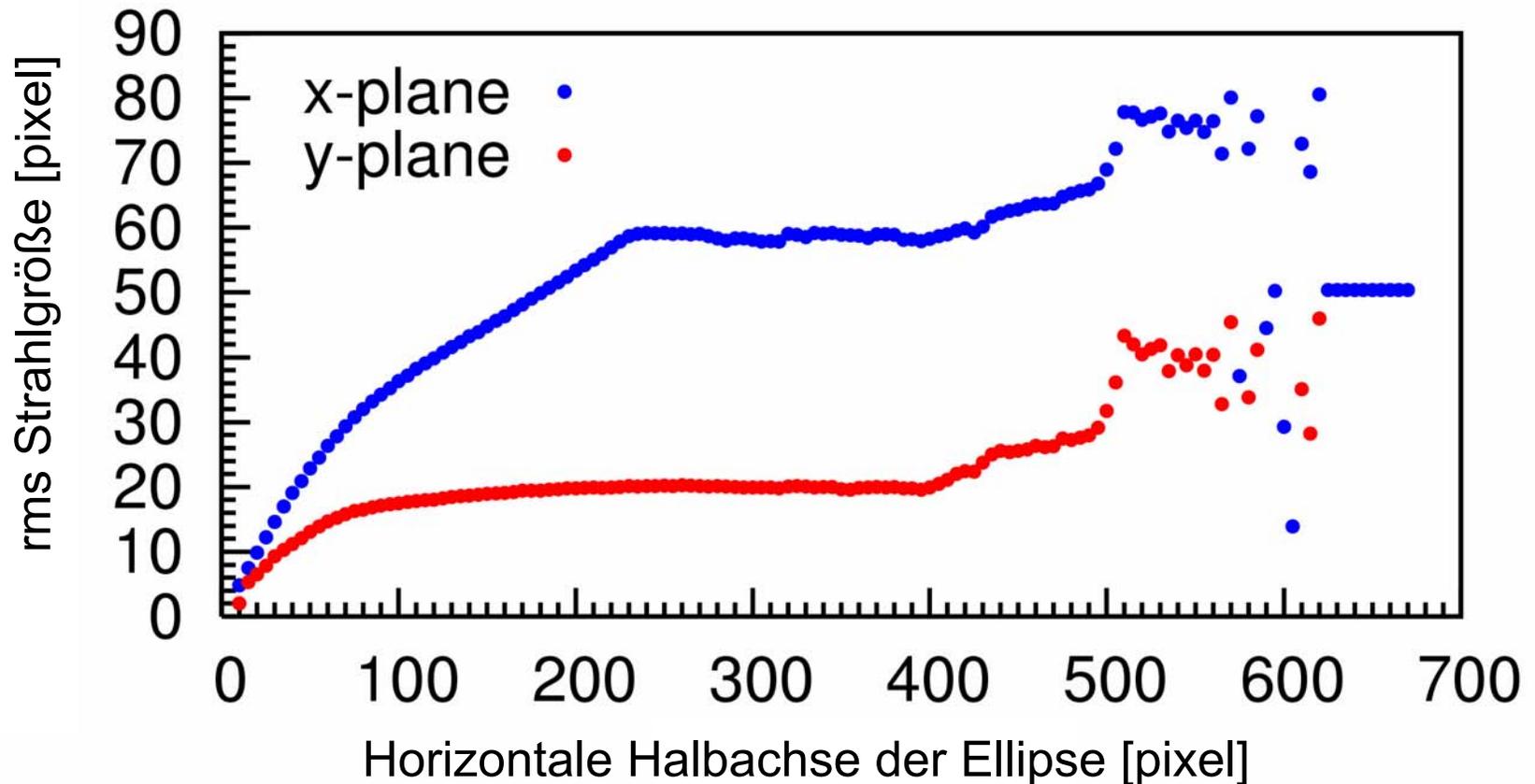


Zur exakten Bestimmung der Strahlbreiten und –profile wird ein aufwendiger Analyse-Algorithmus verwendet.

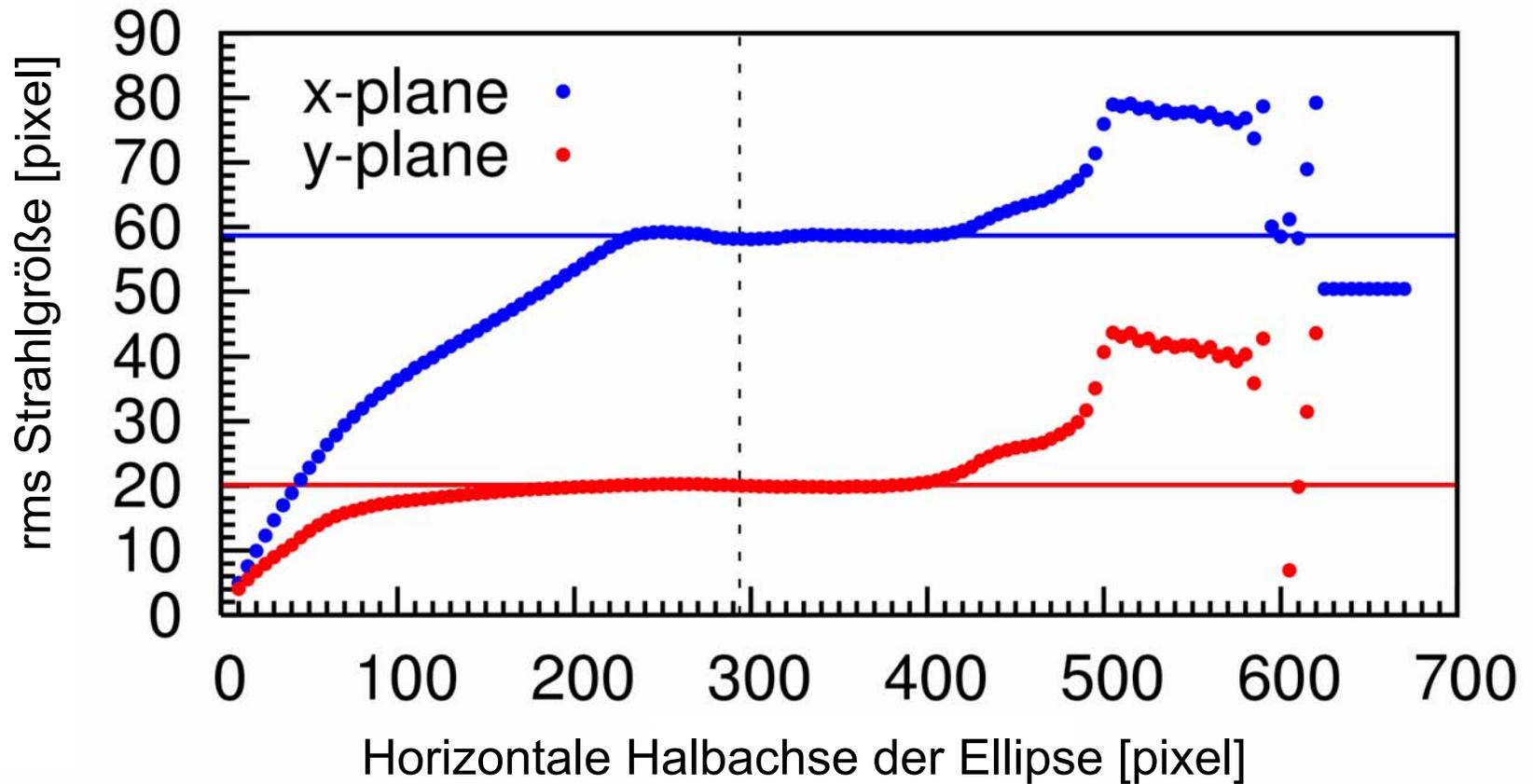
Dieser ermöglicht die korrekte Rekonstruktion der durch Rauschen dominierten „Strahlschwänze“.

Der Algorithmus basiert auf einer „region-of-interest“ und bietet die Option, zusätzlich zur Emittanz des gesamten Strahls die Emittanz des „Strahlkerns“ zu bestimmen.

# Abhängigkeit der Strahlgröße von der Größe der „region-of-interest“

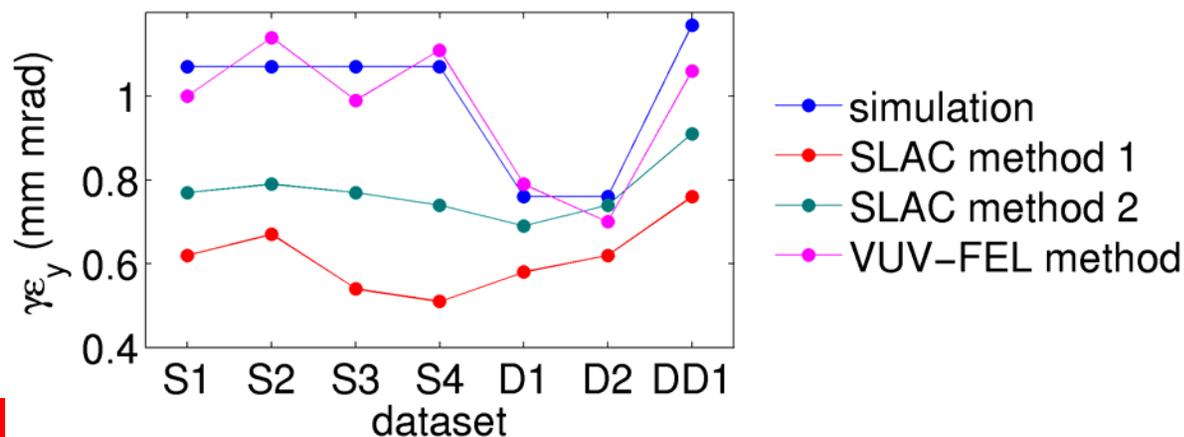
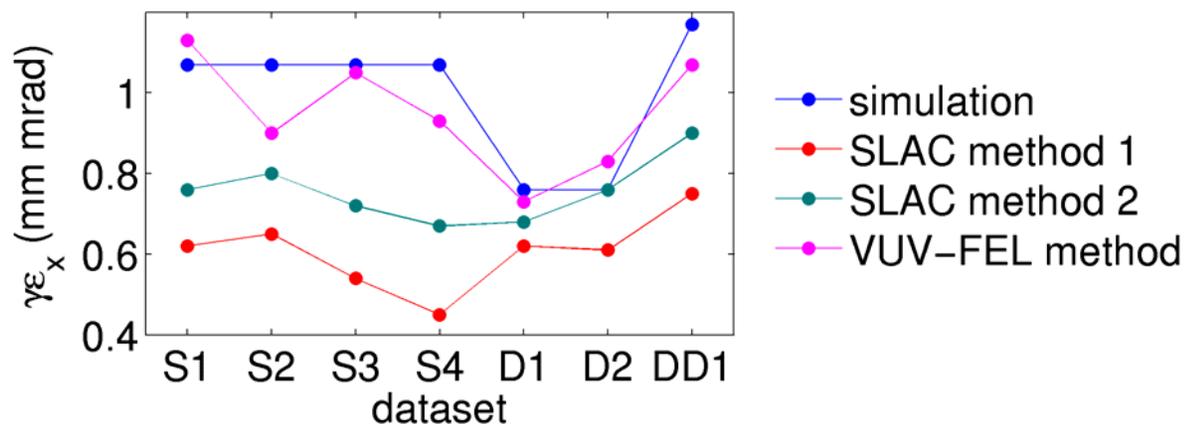


# Arbeitspunkt für die Messungen



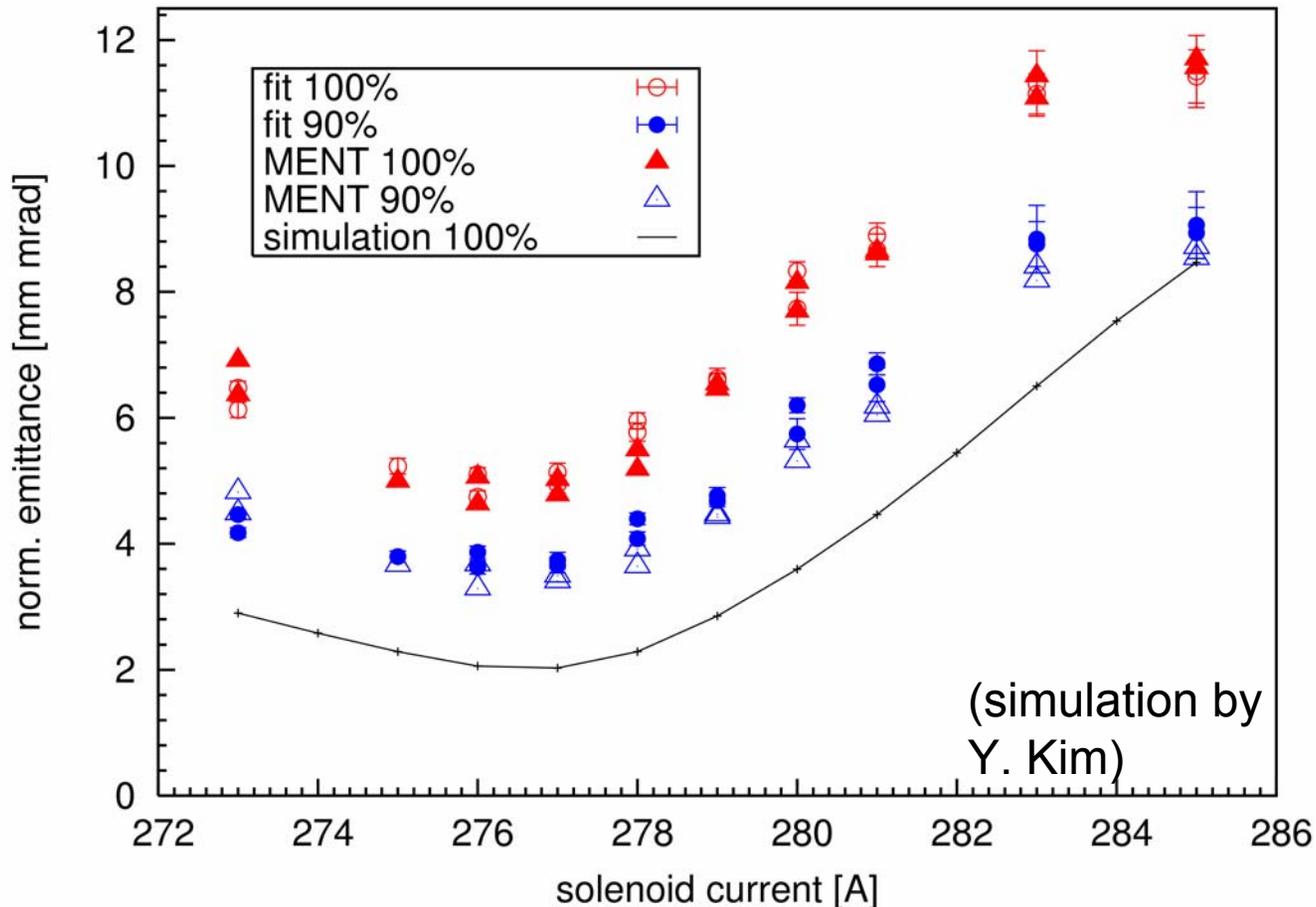
# Vergleich der Ergebnisse der Emittanz aus verschiedenen Bildbearbeitungsmethoden

- Bestimmung der Emittanz aus einer 3-Schirm Messung
  - Nur ein Bild / Schirm → möglicher Fehler durch Rauschen ist groß

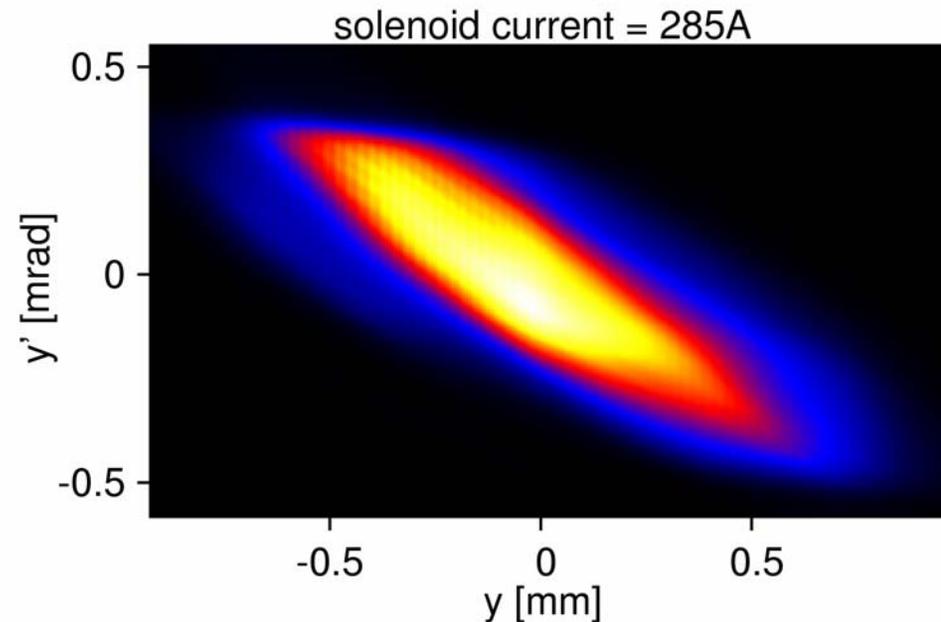
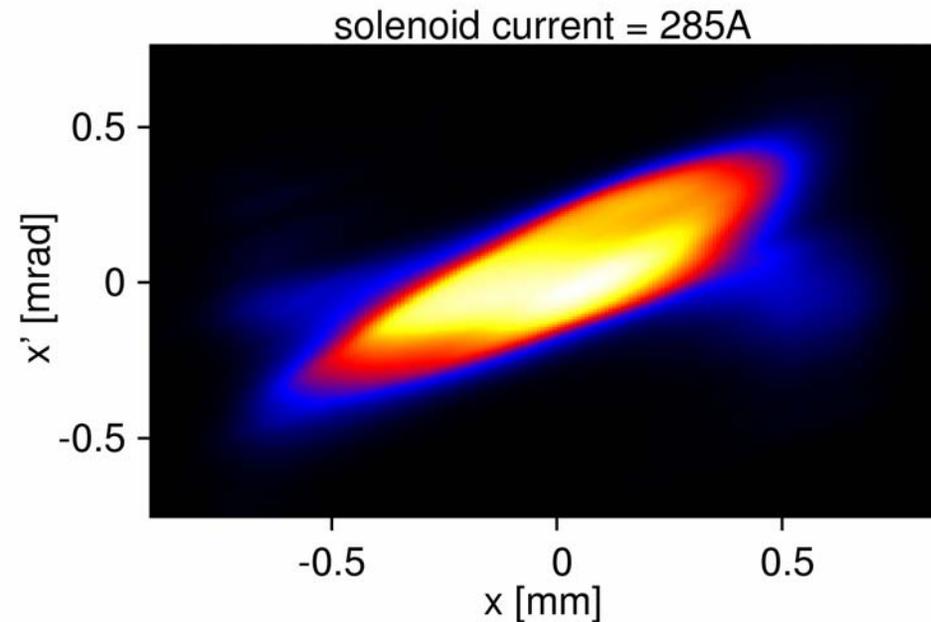


(Simulation and SLAC results from ICFA Mini-Workshop on Commissioning of X-Ray Free Electron Lasers, April 18-22, 2005, DESY Zeuthen, Germany)

# Beispielmessung: Abhängigkeit der Emittanz vom Hauptsolonoiden-Strom



# Rekonstruierter Phasenraum für verschiedene Hauptsolenoide-Ströme



# Zusammenfassung / Ausblick

- Die Bildanalyse ist entscheidend für eine genaue Rekonstruktion der Emittanz.
- Die beiden verwendeten Methoden liefern konsistente Ergebnisse.
- Bei optimierten Arbeitspunkten des VUV-FEL konnten die Designwerte der normierten Emittanz von 2.0 mm mrad im Injektorbereich des VUV-FEL erreicht werden.
- Der Transport der Emittanz durch den Beschleuniger wird in den kommenden Wochen näher untersucht und optimiert.