

Charakterisierung und Anwendungsmöglichkeiten einer geclusterten Ionenstrahlquelle

Frank Scholze, Michael Tartz, Horst Neumann

Workshop "Oberflächentechnologie mit Plasma- und
Ionenstrahlprozessen"

Teilaufgabe des Verbundprojektes



SenVac GmbH



INP e.V. Greifswald



Roth & Rau
Oberflächentechnik AG

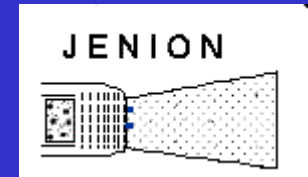
Institut für Oberflächen-
modifizierung e.V.
Leipzig

„Strahlprofilsteuerung großflächiger
Ionenstrahlquellen für die
Ultrapräzisionsbearbeitung“

Projektträger : VDI - Technologiezentrum



Ernst Moritz Arndt
Universität Greifswald
Institut für Physik

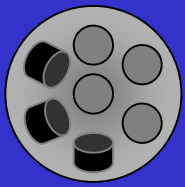


Dr. Hermann Schlemm
Ionenstrahl- und
Oberflächentechnik



AIS Automation Dresden GmbH



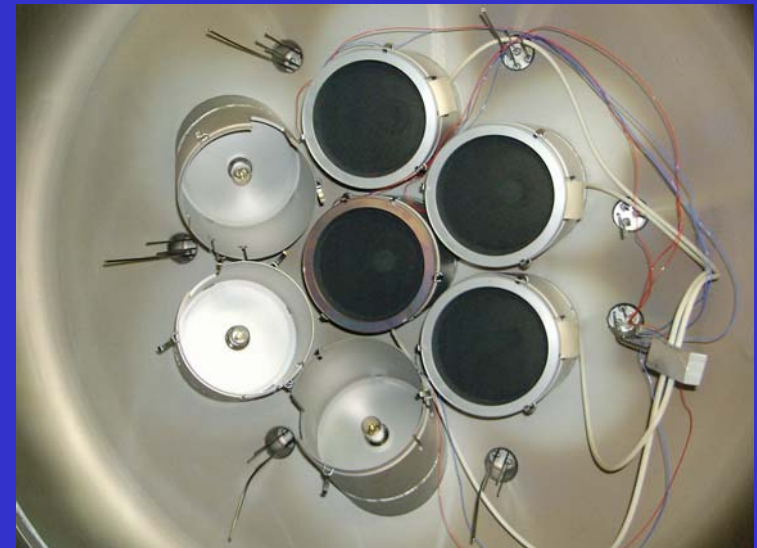
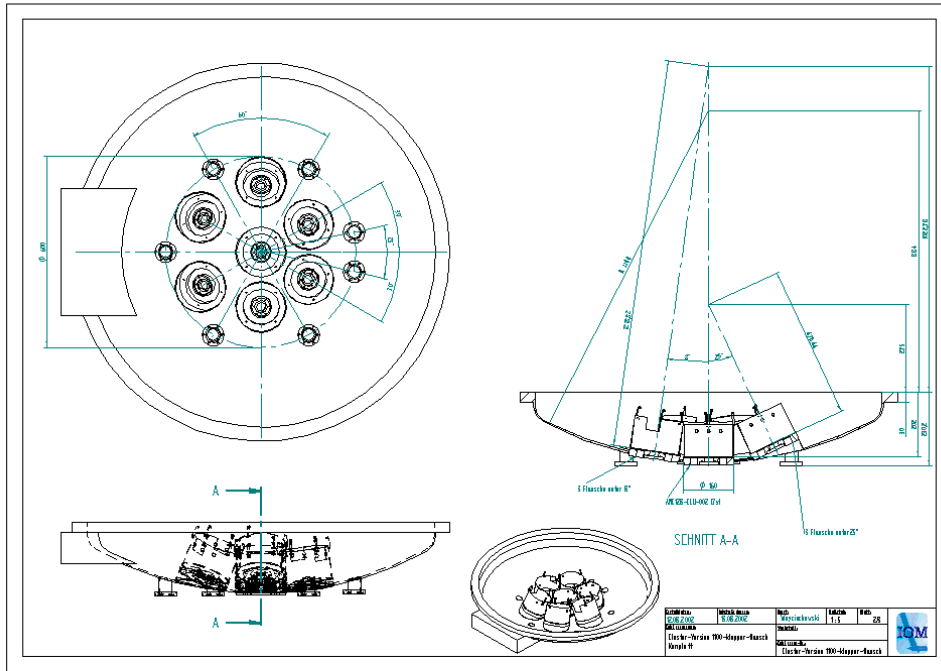


CISQ120ECR-4

„Universalquellenkörper“

Zentrale Ionenquelle mit

- 3 Quellen geneigt um 25° zur Mittelachse für Strahlfokussierung
- 3 Quellen geneigt um 8° zur Mittelachse zur Strahlhomogenisierung



Fokussierende Anordnung

Dreigittersystem

Material : Grafit

Gitterdicke : 1 mm

Gitterabstand : 1 mm

Lochdurchmesser : 1,6 mm

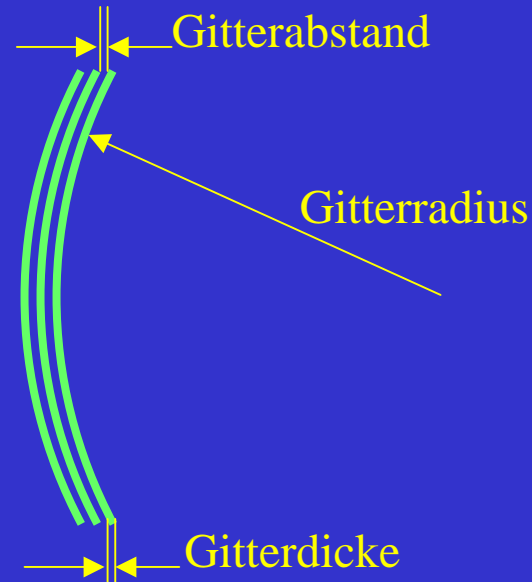
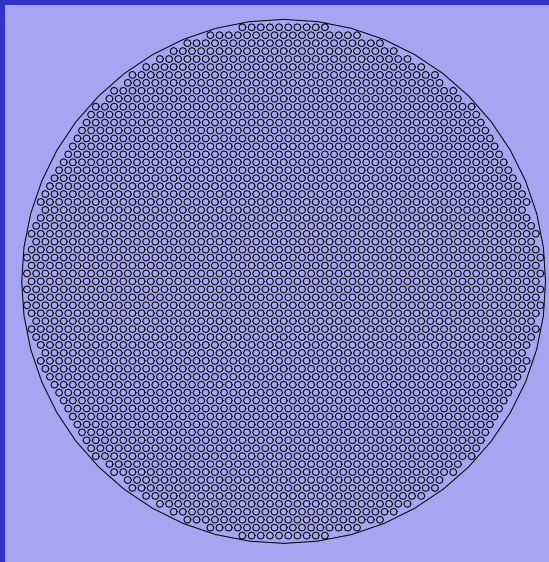
Lochkreisdurch.: 120 mm

Raster : 2,1 mm

Lochanzahl : 2860

geom. Transparenz : 53%

Giterradius : 300 mm (Sphäre)



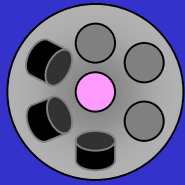
Parameter

Argon: 27 sccm (4x ISQ)

Druck : $2,8 \cdot 10^{-4}$ mbar

Beam : 700 V / 100 mA

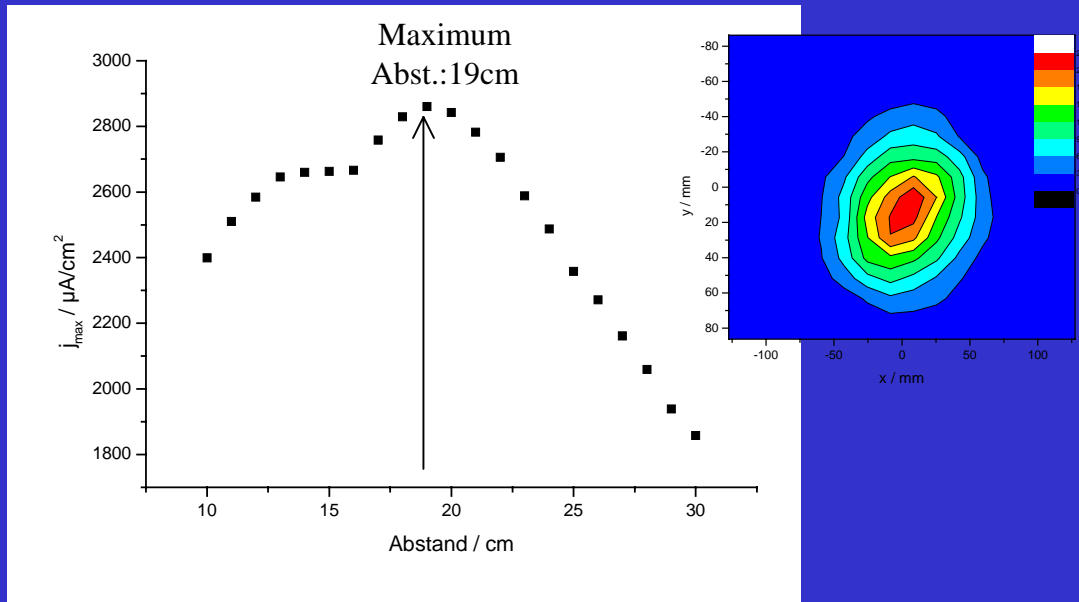
Acc : 230 V / 3 mA



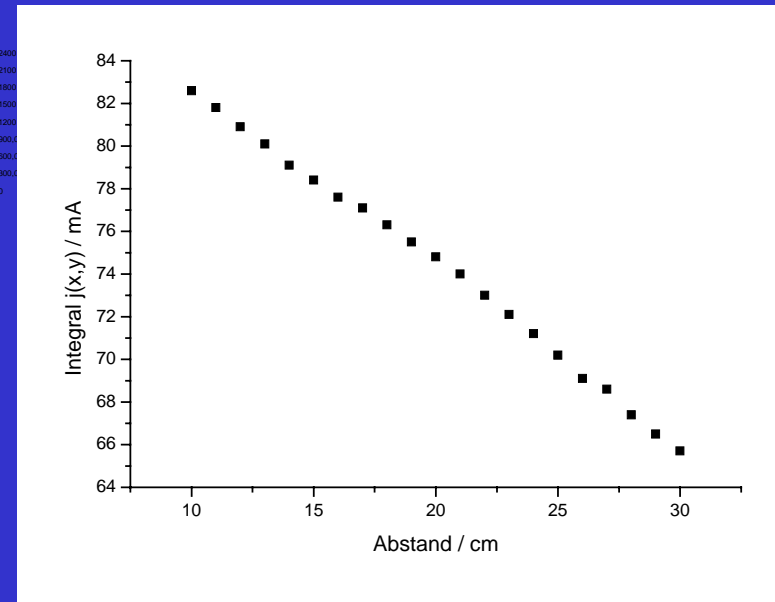
Stromdichte

Variation des Abstandes, Integraler Strom

Maximale Ionenstromdichte der zentralen Quelle



Integraler Ionenstrom des Sondenarray



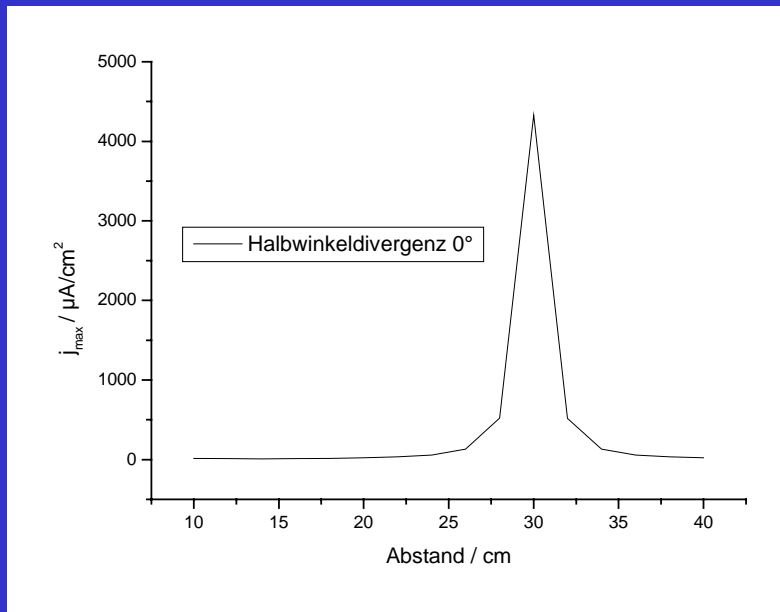
Radius der fokussierenden Gitter ist 300 mm -
Brennpunkt der Anordnung liegt bei 300 mm
Maximum liegt bei einem Abstand von ca. 19 cm

Integraler Ionenstrom sinkt linear mit
zunehmendem Abstand zur Ionenquelle -
Wechselwirkung mit Restgas (Ladungs-
austauschprozesse, Stöße ...)

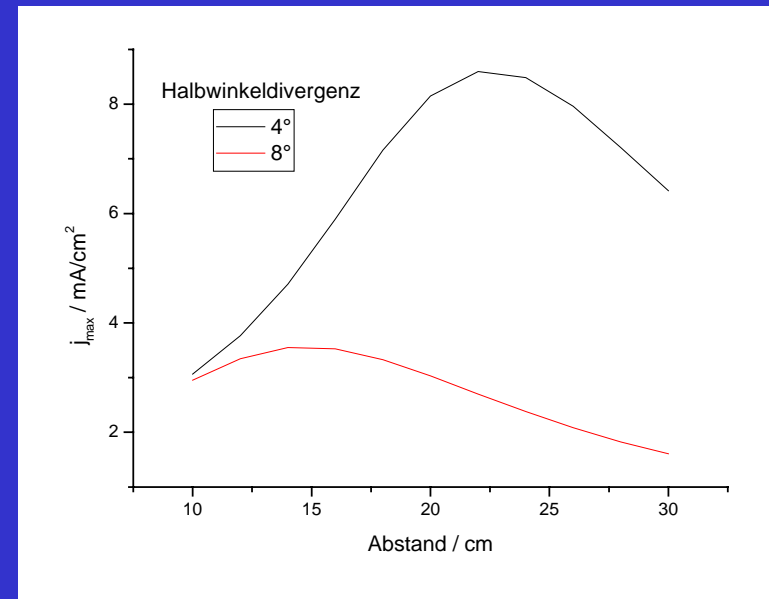
Simulation der maximalen Stromdichte

Variation des Abstandes

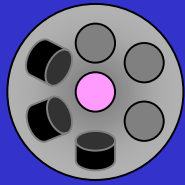
Sphärische Gitter mit Radius 300 mm



Triviale Lösung (Divergenzwinkel = 0°)
- Stromdichtemaximum liegt bei 30 cm

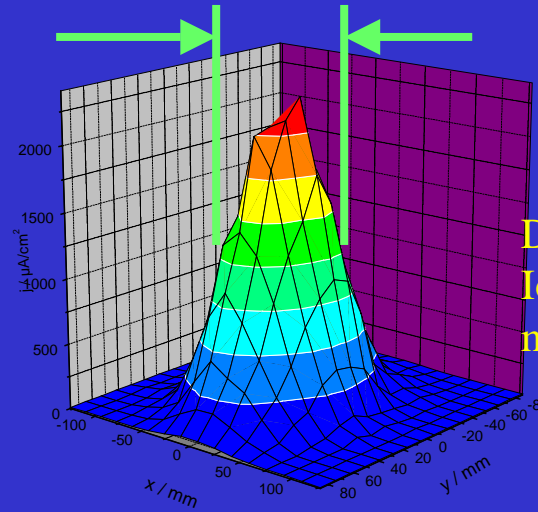
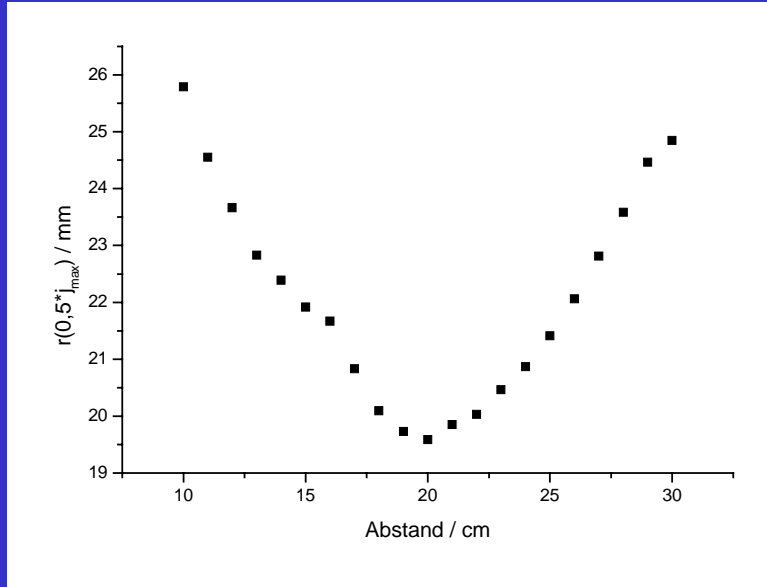


Verschiebung der Lage der maximalen Stromdichte zu geringern Abständen mit zunehmendem Divergenzwinkel



Halbwertsbreite

Variation des Abstandes



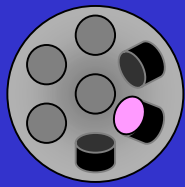
Durchmesser des Ionenstrahles bei 50 % der maximalen Ionenstromdichte

Halbwertsbreite erreicht bei einem Abstand von 19 cm den geringsten Wert

Andere Möglichkeiten der Strahlbreitendefinition

- j_{\max} um 5 % Schwankung ==> Homogenität
- 90 % von I_{gesamt} ==> Verunreinigungen

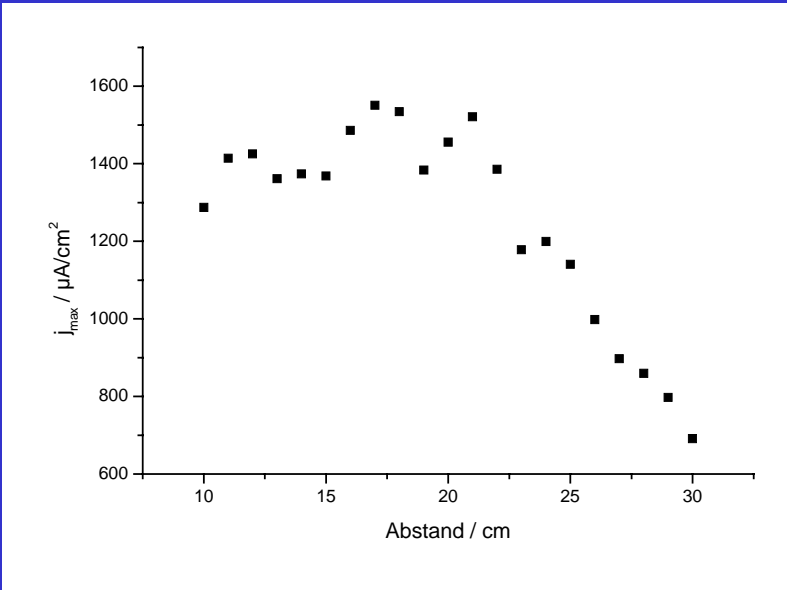
Korreliert mit den Ergebnissen zur maximalen Ionenstromdichte



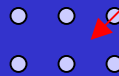
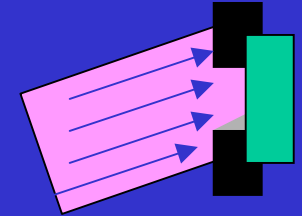
Gekippte Ionenquelle

Maximale Ionenstromdichte

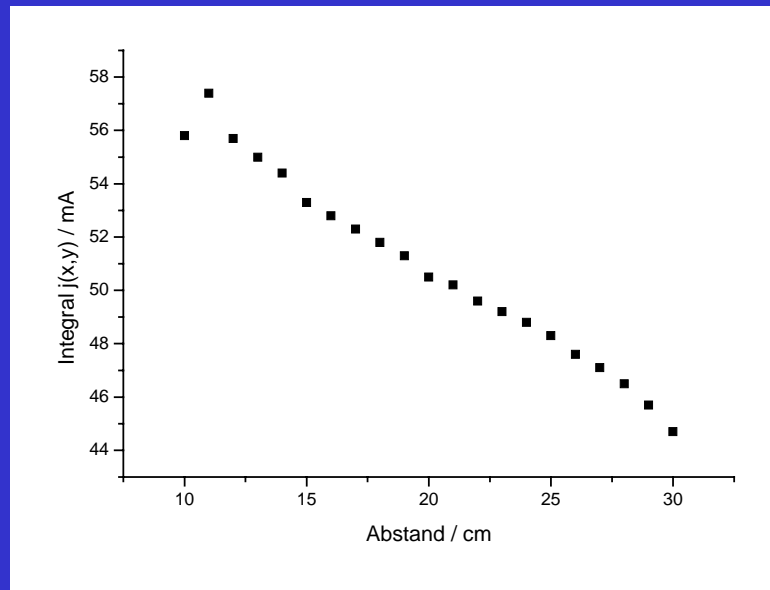
Kippwinkel 25°



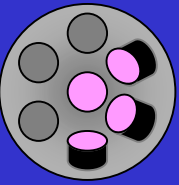
Messproblem : Maximum verschiebt sich auf dem Array und durchquert den Sondenzwischenraum



Integraler Ionenstrom

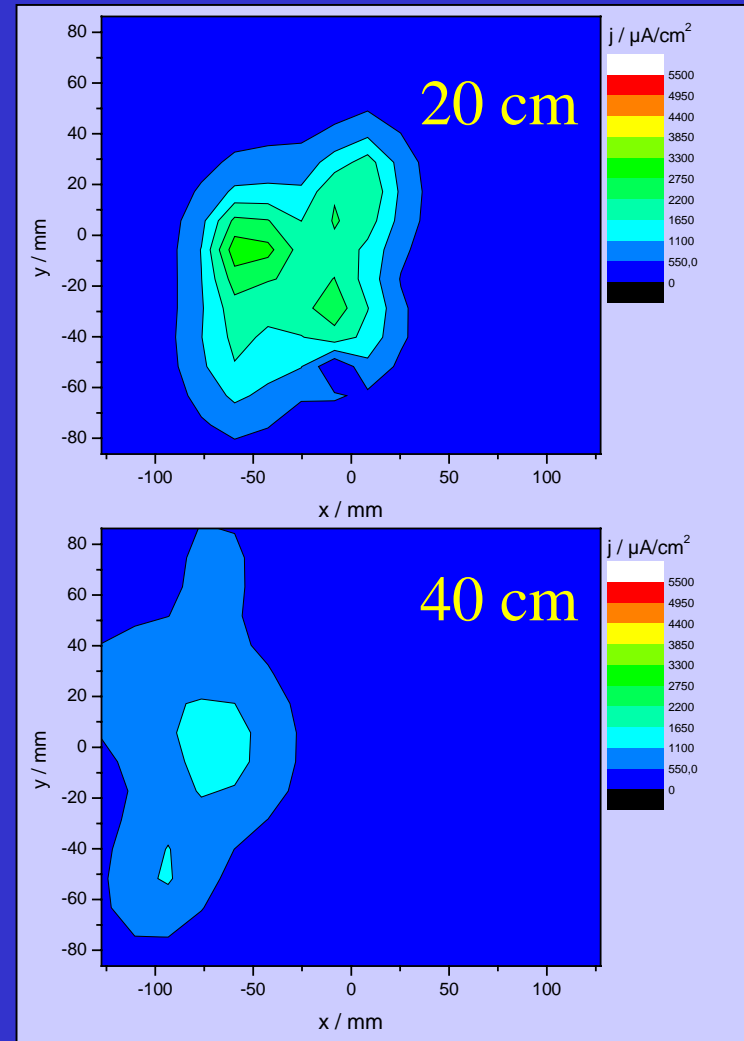
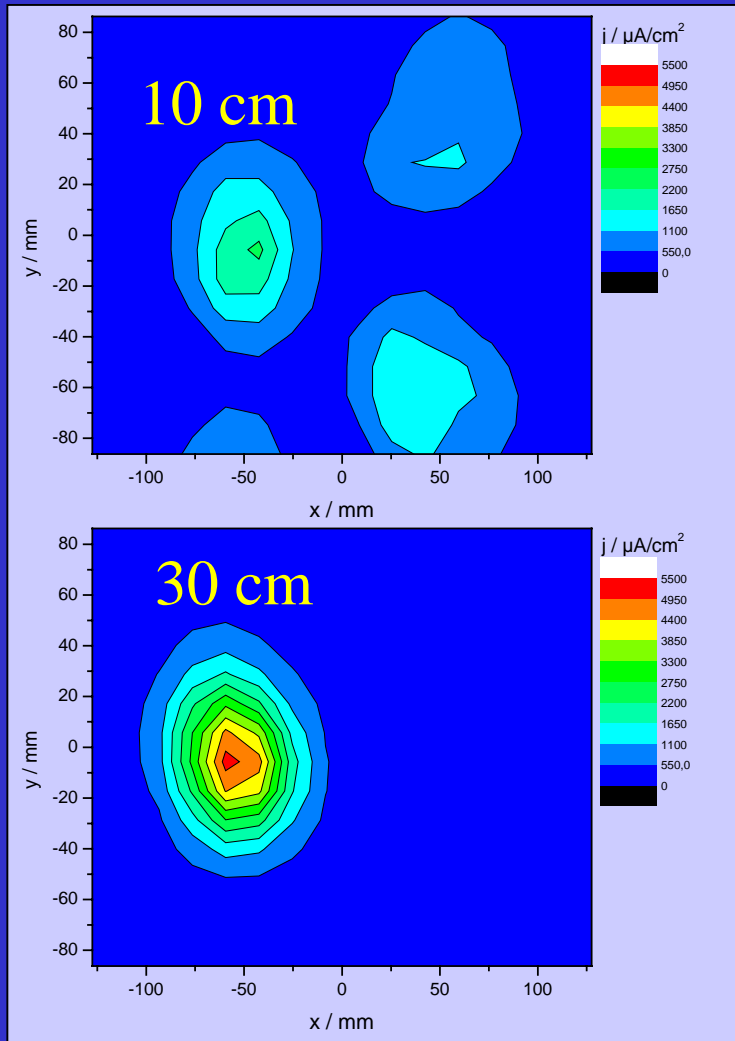


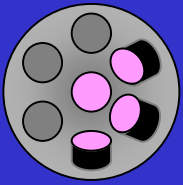
- schwankt > Maximum wandert in Zwischensondenbereich
- ist kleiner als bei zentraler Quelle > effektive Messfläche ist kleiner ($\cos 25^\circ = 0,91$) + zurückgesetzte Sondenfläche, Ausbildung eines Schattenbereiches



Clusterquelle fokussierend

Variation des Abstandes

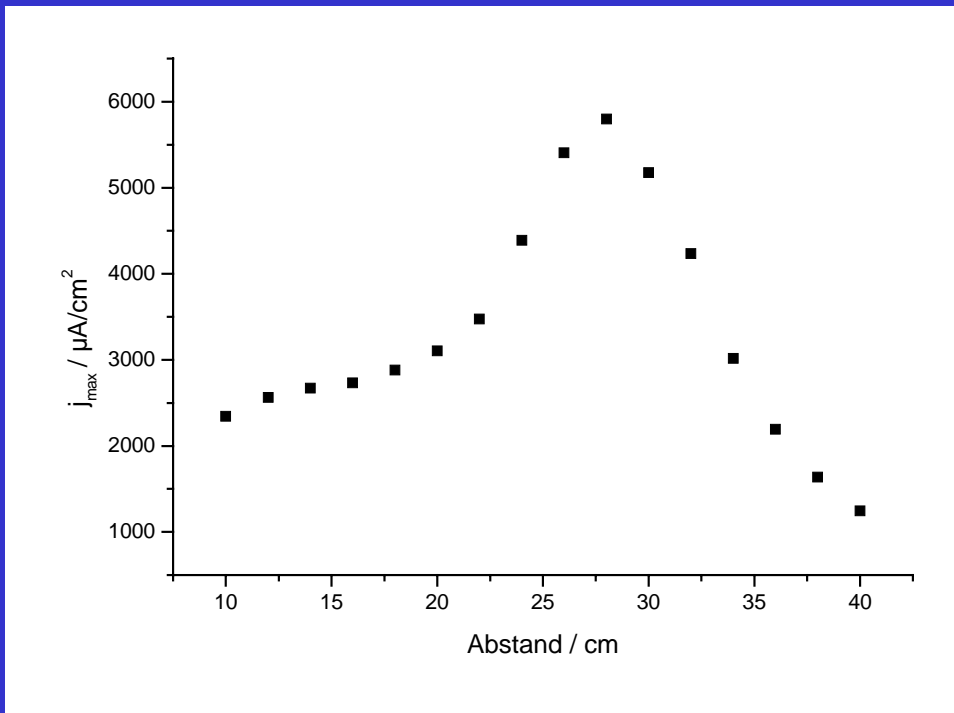




Maximale Ionenstromdichte

als Funktion des Abstandes

- Maximum bei 28 cm Abstand
- Maximale Stromdichte 5,8 mA/cm²

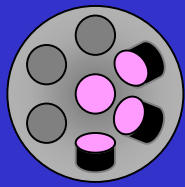


Gekippte Quellen
Flächenfaktor 0,55

$$j_m + 3 \cdot 0,55 j_m = 5,8 \text{ mA}/\text{cm}^2$$
$$j_m = 2,2 \text{ mA}/\text{cm}^2$$

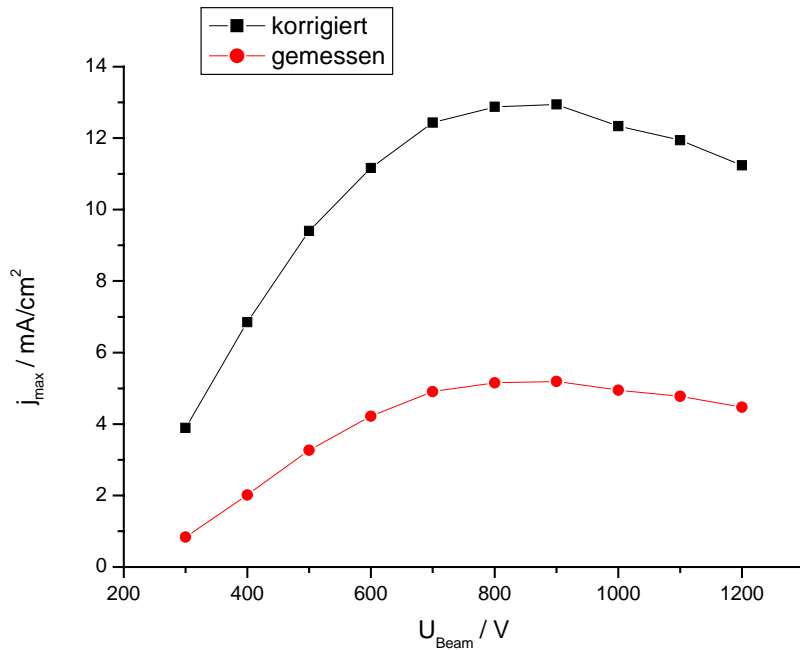
Ladungsaustauschprozesse
Korrekturfaktor 0,7

$$j_{\max} = 12,6 \text{ mA}/\text{cm}^2$$



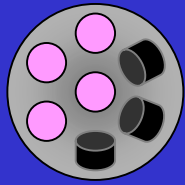
Einfluss der Beamspannung

auf die maximale Stromdichte



Gemessene maximale Ionenstromdichte wurde mit den Gesamtstromfaktor korrigiert

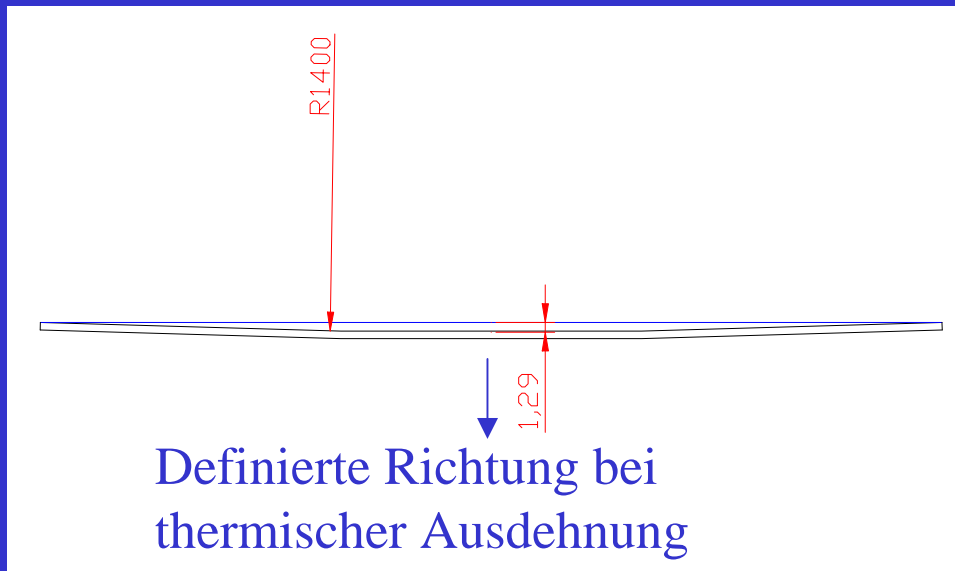
Maximal erreichbare Ionenstromdichte in einem Abstand von 30 cm bei einer Clusterquelle aus vier Modulen beträgt 13 mA/cm² bei 900 V Beamspannung



Clusterquelle für großflächige Stromverteilung

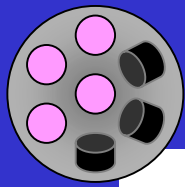
Einzelgitter

- quasilplan ($R = 1400 \text{ mm}$)
- maximale Abweichung von Ebene $\sim 1,3 \text{ mm}$
- Löcher axial gebohrt



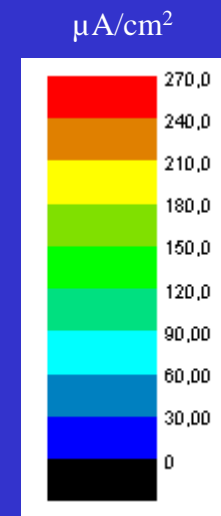
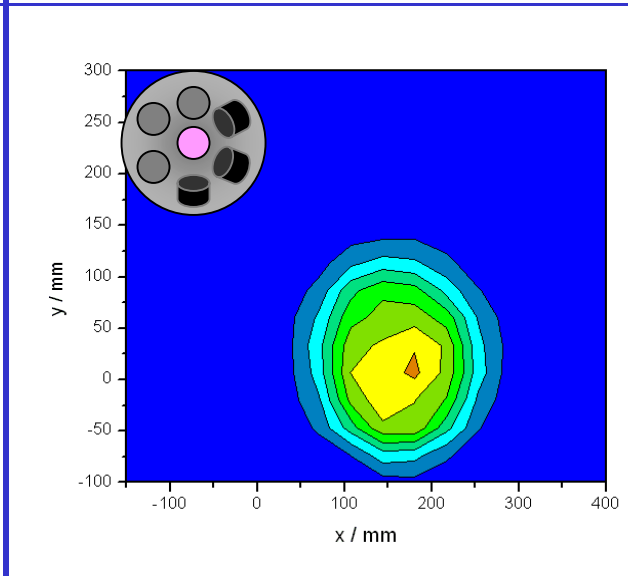
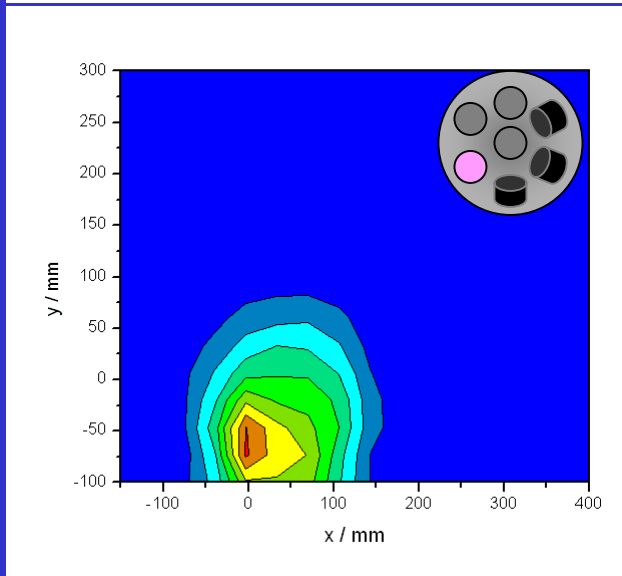
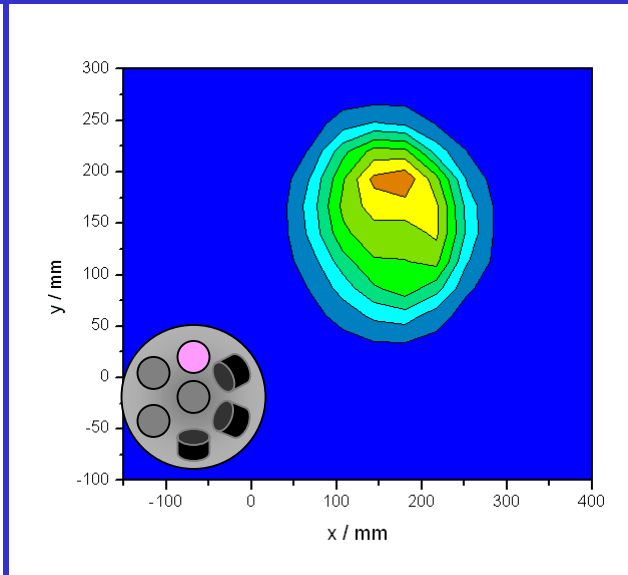
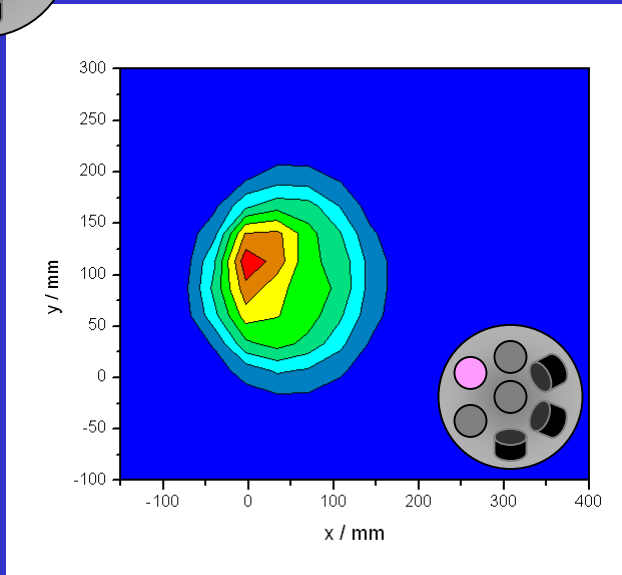
Gittersystem

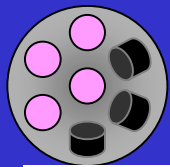
- Material : Grafit
- Dreigittersystem
- Gitterabstand : $1,0 \text{ mm}$
- Gitterdicke : $1,0 \text{ mm}$



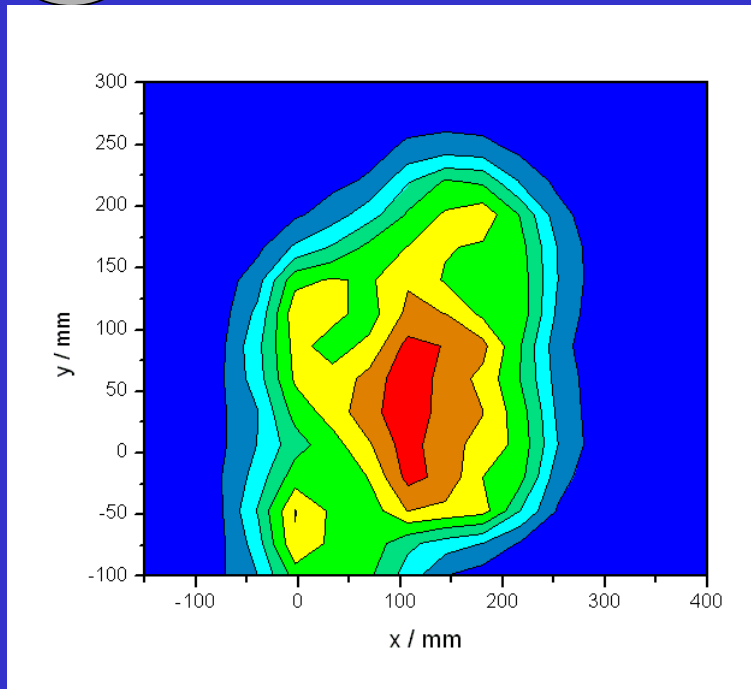
Stromdichte der Einzelmodule

MW = 210 W (je Modul)
Argon 27 sccm (gesamt)
Beam 800 V / 75 mA
Accel 100 V / 2 mA

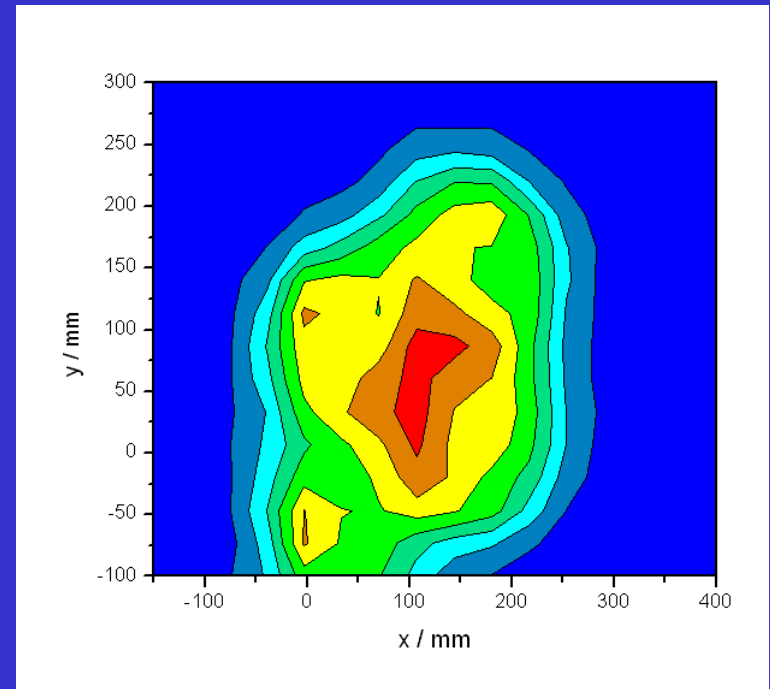
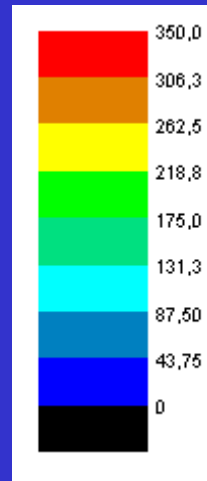




Stromdichte Clusterquelle



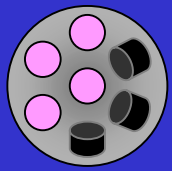
gemessen



Summe Einzelmodule

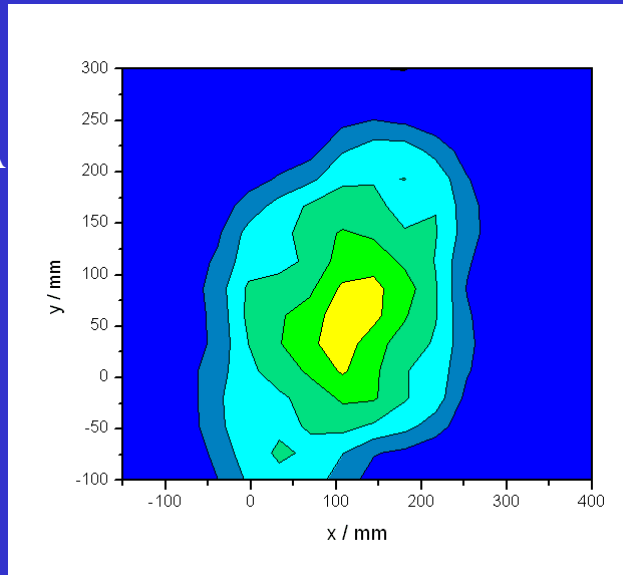
MW = 210 W (je Modul)
Argon 27 sccm (gesamt)
Beam 800 V / 333 mA
Accel 100 V / 5 mA

*Gesamtstromdichte ist Summe
der einzelnen Module*

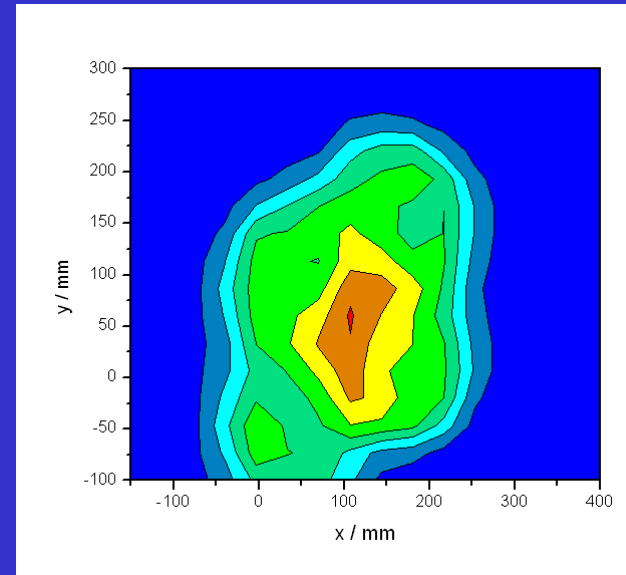


Variation der Beamspannung

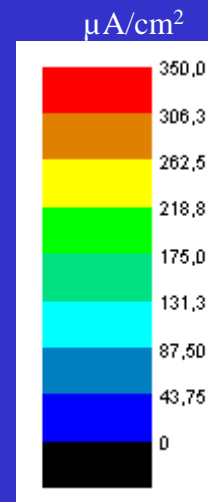
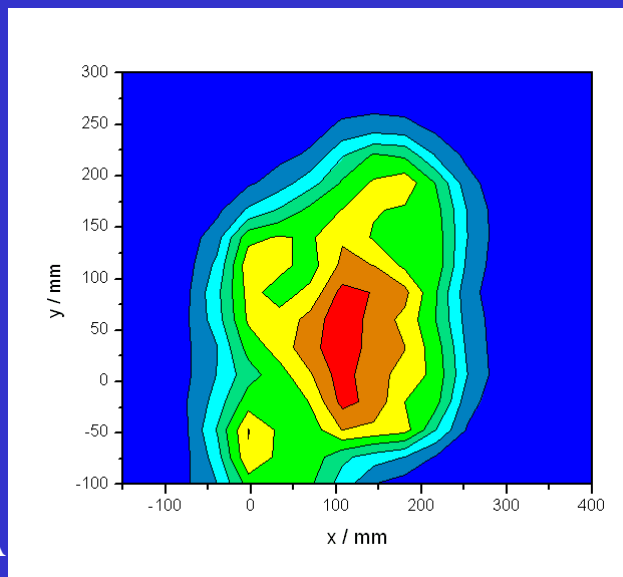
400 V; 256 mA



600 V; 299 mA



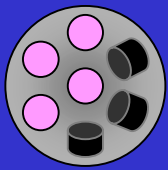
800 V; 333 mA



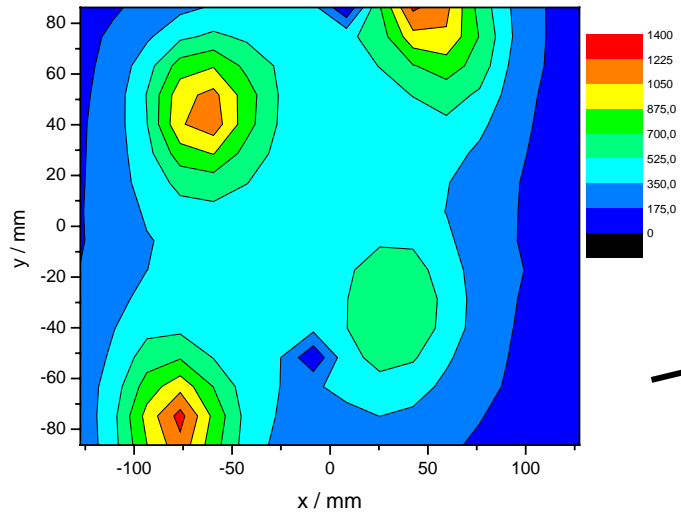
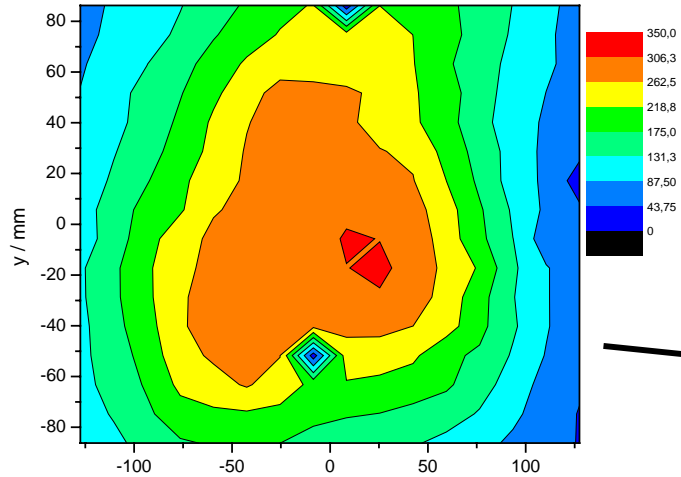
Silhouette der Verteilung ist beamspannungsunabhängig

Verteilung widerspiegelt die Geometrie der Anordnung

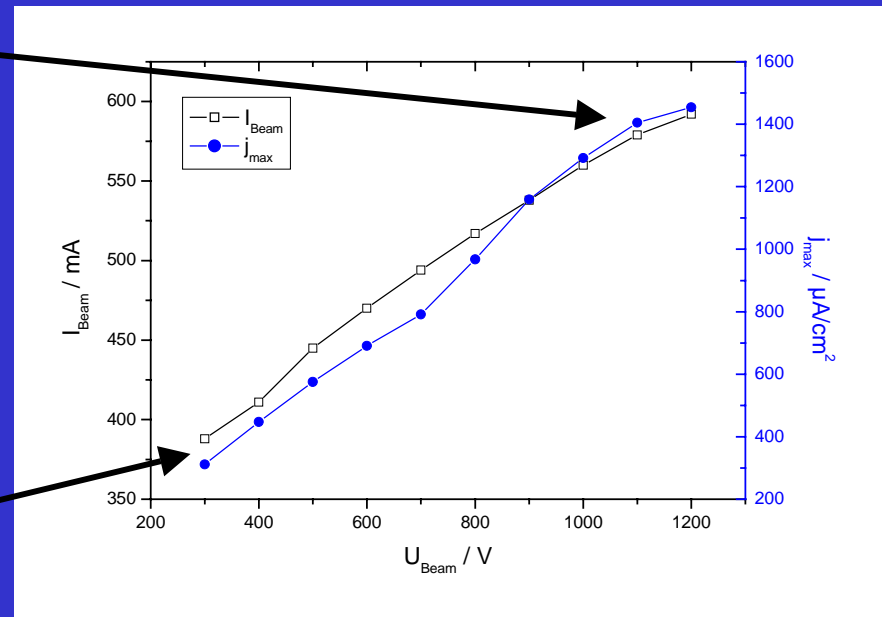


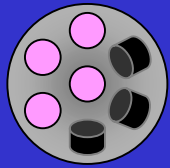


Variation der Beamspannung



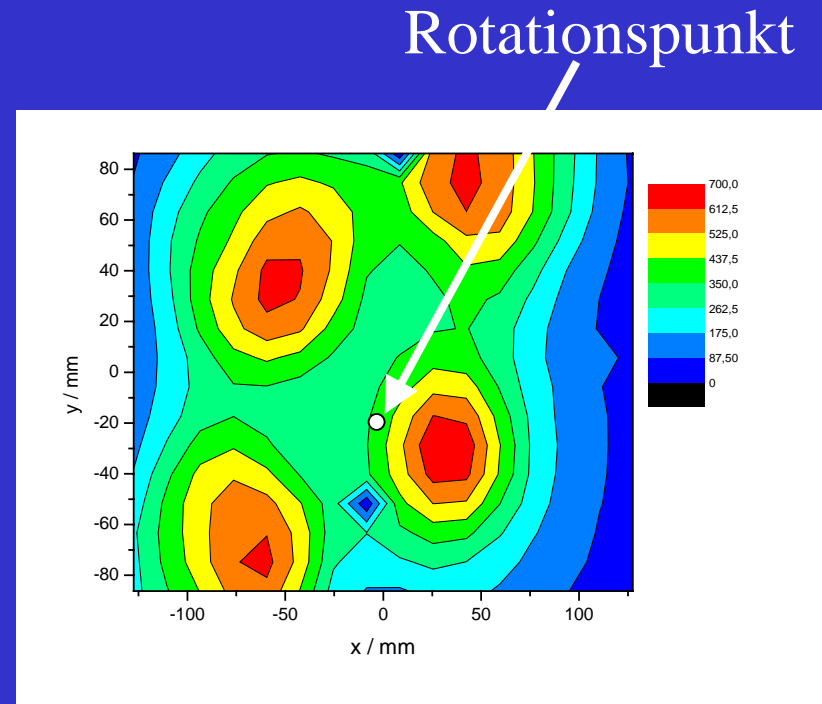
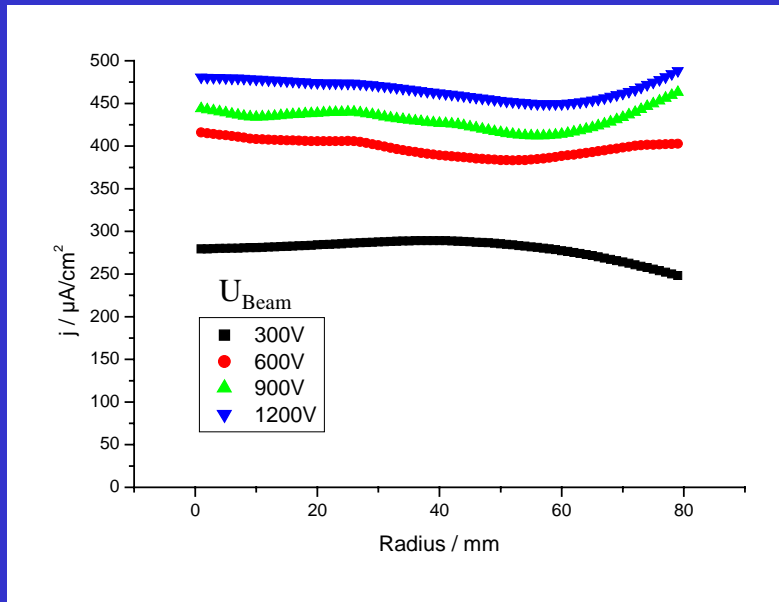
Argon : 27 sccm
 Druck : $2 \cdot 10^{-4}$ mbar
 Beam variiert
 Acc : 230 V / 20 - 8 mA





Substratrotation

Rotation der Stromdichteverteilung



- Rotationsradius durch Größe der Arrays begrenzt
- nur „halbe“ Clusterquelle in Betrieb

Zusammenfassung

Erzeugung von Ionenstromdichten über 10 mA/cm^2 durch fokussierende Gittersysteme und ISQ-Modulen

Ort maximaler Stromdichte hängt von der Beamletdivergenz ab und stimmt nicht mit geometrischem Fokus überein

Erzeugung großflächiger Ionenstromdichteverteilungen durch Überlagerung mehrerer ISQ-Module ist möglich

Die Geometrie der Modulanordnung spiegelt sich in der Verteilungsfunktion wieder (rotationssymmetrische Verteilungen sind bei den üblichen Abmessungen schwer zu realisieren)

Die Gesamtverteilung entsteht durch Superposition der Einzelmodulverteilungen