

Feinwerktechnische Aspekte bei der Entwicklung von Mikrofokus-Röntgenröhren

Inhalt

- Hintergrund
- Problemstellung
- Zielsetzung
- Lösungsansatz
- Umsetzung
- Ergebnisse
- Fazit und Ausblick



© JAV GmbH

Hintergrund Helmut Fischer – Measuring Made Easy

Technologieführer und Ihr Partner für präzise und absolut zuverlässige Messtechnik im Bereich



Schichtdickenmessung



Materialanalyse



Nanoindentation



Werkstoffprüfung



Mehr als
800 Beschäftigte
weltweit



In über
70 Ländern
21 Niederlassungen, über 35
Händler weltweit



Umsatz Helmut Fischer Gruppe
> 138 Mio. €
pro Jahr



Made in Germany
Entwicklung und Produktion in
Sindelfingen, Röntgenoptiken in
Berlin, lokale Baugruppenmontage



Rund
400 Beschäftigte
am Firmensitz Sindelfingen



Über
70 Jahre Erfahrung
Anerkannter Messtechnik-Experte
und zuverlässiger Spezialist

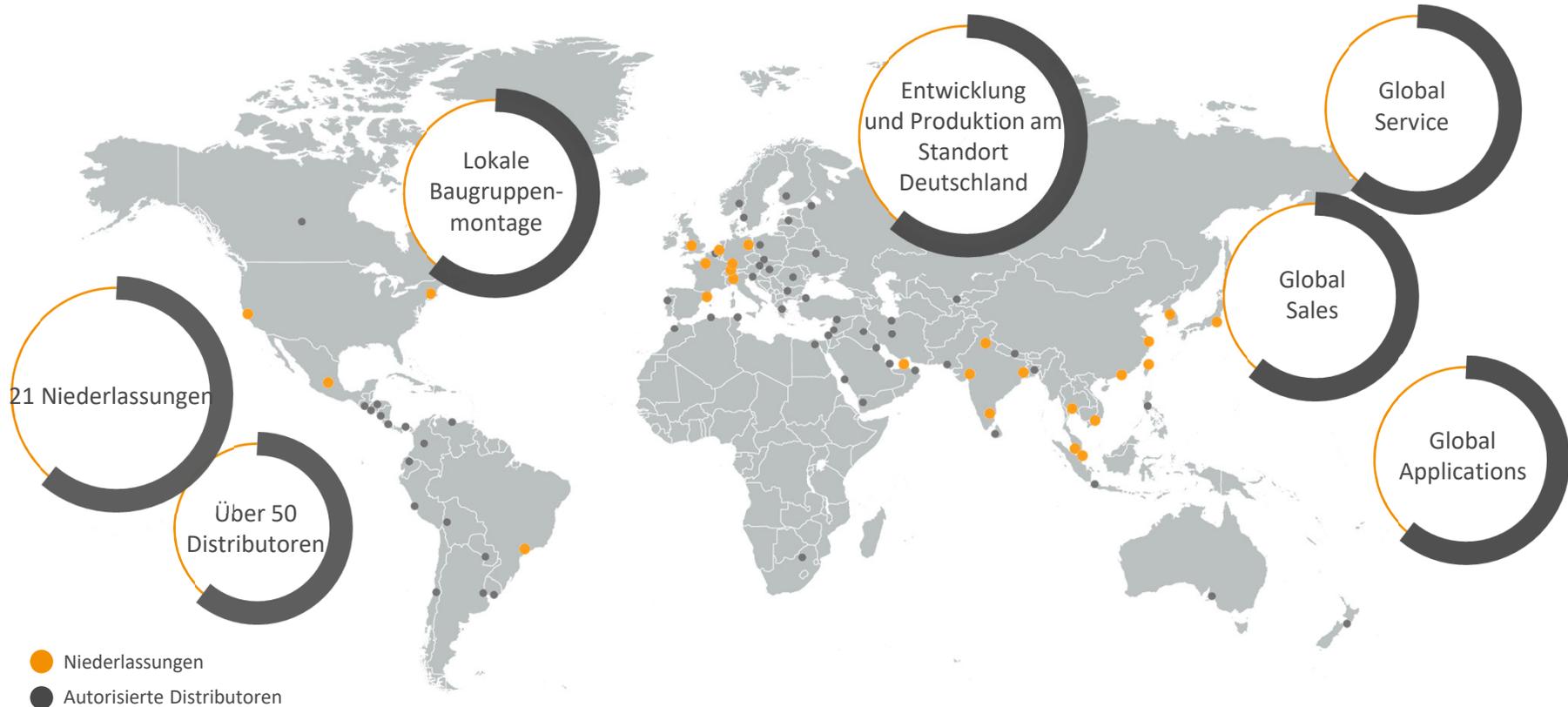


Über
50 aktive
Patente



Stiftungsgeführt
Unternehmen im Besitz der
Helmut Fischer Stiftung

Hintergrund Think global – Act local



© Helmut Fischer GmbH

Problemstellung

- Helmut Fischer GmbH entwickelt und produziert unter anderem XRF-Messgeräte
- Röntgenröhre ist Kernkomponente dieser Geräte
- Bedarf an modernen Röntgenröhren mit größerer Brillanz (Intensität)
- Brillanz ist dominierendes Zielfunktional
- besondere Anforderungen an die feinmechanischen Aspekte
- interdisziplinäre Widersprüche bestehen aus Funktion



© Medio centinar de proyectos empresariales aprobados a través de Aval CLM | La Voz del Taio

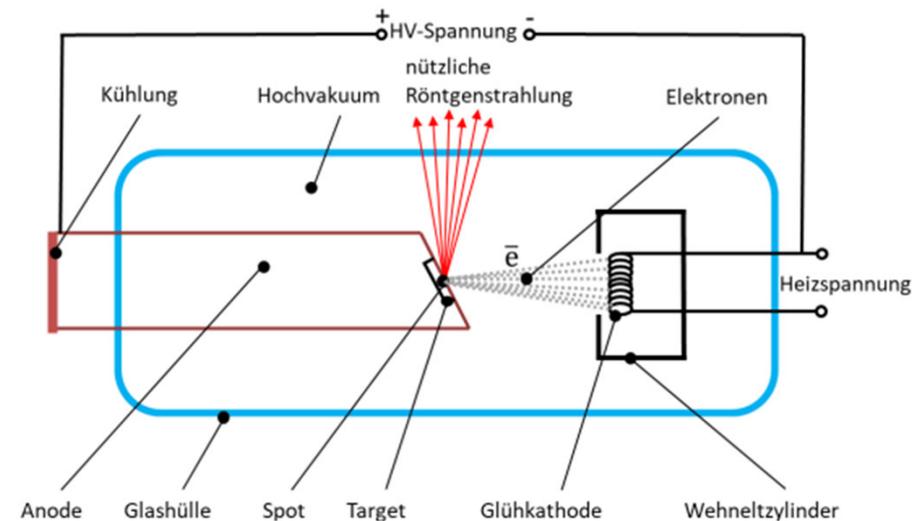
Problemstellung

Funktionsweise einer Röntgenröhre

- Emission der Elektronen
- Geschwindigkeitsänderung auf der Anode
- Entstehung der Röntgenstrahlung

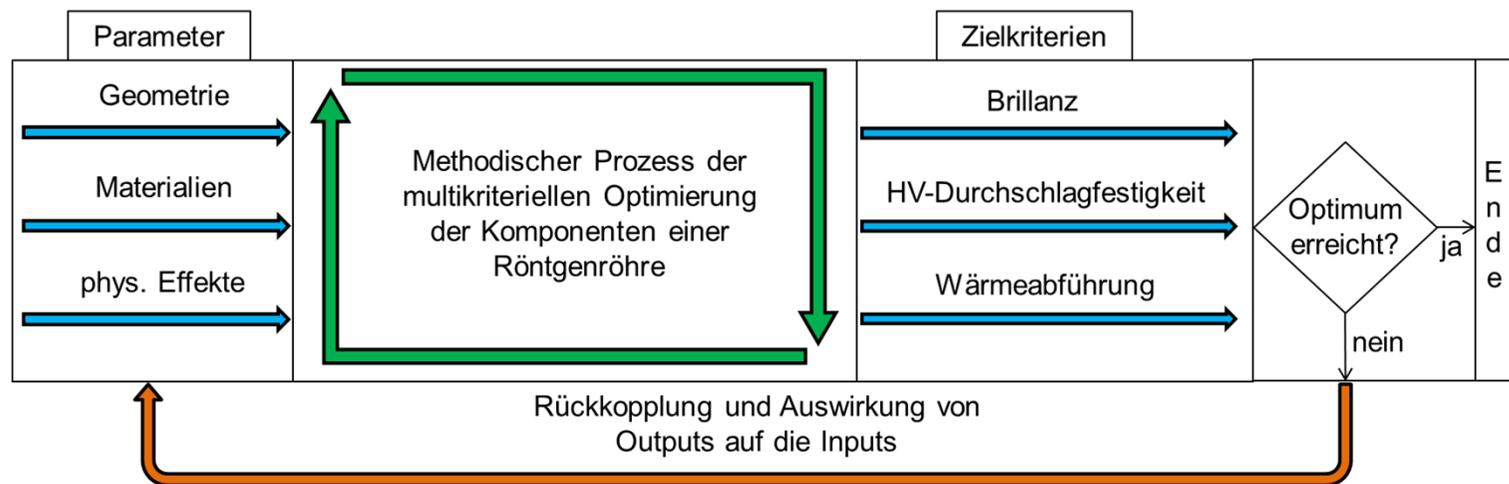
Problematik

- Intensität des Röntgenstrahls
- Größe und Struktur des Spots
- HV-Durchschlagfestigkeit
- Wärmeabführung
- Vakuumstabilität



Zielsetzung Brillanzsteigerung

- Multikriterielle Optimierung als Instrument der Optimumsuche
- Position und Form der Kathodenbaugruppe (Filament und Wehnelt)
- Auslegung der Anodenbaugruppe (Target und Anode)
- Konstruktive, physikalische und werkstoffliche Randbedingungen



Lösungsansatz

Methoden und Ansätze

FEM-Simulationen mittels COMSOL Multiphysics®:

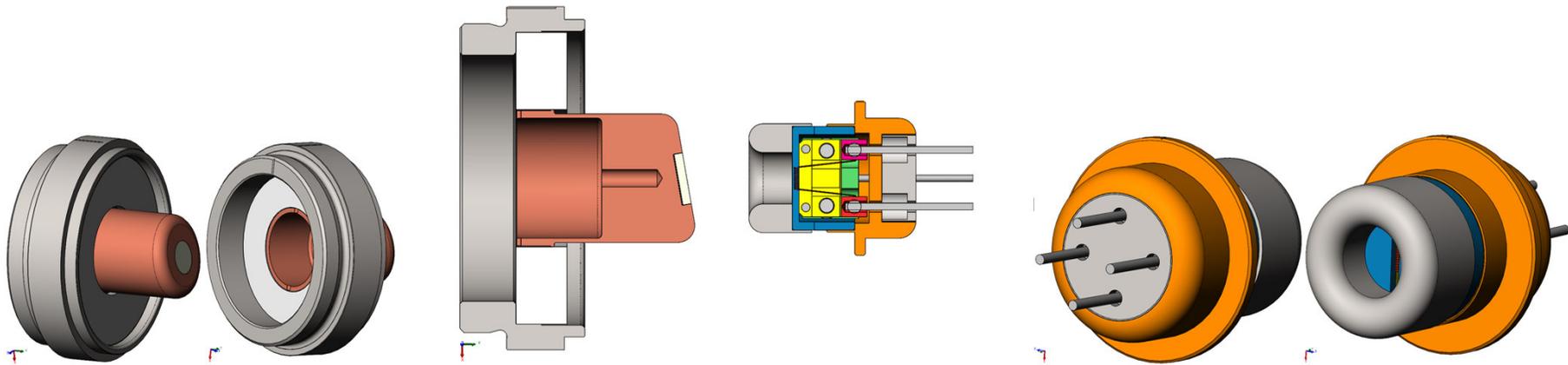
- mechanisches und thermisches Verhalten
 - Temperatur im Spotbereich von ca. 1000°C
 - thermisch verursachte mechanische Spannungen müssen an die zulässigen Limits geleitet werden
- AC-DC und Particle Tracing Simulation
 - Formdefinition des elektrischen Feldes
 - Fokussieren des Elektronenstrahls

Verifizierung von Abständen mittels Fokussieranlage Kreuz für Spot-Auswertung

- Abstand zwischen den Baugruppen Anode-Kathode
- Eintauchtiefe des Filaments im Wehneltzylinder

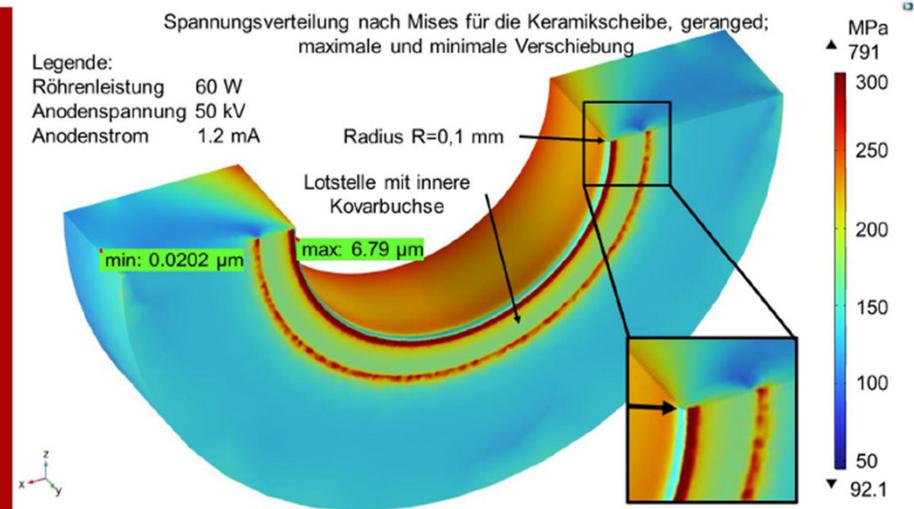
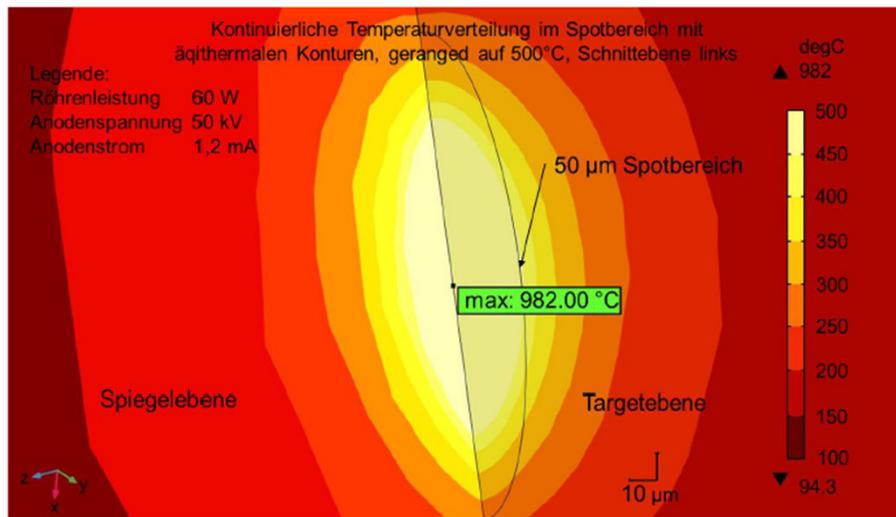
Umsetzung Geometrie

- Initial CAD-Modell mit SolidWorks®
- Anoden-(links) und Kathodenbaugruppe (rechts)
- Qualitätsmerkmale des Spots und ihre Abhängigkeiten von Form & Lage
- Bauteilgeometrie und deren Abstände definieren die Form des elektrischen Feldes
- Abstände und Lage der Bauteile wirkt auf die Fokussierung des Elektronenstrahls



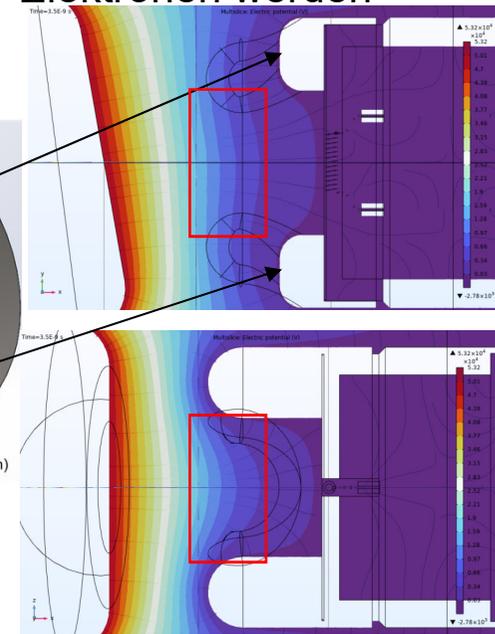
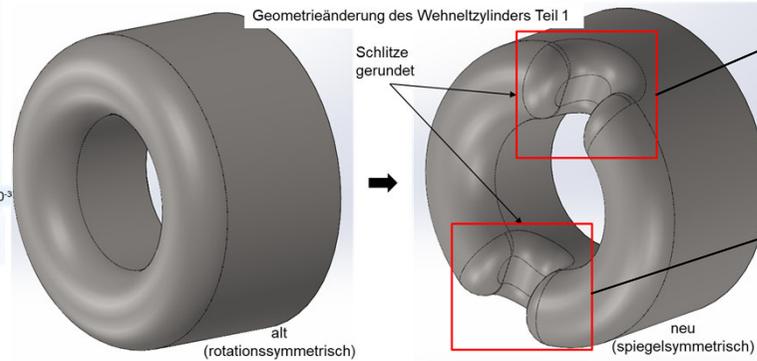
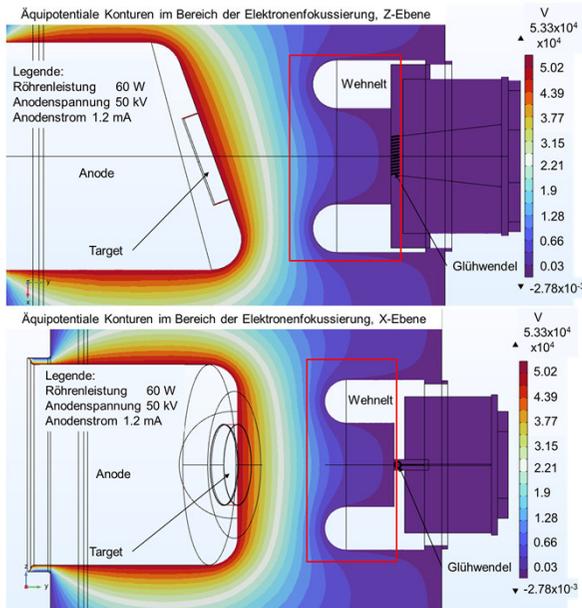
Umsetzung Simulation

- Thermo- und Strukturmechanik
- Temperaturfeld-Darstellung des Spotsbereichs
- Abbildung der Spannungsverteilung einer Keramikscheibe



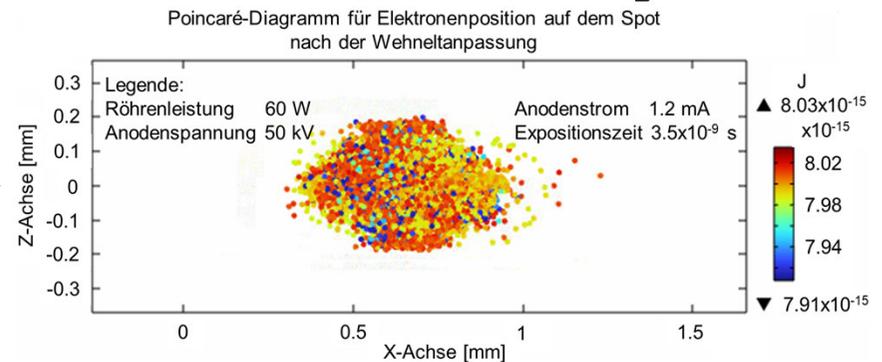
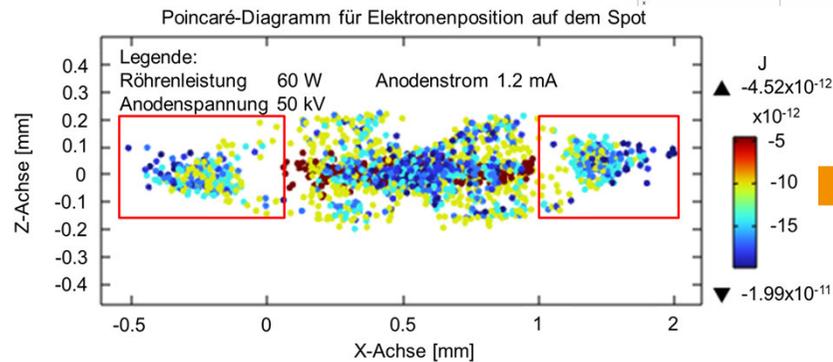
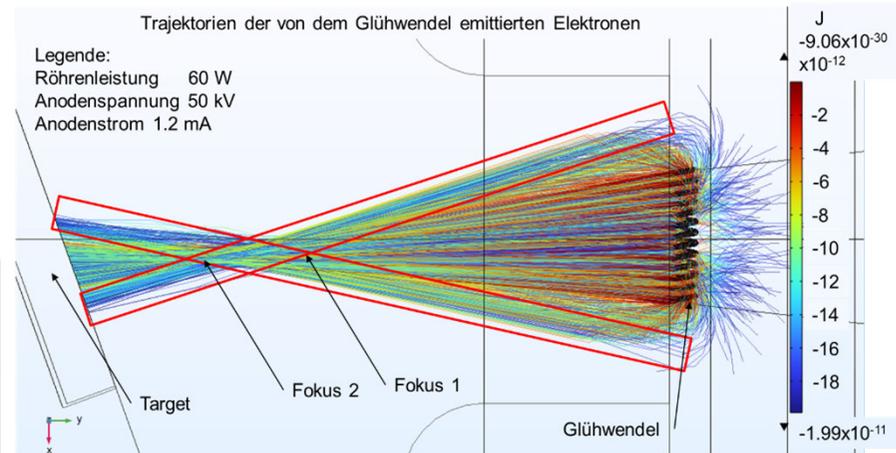
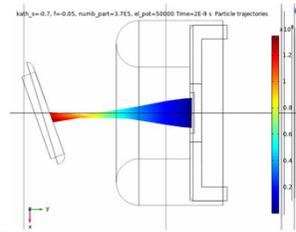
Umsetzung Simulation

- HV-Spannung produziert elektrisches Feld
- Wehnelt formt das Feld im Filamentbereich
- äquipotentiale Linien werden beeinflusst
- Trajektorien der Elektronen werden geändert



Umsetzung Simulation

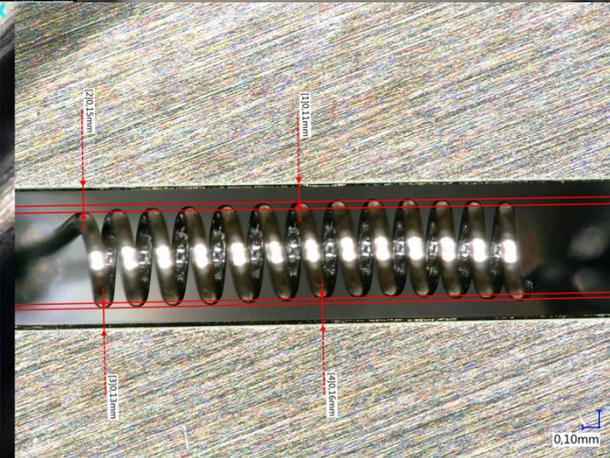
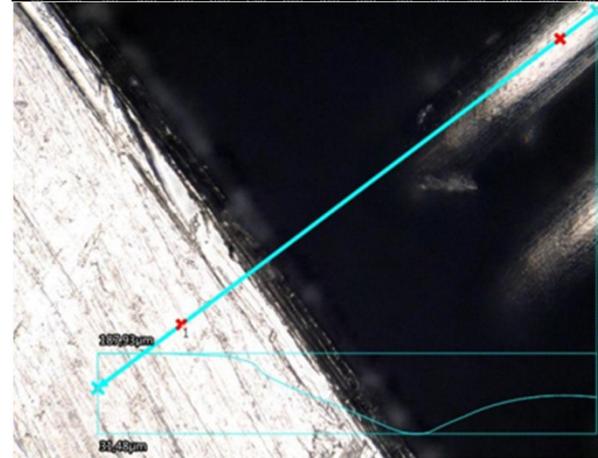
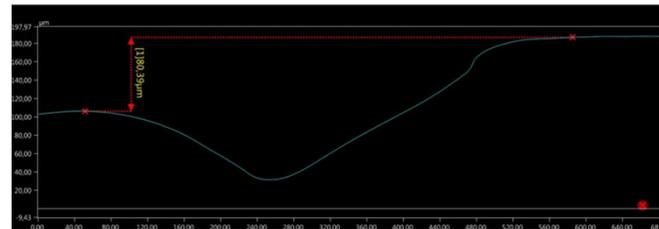
- Korrektur der Spot-Maße und -Struktur
- Harmonisieren der kinetischen Energie von Elektronen
- Reduktion der afokalen Elektronen



Umsetzung

Fakten für Kathodenmontage

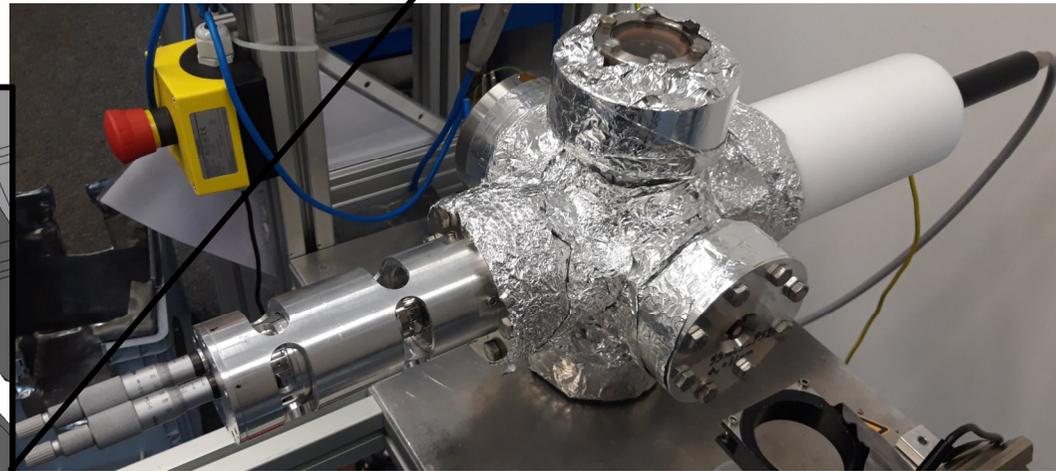
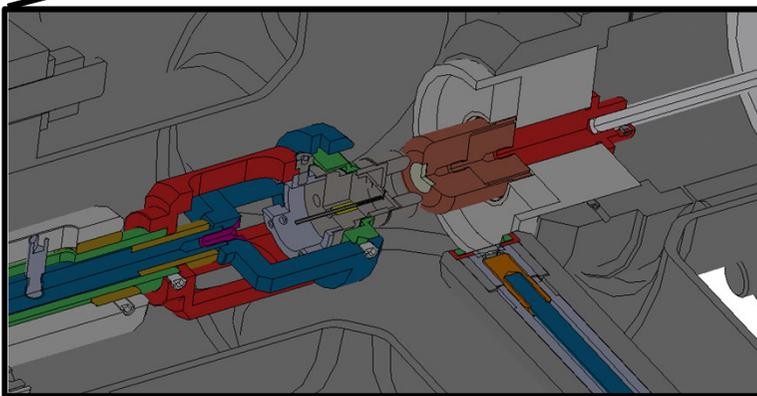
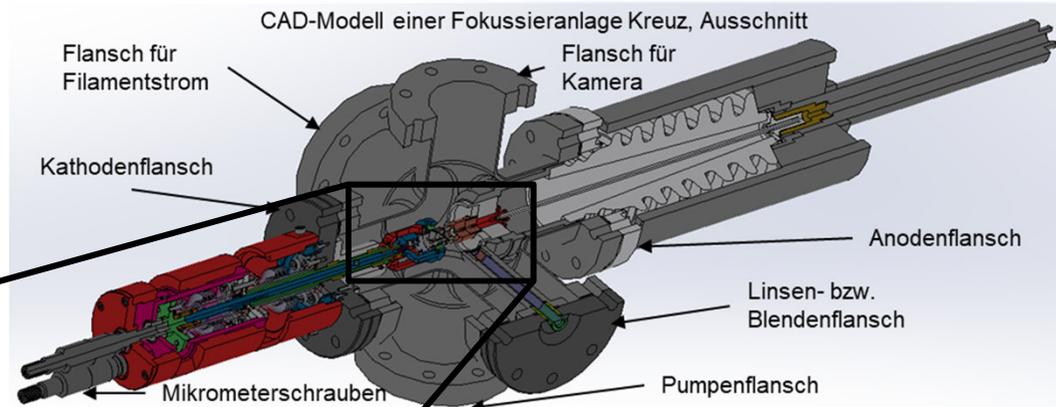
- Keyence Mikroskop VHX-S600E, Objektiv VH-Z20R
- Schlitzbreite 800 μm
- Einbautiefe -80 μm
- Außen- \emptyset Spline 600 μm
- Spaltmaß ca. 100 μm
- Draht- \emptyset 100 μm
- Splinehöhe 2,8 mm
- Filamentmasse 0,005 g



Umsetzung

Reale Tests

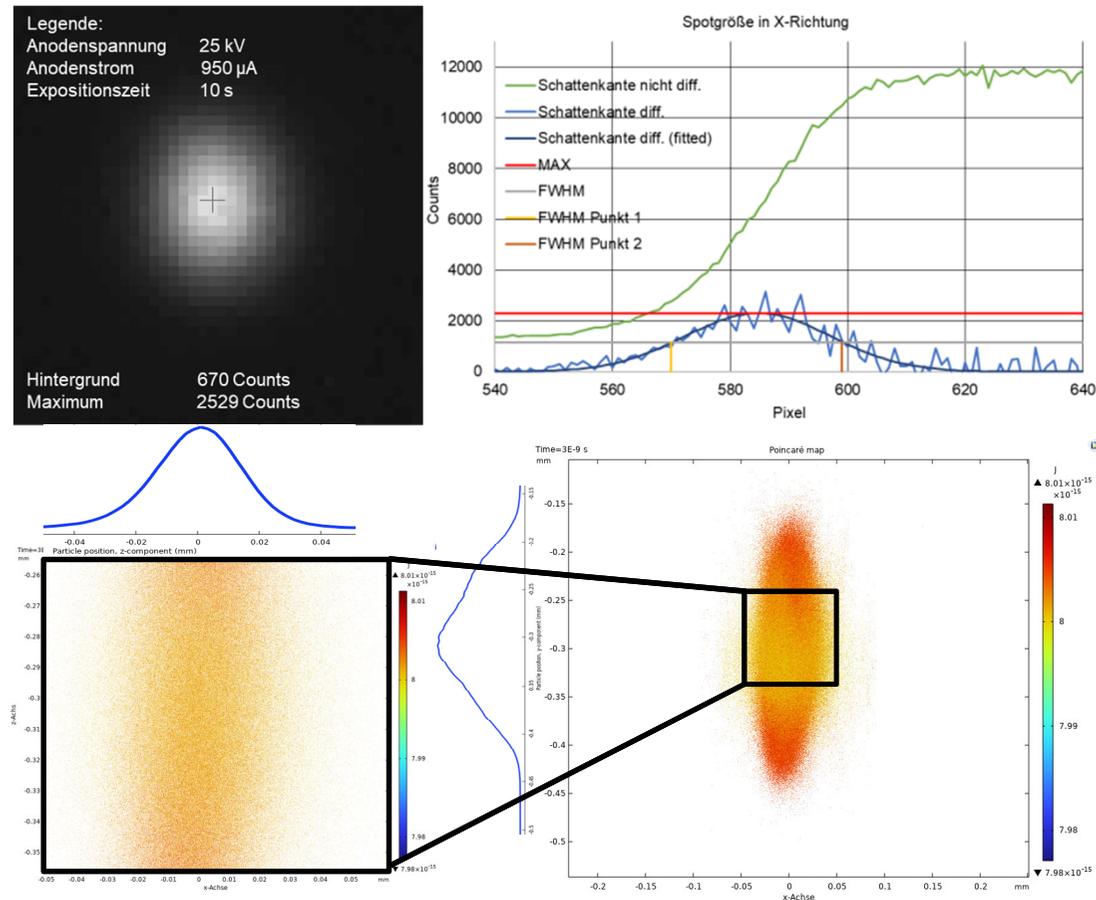
- Nachbildung einer Röntgenröhre
- Ermittlung der Optima für die Abstände
- Genauigkeit liegt bei 0,01 mm
- Überprüfung der HV-Durchschlagfestigkeit



Ergebnisse

Hauptzielfunktion Brillanz

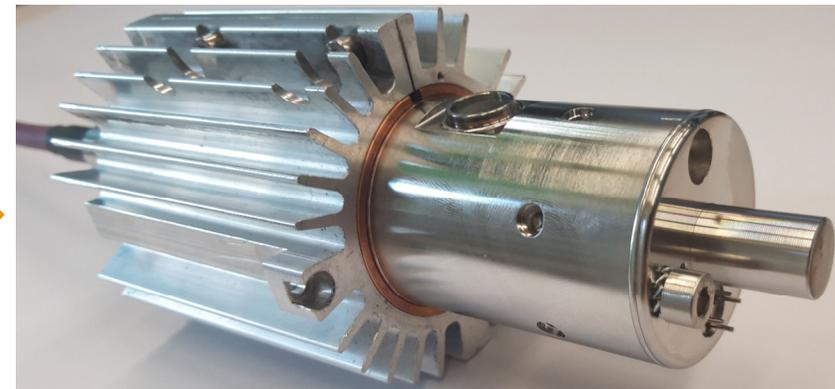
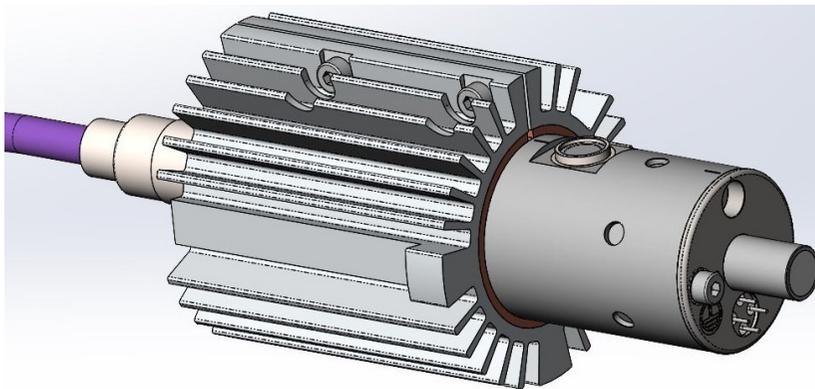
- Elektronenspot und dazugehöriger Photonenspot
- Gaußverteilung
- 1 Pixel \triangleq 13 μm
- Spotmaße bei FWHM 53,1 μm (nach Betrachtung der Messfehler)
- Spot-Berechnung nach DIN EN 12543-5



Ergebnisse

Prototypenfertigung

- Tests an realen Prototypen
- Kontrolle der Verbindungstechnologien
- Überprüfung der Montagefreundlichkeit
 - der Unterbaugruppen
 - der Gesamtbaugruppe



Fazit und Ausblick

- weitere Prototypen und Dauertest
- weitere Brillanzerhöhung und Restriktionsarten
- raumorientiertes Monokristallin-Target
- akademische und industrielle Anwendung



© www.basketball.tvkarben.de



**HELMUT FISCHER GMBH
INSTITUT FÜR ELEKTRONIK UND MESSTECHNIK**

Rudower Chaussee 29/31
12489 Berlin
Germany

Vielen Dank für Ihre Aufmerksamkeit!

Dmitrij.Hasenkampf@helmut-fischer.com
www.helmut-fischer.com

Registered Office: Sindelfingen | Register court: HR Stuttgart, HRB 725002; VAT No. DE813088884
Managing Director: Dr. Martin Leibfritz | Certification: DIN EN ISO 9001
Accreditation: DIN EN ISO/IEC 17025:2005 for „Mass per unit area“ (D-K-15076-01-00)