

Analyse und Optimierung der Gasströmung einer Plasmaflamme mittels CFD-Simulation

Dipl.-Ing. (FH) Tobias Storch, Prof. Dr. D. Gaudlitz

Zielstellung

- Ableitung eines CFD-Rechenmodells basierend auf vorhandener Geometrie eines Plasmainjektors
- Anpassung der Betriebsparameter einer Plasmafackel hinsichtlich idealer Zündbedingungen
- Optimierungsmöglichkeiten: Variation von axialem und radialem Gasmassenzustrom

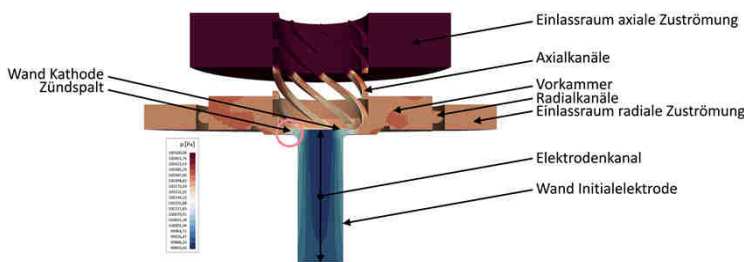


Abb. 1: Wesentliche Bestandteile der Plasmafackel.

Untersuchungsmethoden

- Stationäre, kompressible Simulation mit OpenFOAM, sequentieller Drucklöser
- Simulation der kalten Fackel vor Plasmazündung
- RANS-Simulation: $k\epsilon$ -realizable Turbulenzmodell
- Rechengitter aus Hexaedern mit Gmsh-Algorithmus

Gitterstudie

- Untersuchung von drei Hexaeder- und zwei Tetraedernetzen
- Bewertungskriterien u.a.:
 - Gradient & Profilverlauf Geschwindigkeitsfeld
 - Sensitivität bzgl. lokaler Verfeinerungen

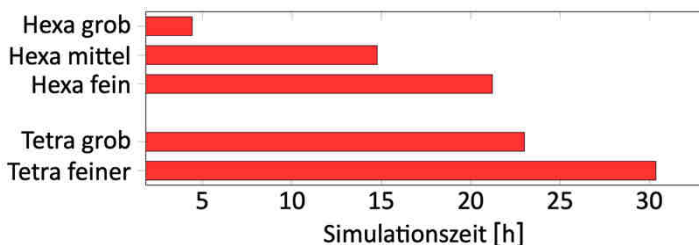


Abb. 2: Simulationszeiten der erstellten Rechengitter.

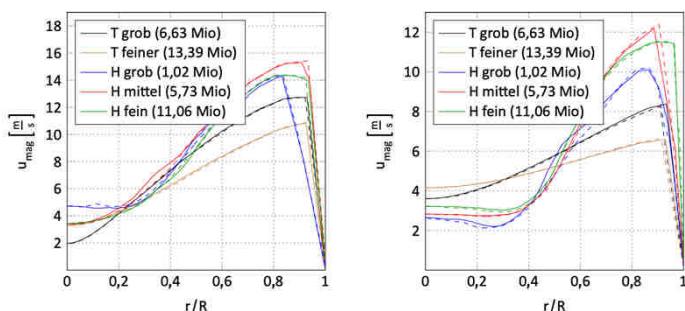


Abb. 3: Betrag Axialgeschwindigkeit in 6mm (links) und 30mm (rechts) Entfernung zur Kathode („T“-Tetraeder, „H“-Hexaeder).

Sensitivitätsanalyse

- Analyse der Auswirkung entweder axialer oder radialer Gaszufuhr
- Ableiten geeigneter Zuströmverhältnisse für die Parameterstudie

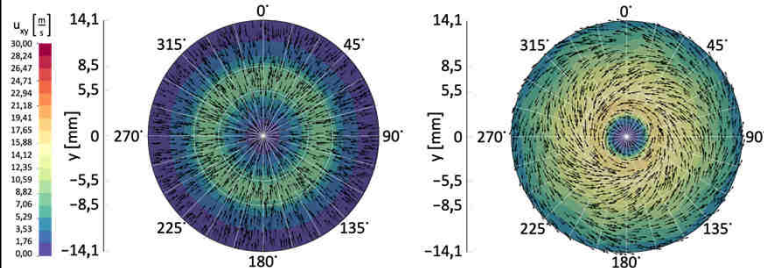


Abb. 4: Umfangsgeschwindigkeit auf halber Höhe des Zündspalts (0,6mm von Kathode) für rein radiale (links) und rein axiale (rechts) Zuströmung.

Parameterstudie

- Variation des axialen und radialen Massenstroms in Verhältnissen 40:60, 50:50 und 60:40 sowie verschiedener Gasdurchsätze (40 bis 60 L/min)
- Bewertungskriterien:
 - Dichtefeld vor der Kathode (ρ)
 - Geschwindigkeitsfeld im Kathodenkanal (u_z)
 - Umfangsgeschwindigkeit im Zündspalt (u_{xy})
 - Wirbelsysteme im Elektrodenkanal (Q-Kriterium)

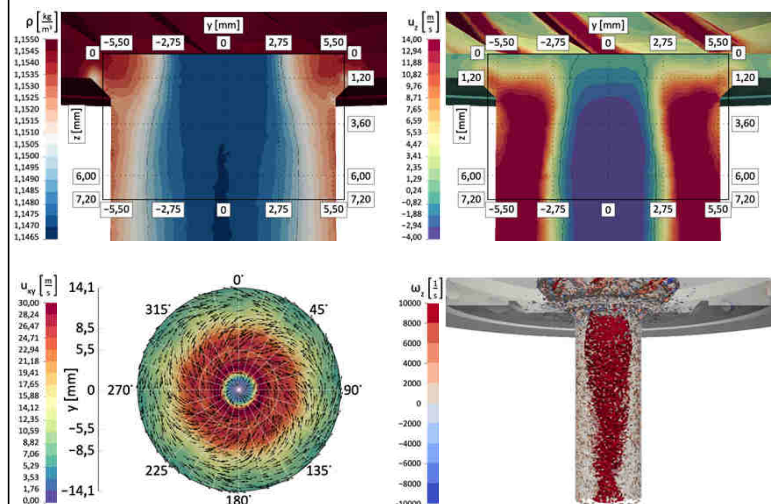


Abb. 5: Bewertungskriterien zur Ermittlung der Vorzugsvariante.

Zusammenfassung

- Axiale Zuströmung ermöglicht angezieltes Dichteminimum vor der Kathode sowie Rückströmzone im Kathodenkanal
- Kombination aus axialer und radialer Zuströmung begünstigt Ionisationsvorgang und Plasmaeinschluss