

**PlasmArc4Green
Simulation, Modelling and
Monitoring of Plasma and Arc
based Processes for Green
Metal Production.**

Programme: COMET – Competence
Centers for Excellent Technologies

Programme line: COMET-Module

Type of project: PlasmArc4Green-
Project 2, 01.07.2024-30.06.2028,
multi-firm



FORTSCHRITTLICHE LICHTBOGENSIMULATIONEN FÜR GRÜNE TECHNOLOGIEN

KINETISCHE MODELLIERUNG VON PLASMA-FESTSTOFF WECHSELWIRKUNGEN IM KATHODEN NAHBEREICH

Das Verständnis der physikalischen Prozesse im kathodennahen Bereich bei Lichtbögen unter atmosphärischem Druck ist eine langjährige Herausforderung in der Plasmaphysik. Trotz ihrer entscheidenden Rolle für das Verhalten des Lichtbogens und die Lebensdauer der Elektroden hat das Fehlen detaillierter Computermodelle die Fähigkeit eingeschränkt, Prozesse wie Plasma-Festkörper-Wechselwirkungen, Elektronenemission und die Bildung von Plasma-Randschichten vorherzusagen oder zu optimieren.

Diese Lücke ist besonders relevant im Kontext moderner metallurgischer Prozesse, bei denen der Übergang zu nachhaltigeren Technologien eine

präzise Kontrolle der Lichtbögen erfordert. Um diese Herausforderung zu bewältigen, wurde im Rahmen des Projekts 2 *Plasma-Solid Interaction* des COMET-Moduls *PlasmArc4Green* ein neues Simulationswerkzeug entwickelt. Das Werkzeug, ein **Particle-in-Cell (PIC)**-Code, simuliert das kinetische Verhalten geladener Teilchen im Bereich nahe der Kathode eines Lichtbogens unter atmosphärischem Druck.

Der Kern des Ansatzes liegt in der impliziten PIC-Methode, die im Vergleich zu traditionellen expliziten PIC-Schemata größere Zeitschritte und eine höhere numerische Stabilität für Plasmen mit hoher Dichte ermöglicht. Der Code ist in C++ geschrieben und verwendet **PETSc** und **MPI** für eine effiziente

SUCCESS STORY

Parallelisierung. Die aktuelle Implementierung integriert erfolgreich moderne PIC-Ansätze zur Auflösung der Plasma-Randschicht (sheath) und angrenzender Bereiche.

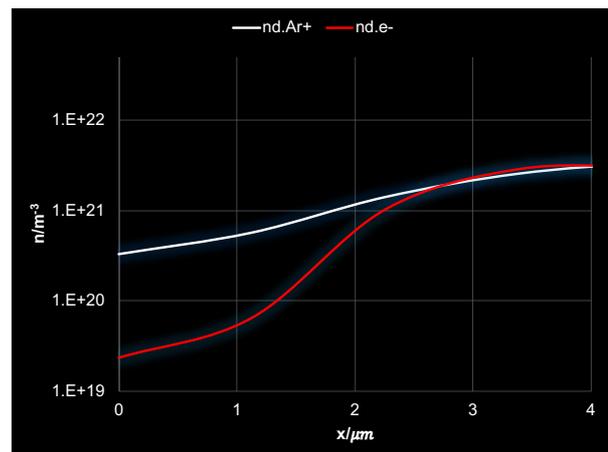
Die Simulationsergebnisse umfassen elektrische Feld- und Potentialprofile, Teilchendichten und diagnostische Größen wie Kollisionsfrequenzen und Ströme. Diese Ergebnisse liefern Einblicke in die Mechanismen der Ladungstrennung, Ionenbeschleunigung und Plasma-Randschicht Formierung – Schlüsselprozesse in der Lichtbogenphysik und beim Design von Elektroden. Das Modell dient auch als Referenz für die Entwicklung effizienterer Multi-Fluid Modelle, die schnellere Simulationen ohne Einbußen bei der physikalischen Genauigkeit ermöglichen.

Wirkungen und Effekte

Das COMET-Modul PlasmaArc4Green stellt einen Schritt zur Schließung der Modellierungslücke in der Forschung zu Plasma-Festkörper-Wechselwirkungen dar. Diese Erkenntnisse bieten einen Weg zu verbesserten Vorhersagemodellen in industriellen Anwendungen, bei denen die Leistung und der

Verschleiß der Kathode eine entscheidende Rolle spielen.

Darüber hinaus können die Daten zur Validierung von Randbedingungen in Simulationen auf Kontinuums-ebene, wie Multi-Fluid-Simulationen, verwendet werden, die in der Materialverarbeitung und Metallurgie eingesetzt werden.



Density Profiles in the Near Cathode Region, © K1-MET

Projektkoordination (Story)

Yasir Hussain Siddiqui, MSc
PhD Researcher
K1-MET GmbH
yasir.siddiqui@k1-met.com

PlasmArc4Green / Project 2

K1-MET GmbH
Stahlstraße 14
4020 Linz
T +43 732 6989 75607
office@k1-met.com
https://www.k1-met.com/modul_plasmarc4green

Projektpartner

- INP Greifswald, DE
- Montanuniversität Leoben, AT
- Montanwerke Brixlegg AG, AT
- Primetals Technologies Austria GmbH, AT
- RHI Magnesita GmbH, AT
- voestalpine Stahl GmbH, AT
- voestalpine Stahl Donawitz GmbH, AT

Diese Success Story wurde von der Konsortialführung und den genannten Projektpartnern zur Veröffentlichung freigegeben. Das COMET Modul PlasmArc4Green wird im Rahmen von COMET – Competence Centers for Excellent Technologies durch BMIMI, BMWET, und den Ländern Oberösterreich, Steiermark und Tirol gefördert. Das Programm COMET wird durch die FFG abgewickelt. Weitere Informationen zu COMET: www.ffg.at/comet