



## Aufgabenstellung Masterarbeit

für Wählen Sie ein Element aus Vorname und Nachname eingeben

### Analyse und Bewertung des PIC-Moduls in PICLas für die Simulation von Ionentriebwerken

#### Analysis and Evaluation of the PIC Module in PICLas for the Simulation of Ion Thrusters

##### Motivation:

Ionentriebwerke ermöglichen Raumfahrzeugen effiziente Lageregelungen und Orbittransfers. Bei diesen Triebwerken werden in einer Brennkammer ein Plasma gezündet und die dabei entstehenden positiven Ionen elektrostatisch mittels einer Gitterelektrodenanordnung beschleunigt. Der resultierende Rückstoß produziert den notwendigen Schub, wobei der spezifische Impuls signifikant größer ist im Vergleich zu chemischen Triebwerken. Die numerische Simulation der elektrodynamischen und strömungsphysikalischen Vorgänge in einem solchen Ionentriebwerk ist eine herausfordernde Aufgabe. Besonders schwierig ist dabei das auftretende Multi-skalenproblem im entstehenden Plasma als Konsequenz der stark unterschiedlichen Massen von Elektronen und Ionen. Typischerweise werden diese Problemstellungen mit der Particle-In-Cell Methode bearbeitet, in dem die Elektronen und Ionen mit Partikeln simuliert werden. Der Vorteil dieses Ansatzes ist, dass keine vereinfachenden Annahmen zu dem Plasma getroffen werden müssen und die kinetischen Effekte entsprechend berücksichtigt werden können. Ein Nachteil ist jedoch der sehr hohe Rechenaufwand bei realen Anwendungen, der durch die voll-kinetische Betrachtung des Plasmas entsteht. Im Rahmen dieser Masterarbeit soll nun die Anwendbarkeit des PIC-Moduls des plasmakineticen PICLas-Codes, der am IRS entwickelt wird, untersucht und insbesondere hinsichtlich seiner Einsatzfähigkeit in einem industriellen Umfeld bewertet werden. Hierfür wird ein vereinfachtes numerisches Setup betrachtet, das eine 2D-Ionenoptik darstellt und die elektrostatische Beschleunigung der Ionen durch eine Gitterkonfiguration in einem Ionentriebwerk repräsentiert. Im Speziellen soll untersucht werden, ob eine Approximation der Elektronen durch eine Fluidbeschreibung zu ähnlichen Ergebnissen wie die voll kinetische Simulation führt und welche Ersparnis der Rechenzeit hierdurch zu erreichen ist.

##### Aufgabenstellung:

- Einarbeitung in die Theorie der PIC-Methode mit ausführlicher Literaturrecherche und in den PICLas-Code.
- Voll-kinetische Simulation einer 2D-Ionenoptik eines Ionentriebwerks: Gittererstellung, Auswertung der resultierenden Plasmaströmung bzgl. Plasmageschwindigkeit, Austrittswinkel, etc., Untersuchung der Performance, Analyse der Gitter- und Zeitschrittabhängigkeit der konvergierten Lösung
- Simulation einer 2D-Ionenoptik eines Ionentriebwerks mit Nutzung des Boltzmann-Fluids für Elektronen
- Bewertung und ausführliche schriftliche Dokumentation der Ergebnisse

Die Arbeit wird bei der IABG GmbH in Ottobrunn durchgeführt. Für die erfolgreiche Bearbeitung ist ein enger Kontakt mit den Betreuern von industrieller und akademischer Seite erforderlich.

Betreuer intern: Dr. Marcel Pfeiffer, Prof. Stefanos Fasoulas

Betreuerin extern: Dr. Ursula Rasthofer

Bearbeitungsbeginn: 03.05.2021

Einzureichen spätestens: 03.11.2021

##### **Empfangsbestätigung:**

Ich bestätige hiermit, dass ich die Aufgabenstellung sowie die rechtlichen Bestimmungen und die Studien- und Prüfungsordnung gelesen und verstanden habe.

Prof. Dr.-Ing. Stefanos Fasoulas  
(Verantwortlicher Hochschullehrer)

Externe/r Betreuer/-in

Unterschrift des/der Studierenden

**Rechtliche Bestimmungen:** Der/die Bearbeiter/in ist grundsätzlich nicht berechtigt, irgendwelche Arbeits- und Forschungsergebnisse, von denen er/sie bei der Bearbeitung Kenntnis erhält, ohne Genehmigung des/der Betreuers/in dritten Personen zugänglich zu machen. Bezüglich erreichter Forschungsleistungen gilt das Gesetz über Urheberrecht und verwandete Schutzrechte (Bundesgesetzblatt I/ S. 1273, Urheberschutzgesetz vom 09.09.1965). Der/die Bearbeiter/in hat das Recht, seine/ihre Erkenntnisse zu veröffentlichen, soweit keine Erkenntnisse und Leistungen der betreuenden Institute und Unternehmen eingeflossen sind. Die von der Studienrichtung erlassenen Richtlinien zur Anfertigung der Masterarbeit sowie die Prüfungsordnung sind zu beachten.

##### Professoren und Privatdozenten des IRS:

Prof. Dr.-Ing. Stefanos Fasoulas (Geschäftsführender Direktor) · Prof. Dr.-Ing. Sabine Klinkner (Stellvertretende Direktorin) ·

Prof. Dr. rer. nat. Alfred Krabbe · (Stellvertretender Direktor) · Hon.-Prof. Dr.-Ing. Jens Eickhoff · Prof. Dr. rer. nat. Reinhold Ewald ·

PD Dr.-Ing. Georg Herdrich · Hon.-Prof. Dr. Volker Liebig · Hon.-Prof. Dr. rer. nat. Christoph Nöldeke · Prof. Dr.-Ing. Stefan Schleichtrien ·

PD Dr.-Ing. Ralf Srama