

## Aufgabenstellung Masterarbeit

### Numerische Simulation der Umströmung einer Höhenforschungsrakete im Rahmen des PMWE Projekts

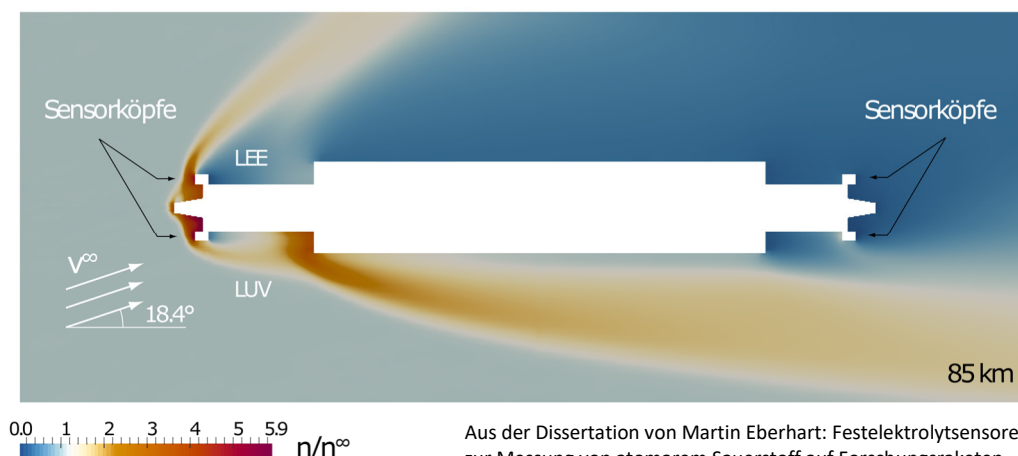
#### Numerical Simulation of the flow field around a sounding rocket for the PMWE project

##### Motivation:

Die MLT Region der Erdatmosphäre (Mesosphere / Lower Thermosphere), die etwa den Höhenbereich zwischen 75km und 110km einnimmt, ist Schauplatz vieler Prozesse und ungelöster Rätsel, die für die Atmosphärenphysik der Erde von großem Interesse sind. Die in-situ Vermessung dieser Region stellt eine Nische für Höhenforschungsraketen dar, denn für Satelliten ist sie zu niedrig, für Ballons wiederum zu hoch. Das IRS nimmt im Rahmen einer solchen Raketenmission am Projekt PMWE teil, das sich der Erforschung des gleichnamigen Phänomens (Polare Mesosphärische Winter Echos) widmet. Dabei handelt es sich um vergleichsweise starke Reflexionen von Radarwellen in der MLT Region, deren Ursache noch ungeklärt ist. Der Beitrag des IRS zu dieser Mission sind kleine Festelektrolytsensoren (FIPEX), die selektiv die Teilchendichte des atomaren Sauerstoffs entlang der Raketentrajektorie vermessen. Da es sich bei atomarem Sauerstoff um ein Radikal handelt, liegt die Vermutung nahe, dass geladene extraterrestrische Teilchen in der MLT Region, die eine mögliche Ursache für die Reflexionen sein könnten, durch diesen oxidiert werden. Um diese Beeinflussung weiter zu untersuchen, muss die Menge an vorhandenem atomarem Sauerstoff möglichst genau quantifiziert werden.

Eines der Probleme in diesem Zusammenhang ist, dass es sich um eine intrusive Messung handelt. Die Rakete beeinflusst die Atmosphäre, die sie vermessen soll. Die Sensoren, die an beiden Enden der Rakete angebracht sind, befinden sich entweder in einem Bereich verdichteter (ram) oder verdünnter (wake) Strömung. Eine praktikable Methode diesen Einfluss herauszurechnen und so auf den Zustand der ungestörten Atmosphäre zu schließen, ist die numerische Simulation der Raketenumströmung an verschiedenen Trajektorienpunkten.

Aufgrund der ausgeprägten Nicht-Gleichgewichtsströmungen in den hier interessanten Höhen sollen die Simulationen im Rahmen dieser Arbeit mit dem Direct Simulation Monte Carlo (DSMC) Modul des gaskinetischen Partikelverfahrens PICLas durchgeführt werden. Hierbei soll die atmosphärische Zusammensetzung in zwei ausgewählten Trajektorienpunkten zusätzlich so iteriert werden, dass die simulierten und gemessenen Sauerstoffkonzentrationen übereinstimmen. Damit soll geprüft werden, ob ein vereinfachtes Modell zum Herausrechnen des Raketeneinfluss auf die Atmosphäre ohne die Notwendigkeit mehrerer Iterationen möglich ist.

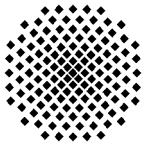


Aus der Dissertation von Martin Eberhart: Festelektrolytsensoren zur Messung von atomarem Sauerstoff auf Forschungsraketen

**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



Aufgabenstellung:

- Einarbeitung in die Theorie der DSMC-Methode mit Literaturrecherche
- Einarbeitung in den Plasma Kinetik Code PICLas des IRS
- Verschiedene 3D Simulationen der Raketenumströmung und Vergleich mit experimentellen Messungen: Gittererstellung, Auswertung der resultierenden Strömungen, Vergleich mit Sensordaten
- Überprüfung des Zusammenhang zwischen Anströmung und Bedingung am Sensor in verschiedenen Knudsenzahlbereichen
- Erstellung einer ausführlichen schriftlichen Ausarbeitung sowie abschließende Präsentation der Ergebnisse

Bei Interesse darf man sich gerne an Dr. Marcel Pfeiffer (071168560335 / [mpfeiffer@irs.uni-stuttgart.de](mailto:mpfeiffer@irs.uni-stuttgart.de)) oder Igor Hörner (071168569600 / [ihoerner@irs.uni-stuttgart.de](mailto:ihoerner@irs.uni-stuttgart.de)) wenden.

Betreuer/-in intern:

Bearbeitungsbeginn:

Einzureichen spätestens:

**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)

---

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, Urheberrechtsgesetz 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

## Erklärungen

Hiermit versichere ich, **Name, Vorname**, dass ich diese **Masterarbeit** selbstständig mit Unterstützung des Betreuers / der Betreuer angefertigt und keine anderen als die angegebenen Quellen und Hilfsmittel verwendet habe. Die Arbeit oder wesentliche Bestandteile davon sind weder an dieser noch an einer anderen Bildungseinrichtung bereits zur Erlangung eines Abschlusses eingereicht worden.

Ich erkläre weiterhin, bei der Erstellung der Arbeit die einschlägigen Bestimmungen zum Urheberrecht fremder Beiträge entsprechend den Regeln guter wissenschaftlicher Praxis<sup>1</sup> eingehalten zu haben. Soweit meine Arbeit fremde Beiträge (z.B. Bilder, Zeichnungen, Textpassagen etc.) enthält, habe ich diese Beiträge als solche gekennzeichnet (Zitat, Quellenangabe) und eventuell erforderlich gewordene Zustimmungen der Urheber zur Nutzung dieser Beiträge in meiner Arbeit eingeholt. Mir ist bekannt, dass ich im Falle einer schuldhaften Verletzung dieser Pflichten die daraus entstehenden Konsequenzen zu tragen habe.

.....  
Ort, Datum, Unterschrift

Hiermit erkläre ich mich damit einverstanden, dass meine **Masterarbeit** zum Thema:

in der Institutsbibliothek des Instituts für Raumfahrtssysteme ohne Sperrfrist öffentlich zugänglich aufbewahrt und die Arbeit auf der Institutswebseite sowie im Online-Katalog der Universitätsbibliothek erfasst wird. Letzteres bedeutet eine dauerhafte, weltweite Sichtbarkeit der bibliographischen Daten der Arbeit (Titel, Autor, Erscheinungsjahr, etc.).

Nach Abschluss der Arbeit werde ich zu diesem Zweck meinem Betreuer neben dem Prüfaxemplar eine weitere gedruckte sowie eine digitale Fassung übergeben.

Der Universität Stuttgart übertrage ich das Eigentum an diesen zusätzlichen Fassungen und räume dem Institut für Raumfahrtssysteme an dieser Arbeit und an den im Rahmen dieser Arbeit von mir erzeugten Arbeitsergebnissen ein kostenloses, zeitlich und örtlich unbeschränktes, einfaches Nutzungsrecht für Zwecke der Forschung und der Lehre ein. Falls in Zusammenhang mit der Arbeit Nutzungsrechtsvereinbarungen des Instituts mit Dritten bestehen, gelten diese Vereinbarungen auch für die im Rahmen dieser Arbeit entstandenen Arbeitsergebnisse.

.....  
Ort, Datum, Unterschrift

---

<sup>1</sup> Nachzulesen in den DFG-Empfehlungen zur „Sicherung guter wissenschaftlicher Praxis“ bzw. in der Satzung der Universität Stuttgart zur „Sicherung der Integrität wissenschaftlicher Praxis und zum Umgang mit Fehlverhalten in der Wissenschaft“