



# GAIA

## AEROSPACE

### Studien- oder Masterarbeit

## **Widerstandssteuerung wiedereintretender Erststufen mittels Schubvektoraktuatorik**

Schubvektorsteuerungen stellen einen essentiellen Bestandteil jedes aktiv steuerbaren Trägerraketensystems dar. Im Falle von Flüssigraketenantrieben bestehen diese in der Regel aus zwei linear verstellbaren Aktuatoren und einem Gimbal an dem das Triebwerk um zwei Achsen drehbar gelagert ist. Im Falle von Triebwerksclustern besteht die Herausforderung in der Auslegung der Schubvektorsteuerung nicht nur in der schnellen und präzisen Auslenkung der Triebwerke, sondern ebenfalls in der Interaktion der Triebwerke.

Während des Wiedereintritts von wiederverwendbaren Erststufen zeigen die Triebwerke in der Regel in Flugrichtung. Durch die direkte Anströmung der konkaven Glockendüsen werden hohe aerodynamische Widerstände erzielt, die zur Abbremsung der Rakete beitragen. Mit Hilfe der Schubvektorsteuerung lassen sich die Glockendüsen zusätzlich anstellen, womit der Widerstand aktiv variiert werden kann. Dies hat einen direkten Einfluss auf die Lastvielfachen, die während des Wiedereintritts auf die Erststufe einwirken. Eine gezielte Steuerung des Triebwerksclusters kann somit eine Reduzierung erforderlicher Stützstrukturen und damit eine Massensparnis an der Erststufe zur Folge haben. Aus diesem Grund soll im Rahmen dieser Arbeit die Auswirkung von Schubvektorsteuerungen auf den Wiedereintritt von Erststufen und die potentielle Massensparnis näher untersucht werden.

Die Arbeit gliedert sich in die folgenden Arbeitsschritte:

1. Literaturrecherche zu wiederverwendbaren Raketen, Raketenstrukturen, Schubvektorsteuerungen, Triebwerksclustern, Flugsimulationen und CFD.
2. Definition eines Wiedereintrittsszenarios mit den entsprechenden Anströmungsbedingungen sowie einer Referenzträgerrakete mit entsprechenden Triebwerksstellungen
3. CAD-Modellierung des Referenzträgersystems und der Triebwerksstellungen
4. Erfassung der aerodynamischen Bremswirkung der Clustereinstellungen mittels CFD
5. Implementierung und Erprobung der aerodynamischen Bremswirkung in einer vordefinierten Flugsimulationsumgebung in Matlab/Simulink
6. Kritische Analyse der Auswirkungen auf das Raketensystem sowie Darlegung weiteren Optimierungspotentials

**Kontakt: Kai Höfner, M.Sc.**  
Tel. +49 (0)162 / 656-8462, E-Mail: [kai.hoefner@gaia-aerospace.com](mailto:kai.hoefner@gaia-aerospace.com)  
Durchführung nach Rücksprache mit betreuendem Hochschulinstitut

