RITSAT



Researchers
M. Becker and R. Henrich

Principal Investigator
Prof. Dr. Christian Heiliger

Project Term
2012 - 2015

Project Areas
Optics, Quantum Optics and Physics of Atoms, Molecules and Plasmas

Clusters
Skylla Cluster Gießen

Institute
I. Physikalisches Institut

University
Justus Liebig University Giessen

JUSTUS-LIEBIG-UNIVERSITÄT GIESSEN
TECHNISCHE UNIVERSITÄT DARMSTADT
UNIKASSEL VERSITÄT
Philipps Universität Marburg

Introduction

Das „Radiofrequenz Ionentriebwerk“ (RIT) gehört zu der Klasse der elektrischen Triebwerke. Bei dieser Klasse wird Treibstoff nicht verbrannt, sondern ionisiert, d.h. elektrisch aufgeladen. Dies geschieht meist in einer Plasma-Gasentladung. Hierbei ersetzt der Ionisator die Brennkammer herkömmlicher chemischer Raketen. Als Treibstoff verwendet man in der Regel das schwere Edelgas Xenon. Die ionisierten Atome können nun durch starke elektrische Felder auf hohe Austrittsgeschwindigkeiten beschleunigt und zum Antriebsstrahl gebündelt werden. Der Ionenbeschleuniger tritt hierbei an die Stelle einer konventionellen Raketendüse. Damit erreicht man 10- bis 20-mal höhere Strahlgeschwindigkeiten als mit den besten chemischen Triebwerken. Bei gegebenem Antriebsbedarf spart man dadurch erhebliche Treibstoffmengen ein und kann so ein Mehr an Nutzlast transportieren. Alternativ hierzu erreicht man entsprechend höhere Fluggeschwindigkeiten der Rakete bzw. kürzere Flugzeiten bis zum Ziel. Da der Treibstoff nur als Rückstoßmasse, aber nicht zugleich als Energieträger (wie bei den chemischen Raketen) dient, benötigt ein elektrisches Triebwerk eine eigene Energieversorgung im Weltraum. Als Energiequellen werden im Allgemeinen Solarzellen benutzt. Satelliten können aus einer niedrigen Erdumlaufbahn in die geostationäre Bahn „aufspiralt“ werden, was die Verwendung einer kleineren und billigeren Startrakete ermöglicht. Die Kompensation von Störkräften auf den Satelliten durch Ionentriebwerke spart erhebliche Treibstoffmengen ein. Solar-elektrische Raumsonden sind hinsichtlich Nutzlastkapazität und Missionsdauer den konventionell angetriebenen Sonden umso überlegener, je schwieriger und anspruchsvoller ein Flugauftrag ist. Schließlich verlangt eine neue Generation wissenschaftlicher Satelliten und Sonden derart präzise Positions- und Lagekontrollen, dass Ionentriebwerke konkurrenzlos sind.

Methods

Die Effizienz eines RITs wird an den zwei Faktoren, Treibstoffeffizienz und Leistungseffizienz, gemessen. Die Treibstoffeffizienz gibt an wie viel Prozent des Treibstoffes tatsächlich ionisiert wird, denn nur dieser Anteil kann mit den elektrischen Feldern beschleunigt werden und trägt zum Schub bei. Die Leistungseffizienz hingegen besagt, wie viel Energie für die Ionisierung benötigt wird. Sowohl die Treibstoffmenge als auch die zur Verfügung stehende Energie ist aus Kostengründen auf einem Satelliten stark begrenzt. Weitere Effizienzsteigerungen sind daher von großer Bedeutung. Diese können jedoch nur erreicht werden durch ein sehr gutes Verständnis der physikalischen Vorgänge in dem Ionisator. Da die Messung dieser Eigenschaften nur schwer realisierbar ist und zusätzlich eine Störung des Experiment darstellen, ist eine Simulation des Triebwerks notwendig.

Results

Hierfür wurde an der Justus-Liebig-Universität Gießen das Plasmasimulationsprogramm „PlasmaPIC“ entwickelt. Dieses

JUSTUS-LIEBIG-UNIVERSITÄT GIESSEN TECHNISCHE UNIVERSITÄT DARMSTADT UNIKASSEL VERSITÄT Philipps Universität Marburg

Programm basiert auf der „particle in cell“ – Methode (PIC). Hierbei wird der zu simulierende Bereich in Zellen unterteilt und die Bewegung ausgewählter Atome des Treibstoffes durch diese Zellen bestimmt. In einer Simulation des kleinsten RITs, das lediglich ein Zentimeter Durchmesser hat, müssen bereits Milliarden von Bewegungsbahnen bestimmt werden. Mit nur einem CPU-Kern würde die Berechnung über ein Jahr dauern. Dank einer sehr effektiven Parallelisierung in „PlasmaPIC“ ist es möglich diese Simulationszeit durch den Einsatz von 400 CPU-Kernen auf einen Tag zu reduzieren. Ein weiteres Highlight von „PlasmaPIC“ ist die vollwertige dreidimensionale Berechnung des Treibwerks. Dies ermöglicht, beliebige Geometrien eines RITs in „PlasmaPIC“ zu importieren und deren Einfluss zu simulieren.

Discussion

Auf diese Weise können neue Designs schnell und effizient getestet werden, ohne diese erst herstellen zu müssen. Mit dem hier entwickelten Programm „PlasmaPIC“ wird eine räumliche und zeitliche Auflösung physikalischer Eigenschaften in dem Triebwerk erreicht, die mit einer Messung heutzutage nicht erreichbar ist. „PlasmaPIC“ ermöglicht dadurch ein ganz neues Verständnis der physikalischen Vorgänge und eröffnet einen neuen Weg für die Optimierung der RITs.

Last Update: 2020-09-28 18:44