

Weltraumforschung auf der Erde – mit Vakuumtechnologie



An der JLU Gießen werden neue Satellitenantriebe für ihren Einsatz im All getestet

Bevor Satelliten ins All geschossen werden oder eine Weltraummission startet, müssen zahlreiche Tests durchgeführt werden. Diese Tests dienen dazu, die einwandfreie Funktion der Ausrüstung im Weltraum zu prüfen und sicherzustellen, und sind auf der Erde nur mit Vakuumtechnologie realisierbar. Seit den 1960er Jahren findet an der Justus-Liebig-Universität Gießen (JLU) Weltraumforschung statt und die Vakuumtechnologie von Pfeiffer Vacuum war von Beginn an mit dabei. In der Arbeitsgruppe von Professor Dr. Peter J. Klar, dem Geschäftsführenden Direktor des I. Physikalischen Instituts der JLU, testen heute Industriepartner und Weltraumagenturen ihre Triebwerke unter Weltraumbedingungen.

Ionentriebwerke:

Von einer Spielerei zur zukunftsweisenden Technologie

Vor „New Space“ wurden elektrische Raumfahrtantriebe von der Industrie noch als technische Spielerei angesehen, die vielleicht einmal bei einer wissenschaftlichen Mission eingesetzt werden könnte. So war das Feld der universitären Forschung überlassen und die Industrie mit mehr oder weniger finanziellem Engagement dabei. Elektrische Raumfahrtantriebe werden heute als „Game Changer“ angesehen, weil sie ganz andere Missionen im Weltraum ermöglichen als rein chemische Antriebe.

Am I. Physikalischen Institut in Gießen stehen viele große Versuchsanlagen für die Materialforschung und Raumfahrtphysik. Unter anderem werden große Vakuumkammern betrieben, in denen Ionentriebwerke im Betrieb untersucht werden können. Es handelt sich um sogenannte Weltraumsimulationsanlagen. In den Kammern wird ein Vakuum erzeugt und die Antriebe werden darin sowohl getestet als auch vermessen.

Prof. Peter J. Klar erklärt: „Traditionell befasst sich die Arbeitsgruppe Ionentriebwerke hauptsächlich mit der Entwicklung elektrischer Raumfahrtantriebe, insbesondere des vom Gießener Physiker Prof. Dr. Horst Löh erfundenen Radiofrequenz-Ionentriebwerks (RIT). Es gibt verschiedene Typen von elektrischen Raumfahrtantrieben. Bei den von Prof. Löh in den 1960ern entwickelten RIT-Triebwerken wird in einem halbsphärischen Entladungsgefäß aus dem gasförmigen Treibstoff ein Plasma gezündet. Die

Entladungskammer ist auf der offenen Seite durch ein Gittersystem vom Weltraum abgegrenzt. Geladene Treibstoffionen werden im Triebwerksbetrieb aus dem Plasma durch das zwischen den Gittern angelegte elektrische Feld vom Triebwerk weg beschleunigt und

generieren so nach dem Rückstoßprinzip den Schub. Damit sich das Raumfahrzeug nicht elektrisch auflädt, muss der positiv geladene Triebwerksstrahl mit Elektronen neutralisiert werden. In den Pionierzeiten wurde Quecksilberdampf als Treibstoff verwendet, heute vor allen Dingen das Edelgas Xenon. Da dieses aber eine knappe Ressource ist, wird aktiv nach Alternativen gesucht.“

Am I. Physikalischen Institut stehen viele große Versuchsanlagen für die Materialforschung und Raumfahrtphysik



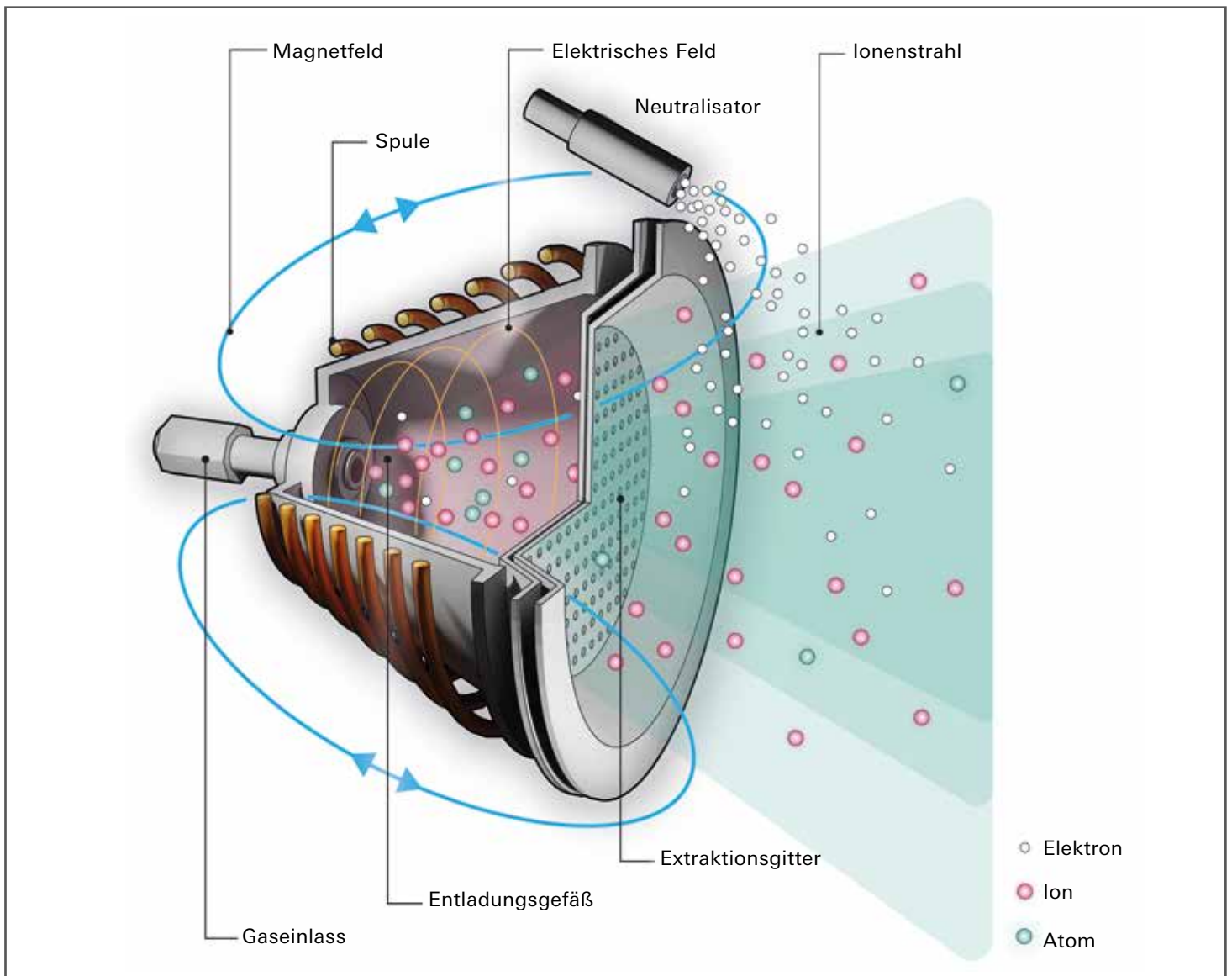


Abbildung 1: Grundprinzip eines Radiofrequenz- (oder Hochfrequenz-) Ionentriebwerks. Im Entladungsgefäß brennt ein Niedertemperaturplasma des gasförmigen Treibstoffs. Die Energieeinkopplung, um das Plasma aufrecht zu erhalten, erfolgt über die magnetischen Wechselfelder der im MHz-Bereich getriebenen Spule. Über das Extraktionsgittersystem werden die Ionen aus dem Plasma extrahiert und auf Energien von etwa 1000 eV beschleunigt. Der positiv geladene Ionenstrahl wird durch Elektronen aus dem Neutralisator neutralisiert. Gießener RF-Ionenquellen für die Materialbearbeitung arbeiten nach dem gleichen Prinzip.

Die Entwicklung neuer Testanlagen steht im Fokus

Die Weltraumforschung an der JLU ist bestrebt, standardisierte Testverfahren zu entwickeln. „Mit der Kommerzialisierung der Technologie ändern sich auch die Aufgaben der universitären Gruppen. Wir können und wollen nicht nach ISO 9000 zertifizierte Triebwerke in großer Zahl bauen. Deshalb konzentrieren wir uns auf die Entwicklung neuer Testanlagen, da kommt auch die Vakuumtechnik hinzu“, so Prof. Klar. „Des Weiteren fokussieren wir uns auf Konzepte für bessere Triebwerksdiagnostik und neuartige miniaturisierte Triebwerke für Kleinstsatelliten. Solche Triebwerke stellen wir mit Methoden der Mikro- und Nanostrukturierung her.“

Insbesondere baut die JLU aktuell neue, in Deutschland einzigartige Testanlagen zur Untersuchung der elektromagnetischen Verträglichkeit (EMV) von elektrischen Raumfahrtantriebssystemen auf. Dort wird untersucht, ob das Triebwerk im Betrieb elektromagnetische Strahlung abgibt, die andere Elektronik stören könnte. Das Phänomen ist vergleichbar mit dem gestörten Empfang eines Analog-Radios im Auto, fährt man an Hochspannungsleitungen vorbei. „Diese Untersuchungen sind immens wichtig, wenn man Satelliten mit solchen Triebwerken betreiben will, denn Störungen dieser Art können schlimmstenfalls zum Komplettverlust des Satelliten führen“, erklärt Prof. Klar. Die zugehörigen EMV-Testanlagen müssen ganz anders aufgebaut sein als EMV-Messplätze für normale Elektronik.

Da die Triebwerke zum Betrieb Weltraumbedingungen, also Vakuum, benötigen, muss entweder die EMV-Messung im Vakuumtank selbst durchgeführt werden oder ein Vakuumtank muss in die abgeschirmte EMV-Messkabine hineinragen.

Neben diesen neuen Anlagen gibt es noch das alte Herzstück der Gießener Raumfahrtforschung: die JUMBO-Testanlage. Sie wurde schon in den 70er Jahren an der JLU in Betrieb genommen, um die RITs mit der Industrie für den Einsatz im Weltraum zu testen, und war eine der ersten und eine Zeit lang eine der größten der Welt. Mittlerweile sind viele Anlagen – auch größere – gebaut worden. Der JUMBO ist nun „nur noch“ die größte Weltraumsimulationsanlage an einer deutschen Universität, hat aber als Vorbild für viele der neueren Anlagen gedient. „Wir hoffen, dass wir mit den neuen EMV-Anlagen in Zukunft ähnlich erfolgreich sein werden. Die Vakuumpumpeninfrastruktur solcher Anlagen muss sehr ausgefeilt sein. Ziel ist es, den Betriebsbedingungen im Weltraum möglichst nahekommen,

weil der Hintergrunddruck in der Vakuumkammer die Leistungsdaten des Triebwerks mitbestimmt. Man will ja schließlich wissen, was das Triebwerk im Weltraum leisten kann – und nicht in schlechtem Vakuum“, ergänzt Prof. Klar.

Im Umfeld der Raumfahrt beschäftigen sich die Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftler an der JLU auch mit neuartigen Materialien, die auf die extremen Anforderungen im Weltraum zugeschnitten sind. Ein Beispiel sind GaN-Halbleiterstrukturen für strahlungsharte Elektronik. Die Strahlungshärte kann zudem in speziellen Testanlagen an der JLU und bei Partnerinstitutionen untersucht werden, in denen die Halbleiter mit hochenergetischer Gamma-Strahlung oder Teilchenstrahlung beschossen werden. Darüber hinaus werden RF-Ionenquellen ähnlich den RITs auch in der Materialbearbeitung eingesetzt, beispielsweise zum Ionenstrahlätzen oder in der Ionenstrahlsputterdeposition.



Abbildung 2:
Zwei ATH 3204 M
Turbopumpen mit
Schraubpumpe
HeptaDry 200 als Vorpumpe
an der JUMBO-Weltraum-
simulationsanlage zum
Testen von Ionentrieb-
werken. Zusammen mit zwei
HiPace 2300 mit Duo 65
Vorpumpen sowie acht
Kryopumpen kommt man
auf ein Pumpvermögen
von 150.000 Litern Xe
pro Sekunde.



Vakuum ist essenziell

Vakuumtechnologie spielt bei diesen Forschungsarbeiten eine wichtige Rolle. In allen Bereichen stehen Versuchsanlagen, die unter Hochvakuum oder sogar Ultrahochvakuum betrieben werden müssen. Dies gilt für die Materialforschung genauso wie für die Raumfahrt. „Diverse Turbopumpen- und Vorpumpensysteme aus fast der gesamten Produktpalette von Pfeiffer Vacuum sind hier im Einsatz“, erläutert Prof. Klar. „So sind beispielsweise Turbopumpen der HiPace- und der ATH-Baureihe und Drehschieberpumpen der DuoLine dabei. Magnetlagerung oder Korrosionsschutz sind wichtige Punkte. Wir profitieren natürlich auch von der besonders großen Langlebigkeit der Turbopumpen. Neben Vakuumpumpen beziehen wir diverse Vakuumkomponenten wie Vakuummessgeräte, Wellschläuche, Dichtungen oder Verbindungselemente. Hier ist der Vorteil ganz klar die schnelle Verfügbarkeit und die Lieferfähigkeit.“

„Wir haben beispielsweise Anlagen, die sehr „reines“ Vakuum benötigen, wo alle Pumpen möglichst ohne Schmiermittel betrieben werden sollten“

„Besonders wichtig sind jedoch die engen zwischenmenschlichen Beziehungen zu Pfeiffer Vacuum, die auf Vertrauen und Zuverlässigkeit beruhen. Es gibt Kontakte auf verschiedenen Ebenen.

Der rein wissenschaftliche Austausch, das Erörtern wissenschaftlicher Fragestellungen, macht viel Spaß und bringt Erfolge. Denn jede Anlage, die wir neu konzipieren, aufbauen und betreiben, stellt andere Anforderungen und

definiert auch andere Herausforderungen. Wir haben beispielsweise Anlagen, die sehr „reines“ Vakuum benötigen, wo alle Pumpen möglichst ohne Schmiermittel betrieben werden sollten“, so Prof. Klar. „Wir haben auch Anlagen, wo wir mit korrosiven Gasen wie Jod arbeiten. Jod

wird im Moment als Alternative zu Xenon als Treibstoff für Ionentriebwerke untersucht. Hier setzen wir die HiPace 1500C in Kombination mit der zweistufigen Drehschieberpumpe Duo 35 MC ein. Beide Pumpen sind als Korrosivgasversion ausgelegt, sodass eine möglichst hohe und lange Standzeit im Prozess gewährleistet ist.“



Abbildung 3:
2 DIBS-Anlage mit mehreren RF-Ionenquellen für das beidseitige Beschichten von Substraten mittels Ionenstrahlsputterdeposition. Auch diese Anlage ist mit zwei Turbopumpen des Typs ATH 3204 M mit ACP 28 Vorpumpen ausgestattet.

Von Gießen aus ins Weltall

Seit 2017 gibt es an der Justus-Liebig-Universität Gießen den Studiengang „Physik und Technologie für Raumfahrtanwendungen (PTRA)“. Es handelt sich hierbei um ein interdisziplinäres Studium zwischen Physik und Elektrotechnik. Das Programm ist auf die Bedarfe der Raumfahrtindustrie zugeschnitten, die sich unter anderem durch den Wandel von Old Space zu New Space drastisch geändert haben. Die klassischen Luft- und Raumfahrtstudiengänge in Deutschland sind im Bereich des Maschinenbaus angesiedelt. Elektrische Raumfahrtantriebe, die seit den 1960er Jahren in Gießen entwickelt werden, gewinnen aktuell rasant an Bedeutung und ihr Betrieb und

ihre Integration auf Satelliten erfordert fundiertes physikalisches und elektrotechnisches Wissen.

Seit 2017 gibt es an der Justus-Liebig-Universität Gießen den Studiengang „Physik und Technologie für Raumfahrtanwendungen“

Natürlich adressiert der Studiengang nicht nur elektrische Raumfahrtantriebe, sondern gibt auch eine breite Einführung in die Raumfahrt als Ganzes. Dazu gehören Missionsplanung und anstehende Missionen, Raumfahrzeuge und verschiedene Antriebstechnologien, Experimente

auf der Internationalen Raumstation und einiges mehr. Die Vakuumtechnologie spielt hierbei eine wichtige Rolle. Mit den fundierten Grundkenntnissen in Physik und Elektrotechnik haben die Absolventinnen und Absolventen beste Berufschancen, und das nicht nur in der Raumfahrt.



Hybridgelagerte Turbopumpe HiPace 2300



Magnetgelagerte Turbopumpe ATH 3204 M



Schraubepumpe HeptaDry



Vakuummutter



Drehschieberpumpe Duo 65



Mehrstufige Wälzkolbenpumpe ACP 15/28

VAKUÜMLÖSUNGEN AUS EINER HAND

Pfeiffer Vacuum steht weltweit für innovative und individuelle Vakuümlösungen, für technologische Perfektion, kompetente Beratung und zuverlässigen Service.

KOMPLETTES PRODUKTSORTIMENT

Vom einzelnen Bauteil bis hin zum komplexen System:

Wir verfügen als einziger Anbieter von Vakuumtechnik über ein komplettes Produktsortiment.

KOMPETENZ IN THEORIE UND PRAXIS

Nutzen Sie unser Know-how und unsere Schulungsangebote!

Wir unterstützen Sie bei der Anlagenplanung und bieten erstklassigen Vor-Ort-Service weltweit.

Sie suchen eine perfekte
Vakuümlösung?
Sprechen Sie uns an:

Pfeiffer Vacuum GmbH
Germany
T +49 6441 802-0

www.pfeiffer-vacuum.com



Folgen Sie uns auf Social Media
#pfeiffervacuum

PFEIFFER  **VACUUM**