



Horst Löb

Die Gießener Ionen-Raketentriebwerke

Schon die drei großen Raketenpioniere – der Russe Ziolkowsky, der Amerikaner Goddard und der Deutsche Hermann Oberth – hatten Anfang des 20. Jahrhunderts erkannt, dass man das Antriebsvermögen von Raketen erheblich steigern kann, wenn der Treibstoff nicht verbrannt, sondern ionisiert und danach elektrisch beschleunigt wird. Oberth widmete sogar in seinem 1929 erschienenen zweiten Buch ein ganzes Kapitel der „Elektrischen Rakete“. Allerdings waren seine Realisierungsvorschläge aus heutiger Sicht reichlich naiv. Die damalige Technik war eben noch nicht reif für „Advanced Propulsion“, also für einen fortschrittlichen Antrieb. In den 1950er Jahren änderte sich das Bild, und Wernher von Braun, Leiter des Raketenzentrums in Huntsville, Alabama, bat einen seiner engsten Mitarbeiter, Ernst Stuhlinger, sich Oberths Idee einmal anzunehmen, indem er sagte: „Ich würde mich nicht wundern, wenn wir einmal elektrisch zum Mars fliegen würden.“ Stuhlinger veröffentlichte schließlich 1964 sein theoretisches Standardwerk „Ion Propulsion For Space Flight“ (McGraw Hill-Verlag).

Zu dieser Zeit hatten bereits die ersten Hardware-Entwicklungen und Bodentests begonnen, zunächst in den USA und der UdSSR, dann in Deutschland, England, Frankreich und Italien und schließlich auch in Japan. In der Bundesrepublik befassten sich ab 1960 parallel die DLR-Institute in Stuttgart und Braunschweig sowie das I. Physikalische Institut der JLU mit der Konzeption und Entwicklung verschiedener Typen von Ionen- und Plasma-Antrieben.

In Gießen baute der Verfasser dieses Beitrags als Postdoc eine Arbeitsgruppe und später eine Abteilung auf. Nach einem Besuch des damaligen Wissenschaftsministers Dr. Stoltenberg in Gießen erhielt das Institut finanzielle Unterstützung vom BMFT, und 1970 übernahm die

Firma MBB (später Dasa, heute EADS Astrium) die industrielle Weiterentwicklung der Gießener Prototypen. Diese erfolgreiche Kooperation zwischen Forschungseinrichtung und Industrie setzte sich bis heute fort, und als Drittmittelgeber kamen – neben der Industrie – das DLR-Zentrum (früher die DARA), die DFG und die ESA hinzu. Das I. Physikalische Institut hat diese Arbeitsrichtung beibehalten, und die Gießener Forschungsgruppe ist nach wie vor international angesehen und präsent.

1. Grundgedanke des Ionenantriebs

Eine Rakete wird bekanntlich durch den Rückstoß des ausströmenden Treibstoffs angetrieben. Dabei kommt es nach Newton auf den Treibstoffimpuls an, d. h. auf das Produkt aus Treibstoffmasse und Ausströmgeschwindigkeit. In chemischen Raketen wird ein Brennstoff, z. B. Kerosin oder Wasserstoff, mit einem Sauerstoffträger verbrannt; die heißen Verbrennungsgase werden dann schuberzeugend durch eine sogenannte Laval-Düse ausgestoßen. Leider sind die dabei erreichbaren Strahlgeschwindigkeiten auf Grund des begrenzten Heizwertes der Brennstoffe relativ gering, so dass Qualität durch Quantität ersetzt werden muss, d. h. große Mengen an Treibstoff mitgeführt und rasch verbrannt werden müssen. So beansprucht der Treibstoff bis zu 90 Prozent der Startmasse einer chemischen Rakete, und der Zwang, das Stufenprinzip anzuwenden, reduziert nochmals den Nutzlastanteil bis auf wenige Prozentpunkte.

In einem Ionenantrieb werden dagegen die Treibstoffatome elektrisch aufgeladen, d. h. ionisiert, und dann zwischen Gitterelektroden durch Hochspannungsfelder zum Antriebsstrahl beschleunigt und gebündelt. Als Treib-

stoff verwendet man aus physikalischen, technischen und Umweltgründen das schwere Edelgas Xenon. Der Ionisator, welcher nun die Brennkammer ersetzt, arbeitet mit einer elektrischen Gasentladung, grob vergleichbar mit einer Leuchtstoffröhre. Legt man an die Lochelektroden eine Spannung von beispielsweise 2000 V an, so erhält man 10 Mal höhere Strahlgeschwindigkeiten als mit den besten chemischen Triebwerken erreicht werden. Das bedeutet nach Newton, dass man nur ein Zehntel an Treibstoffmasse benötigt, um den gleichen Antriebsimpuls zu erzeugen. Man kann daher wesentlich schwerere Nutzlasten befördern. Alternativ hierzu lassen sich mit entsprechend mehr Treibstoff deutlich höhere Fluggeschwindigkeiten erreichen; man kann auf das Stufenprinzip verzichten und trotzdem noch Nutzlastanteile von zum Beispiel 30 Prozent der Startmasse realisieren.

Leider hat jede Münze zwei Seiten, und so besitzt der Ionenantrieb auch einen gravierenden

Nachteil: Während bei chemischen Raketen die erforderliche Antriebsenergie aus der Verbrennung des Treibstoff-Sauerstoffgemisches direkt gewonnen werden kann, benötigen Ionenraketen eine „Steckdose“ im Weltraum. Als Stromquelle verwendet man heute in der Astronautik großflächige Solarzellen-Flügel. Leider gewinnt man damit aber nur etwa 350 W pro Quadratmeter, so dass den Ionentriebwerken bestenfalls Leistungen im 10 kW-Bereich zur Verfügung stehen, während chemische Großtriebwerke das 100.000-fache umsetzen. Als Konsequenz liefern Ionentriebwerke zwar hohe Strahlgeschwindigkeiten, aber nur sehr kleine Schübe – weniger als 1 N – und sie brauchen lange, um den Treibstoffvorrat zu „verbrennen“ und den Flugkörper auf die hohe Endgeschwindigkeit zu bringen – typischerweise 1 Jahr. Schließlich arbeiten Ionentriebmotoren auch nur im Vakuum, so dass Bodentests entsprechend große Hochvakuum-Prüfstände erfordern (Abb. 1).



Abb. 1: Die Gießener Hochvakuum-Testanlage „Jumbo“ für Ionentriebwerke; mit einem Kammervolumen von 30 m³ und einer Pumpgeschwindigkeit von 100.000 Litern pro Sekunde ist sie der größte Prüfstand in Deutschland. Bild: JLU

2. Einsätze von Ionentriebwerken

Aus dem Gesagten ergibt sich, dass Ionenraketen vom Erdboden aus weder starten, noch auf ihm landen können. Sie benötigen deshalb einen konventionellen, chemischen Träger, der sie zunächst in den schwerefreien und luftleeren Weltraum befördert. Dort aber sind sie den chemischen Antrieben umso überlegener, je anspruchsvoller ein Flugauftrag ist, d. h. je weiter das Ziel entfernt und/oder je größer das geforderte Nutzlastverhältnis ist.

Schon seit einer Reihe von Jahren werden Ionentriebwerke, etwa des amerikanischen „XIPS“-Typs, auf geostationären Nachrichtensatelliten zur Bahnkontrolle eingesetzt. Sonne und Mond versuchen nämlich, die Satelliten aus ihrer vorgesehenen Position herauszudrängen, was ein ständiges Nachjustieren der TV-Antennenschüsseln erforderlich machen würde. Da die Kompensation dieser Störkräfte durch Ionentriebwerke – im Vergleich zu chemischen Triebwerken – den Faktor 10 an Treibstoff spart, können die Satellitenbetreiber mehr Übertragungskanäle installieren, was sich natürlich als kommerzieller Gewinn niederschlägt.

Eine andere Anwendung solcher kleiner „Sekundärtriebwerke“ ist die Kompensation der Luftreibung in niedrigen Orbits. Noch in diesem Jahr will die ESA einen ozeanographischen Forschungs-Satelliten „GOCE“ starten, der mit zwei kleinen Ionentriebwerken ausgerüstet ist. Mehr im öffentlichen Interesse stehen die größeren „Primärtriebwerke“, die Satelliten und Raumsonden direkt antreiben. Ein Anwendungsfall ist hierbei das so genannte Aufspiralen von schweren Satelliten aus einer niedrigen Erdumlaufbahn in den 36.000 km hohen geostationären Orbit, auf dem ein Flugkörper über einem bestimmten Punkt auf der Erde festzustehen scheint. In der Planung ist zum Beispiel der „Alpha-Bus“, bei dem der Ionenantrieb einen beträchtlichen Massen- und Kostenvorteil bringt. Ein Vorläufer war die 2001/2002 aus der Not geborene Rettungsaktion des ESA-Satelliten „Artemis“, auf die wegen der Gießener Beteiligung noch eingegangen wird.

Noch spektakulärer sind wohl die interplanetaren elektrischen Missionen. Als erstes durch Ionenstrahl angetriebenes Raumfahrzeug startete am 24. 10. 1998 die kleine NASA-Sonde „Deep Space One“, die mit Hilfe ihres Ionentriebwerks „NSTAR“ zwei Asteroiden und einen Kometen anflug. Am 27. 9. 2003 folgte dann die Mondsonde „Smart 1“ der ESA. Zurzeit befindet sich die ebenfalls kleine japanische Sonde „Hayabusa“, die eine Bodenprobe von einem nahen Asteroiden genommen hat, auf dem Rückflug zur Erde. Eine größere NASA-Sonde „Dawn“ mit drei „NSTAR“-Aggregaten ist zurzeit unterwegs zu den großen Asteroiden Vesta und Ceres, während die ESA im August 2013 eine von vier Ionenaggregaten angetriebene Sonde „BepiColombo“ zum innersten Planeten Merkur schicken wird.

3. Triebwerkstypen

Seit Beginn der Hardware-Entwicklungen Anfang der 1960er Jahre wurden weltweit mehr als ein Dutzend verschiedener Typen von Raketentriebwerken vorgeschlagen, entwickelt und auch getestet, die alle mit Hilfe elektrischer Energie den Treibstoffstrahl erzeugen und beschleunigen. Von Ausnahmen abgesehen, haben sich inzwischen drei Haupttypen durchgesetzt:

1. Die NASA-Aggregate, auch „Kaufman-Ionentriebwerke“ genannt, arbeiten mit einer Gleichstromentladung, um den Xenon-Treibstoff zu ionisieren, und mit zwei Beschleunigungsgittern, um den Strahl zu erzeugen. Sie erreichen die besten Wirkungsgrade, sind aber leider störanfällig, da die Entladungselektroden durch Ionenaufprall sputtern und das zerstäubte Material Kurzschlüsse zwischen den Beschleunigungselektroden hervorrufen kann. So arbeiten die oben genannten NSTAR-Motoren sowie die neuen NEXT-Triebwerke stets stark gedrosselt. Nichtsdestotrotz haben die Engländer das NASA-Prinzip übernommen.

2. Das mittlerweile von den Franzosen nachgebaute russische „Hall-Ionentriebwerk“ arbeitet ebenfalls mit einer Gleichstromentladung, aber ohne nachfolgende Gitterbeschleunigung, so dass es auch (fälschlicher-

weise) Plasma-Triebwerk genannt wird. Es ist sehr einfach und robust aufgebaut, besitzt aber geringe Wirkungsgrade, zerstäubt leicht und kann nur relativ geringe Strahlgeschwindigkeiten herstellen. Eine Verbesserung des Systems wird zurzeit von der Ulmer Firma Thales angestrebt.

3. Der in Gießen entwickelte und von der Firma EADS Astrium zur Flugreife qualifizierte Typ eines „Radiofrequenz-Ionentriebwerks RIT“ benutzt eine hochfrequente und daher elektrodenlose Xenon-Entladung, mit der alle Elektrodenprobleme von vorneherein vermieden werden, was Zuverlässigkeit, Betriebssicherheit und eine lange Lebensdauer garantiert. Mit Hilfe von geeigneten Beschleunigungsgittern erreicht man zudem hohe Wirkungsgrade und sehr hohe Strahlgeschwindigkeiten. Die Japaner haben diesen Typ modifiziert, indem sie den Hf-Generator (1 MHz) durch einen Mikrowellen-Sender (2,5 GHz) ersetzen.

4. Arbeitsweise der Gießener Ionentriebwerke

Abbildung 2 zeigt die Computergrafik eines (im Bild aufgeschnittenen) Gießener Kleintriebwerks „RIT-4“ und erläutert die Arbeitsweise dieses Triebwerkstyps:

Um ein zylindrisches (oder konisches bzw. semisphärisches) Entladungsgefäß aus Quarz oder Keramik ist die Induktionsspule eines Schwingkreises gewunden, der von einem Hochfrequenzgenerator gespeist wird. Am oberen Ende des Ionisatorgefäßes befindet sich der Gasverteilerkopf; am unteren Ende sind die beiden Lochelektroden zur Strahlerzeugung montiert. Die stromdurchflossene Hf-Spule erzeugt im Gefäßinneren ein axiales, zeitlich rasch veränderliches Magnetfeld, welches nach Faradays Gesetz ein elektrisches Wirbelfeld induziert. Längs der ringförmigen elektrischen Feldlinien werden die Entladungselektronen so lange beschleunigt, bis

sie beim Stoß mit (noch) neutralen Xenon-Atomen diese ionisieren können. Es entsteht auf diese Weise ein dichtes, heißes, leuchtendes Plasma aus positiven Ionen, Elektronen und restlichen Neutralatomen. Dieses Entladungsplasma dient als Reservoir für die nun folgende Extraktion, Beschleunigung und Fokussierung der Ionen zum Antriebsstrahl. Hierzu wird die erste Gitterelektrode auf beispielsweise +2000 V und das zweite Gitter auf -300 V aufgeladen. Die Ausströmgeschwindigkeit beträgt dann rund 46 Kilometer pro Sekunde. Am Triebwerksausgang befindet sich noch eine Elektronenquelle, die den positiven Ionenstrahl neutralisiert.

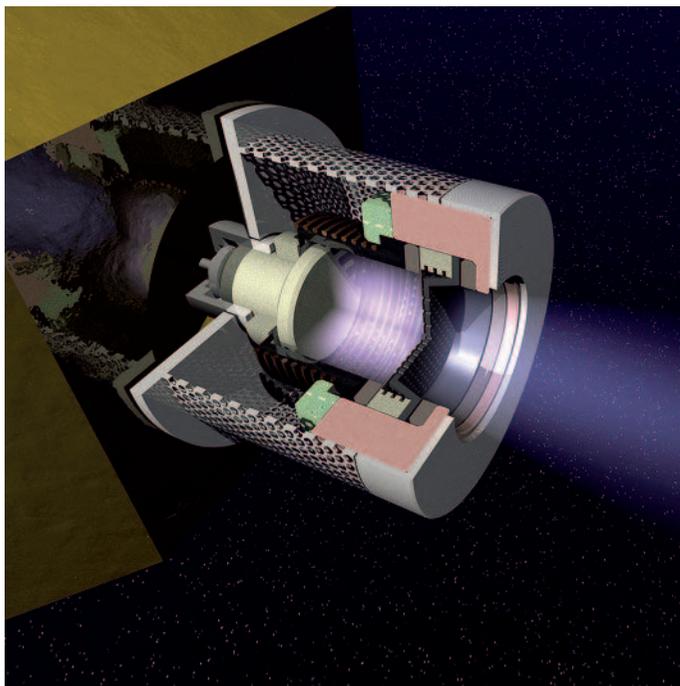


Abb. 2: Computergrafik des Gießener Ionentriebwerks „RIT-4“; man erkennt die Triebwerkshülle, das Entladungsgefäß mit Gaseinlass (links), die Induktionsspule sowie rechts die beiden Lochelektroden des Beschleunigungssystems. Bild: JLU

5. Die RIT-Familie

Die Entwicklung von Hochfrequenz-Ionentriebwerken des RIT-Typs begann 1960 am I. Physikalischen Institut der JLU mit der Konzeption, der Erstellung eines Labormodells und ersten Tests eines 10 cm durchmessenden Triebwerks „RIT-10“. Experimente zur Entladungs- und Strahldiagnostik schlossen sich an. Im Verlauf der sechziger Jahre wurde das Aggregat laufend verbessert und schließlich optimiert. 1970 konnte der Laborprototyp im Auftrag des BMFT an die Industrie zur Qualifikation übergeben werden. Das Ministerium finanzierte zudem den Bau der großen Gießener Testkammer „Jumbo“ (s. Abb. 1), die nach einigen Modifikationen und Modernisierungen bis heute in Betrieb ist. Das Ministerium entschied ferner, dass innerhalb der nationalen Aktivitäten dem Gießener Hf-Typ gegenüber den konkurrierenden Entwicklungen in Braunschweig und Stuttgart Priorität eingeräumt wurde. So testete die

DFVLR Stuttgart in Kooperation mit Gießen in der zweiten Hälfte der 70er Jahre vier „RIT-10“-Triebwerke mehr als 6000 Stunden lang. Ein zweiter erfolgreicher Lebensdauertest, nun über 20.000 Stunden, fand ab 2000 im ESA-Technologiezentrum „ESTEC“ in Noordwijk, Holland, statt.

Neben dem Standardgerät „RIT-10“, das mit einem Nominalschub von 15 bis 25 mN (Millinewton) zur Bahnkontrolle geostationärer Satelliten vorgesehen ist, wurden mit Hilfe so genannter Scaling Laws (Skalierungsgesetze) auch größere und kleinere Triebwerke konzipiert, gebaut, optimiert, diagnostiziert und getestet, und zwar mehrere Modelle des „RIT-4“, „RIT-15“ (s. Abb. 6, S. 44), „RIT-20“ und „RIT-35“. (Die Zahlen geben den Ionisatordurchmesser in cm wieder.) So entstand eine RIT-Familie (Abb. 3), von der das kleinste Triebwerk heute wieder sehr aktuell ist (s.u.) und das 35 cm-Modell mit seinem 250 mN Schub immer noch das größte Ionentriebwerk in Europa darstellt.

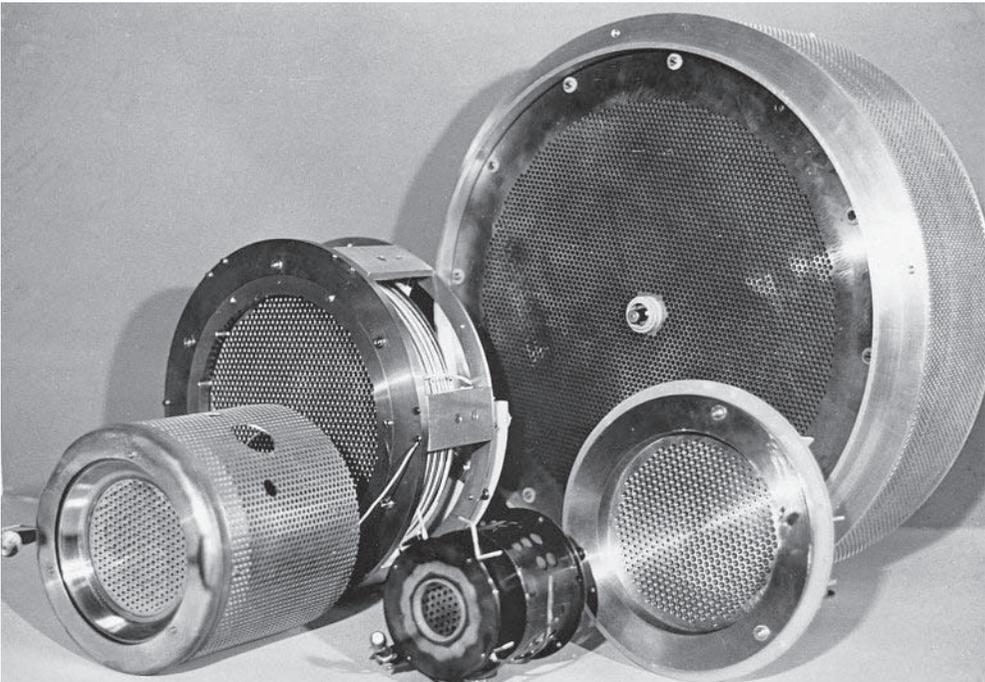


Abb. 3: RIT-Familie des I. Physikalischen Instituts der JLU aus der Mitte der 70er Jahre; die Labortriebwerke besaßen Ionisatordurchmesser von 4, 10, 15, 20 und 35 cm. Bild: JLU

Von 1991 bis 1998 wurde in Gießen auch ein 26 cm großes europäisches Gemeinschaftstriebwerk „ESA-XX“ getestet, das in seiner Konzeption auf dem RIT-Typ beruhte. Parallel zu den Hardware-Entwicklungen befasste sich in Gießen auch eine Arbeitsgruppe mit Missionsstudien, d. h. sie untersuchte die verschiedenen Einsatzmöglichkeiten der RIT-Aggregate. In Zusammenarbeit mit der Industrie wurden schließlich zwei Projekte, „SELAM“ und „AGORA“, dem BMFT bzw. der ESA vorgeschlagen, die allerdings mangels einer Weltraumqualifikation des Antriebs nicht zum Tragen kamen.

6. Raumflüge mit RIT-Triebwerken

Im Sommer 1991 fand der eigentlich schon überfällige erste Raumtest eines „RIT-10“-Triebwerks statt: Die mit Gießen kooperierende Firma Dasa (heute EADS Astrium) hatte eine Experimentierplattform mit Triebwerk, Treib-

stofftank und Elektronikboxen gebaut und für den Flug qualifiziert; die Plattform war – zusammen mit 15 anderen Experimenten – auf dem ESA-Satelliten „Eureca“ montiert worden. Ein US-Shuttle brachte dann den Flugkörper in eine 500 km hohe Kreisbahn und setzte ihn dort aus. Das Ionentriebwerk lief rund 240 Stunden. Nach einem halben Jahr im Raum brachte ein weiterer US-Shuttle den Satelliten wieder zurück zur Erde. Zehn Jahre später fand der erste Einsatz des Triebwerks statt. Er verlief allerdings ganz anders als ursprünglich geplant: Am 12. Juli 2001 hatte eine europäische Ariane 5-Trägerrakete abgehoben, um den rund 800 Millionen Euro teuren und rund 3,1 Tonnen schweren Laser-Nachrichtensatelliten „Artemis“ in die 36.000 km hohe geostationäre Bahn zu befördern. An Bord befanden sich je zwei deutsche „RIT-10“-Motoren und britische „UK-10“-Kaufman-Triebwerke, die zur Bahnkontrolle vorgesehen waren (Abb. 4). Durch einen Fehler in der Ariane 5-Oberstufe „strandete“ der Satellit jedoch in 31.000 km Höhe und schien verloren. Die ESA entschied daraufhin, die vier kleinen Ionentriebwerke zum Aufspiralen des Satelliten umzuprogrammieren. Während die beiden englischen Triebwerke schon nach 180 bzw. 520 Stunden durch Kurzschlüsse ausfielen und das Treibstoffventil einer der beiden „RIT-10“-Motoren sich nach 700 Stunden nicht mehr öffnen ließ, schob das zweite deutsche Aggregat 5900 Stunden lang den Satelliten bis in seine Sollbahn und überbrückte dabei die fehlenden 5000 Kilometer an Höhe.

Noch während dieser Rettungsaktion begann EADS Astrium mit dem Bau eines schubstärkeren Primärtriebwerks „RIT-22“. Das

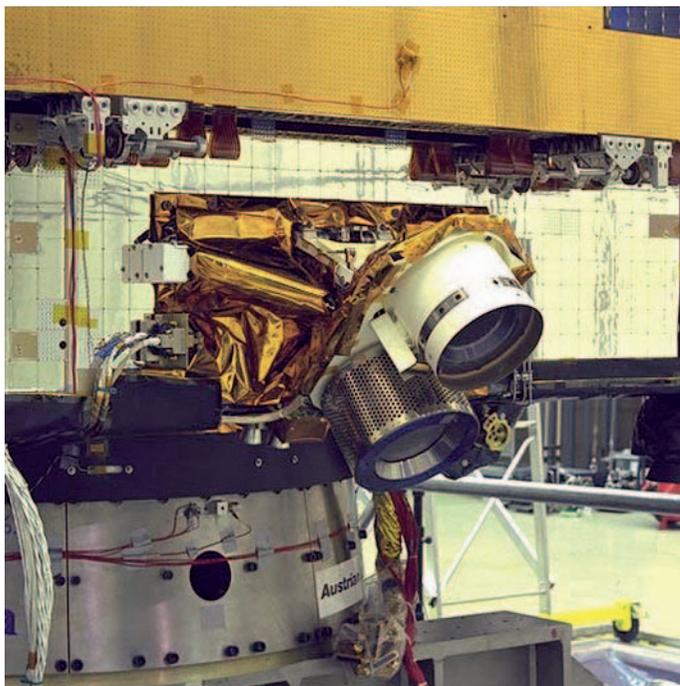


Abb. 4: Ionentriebwerk „RIT-10“ (mit weißer Hülle) neben einem britischen Kaufman-Triebwerk „UK-10“ auf der Hülle des ESA-Satelliten „Artemis“.

Bild: EADS Astrium

Gerät wurde in der Gießener Anlage „Jumbo“ (s. Abb. 1) funktionsgetestet und in Siena, Italien, 5000 Stunden im Dauerbetrieb erprobt. Es ist – neben einem englischen Konkurrenztriebwerk – ein Kandidat für die Merkursonde „BepiColombo“ der ESA (s.o.). Diese Mission geht letztlich auf einen deutsch-russischen Workshop 1991 in Rauschholzhausen zurück. Dort wurde eine 36-köpfige, paritätisch besetzte Arbeitsgruppe ins Leben gerufen, die 1995 einen Report vorlegte, in dem u. a. eine Landung auf dem Merkur vorgeschlagen wurde. Da aber als Energiequelle für die Ionentriebwerke ein russischer Kernreaktor „Topaz“ vorgesehen war, fand das Projekt im Westen wenig Gegenliebe. Daraufhin schlugen einige westliche Mitglieder der Studiengruppe vor, die Mission mit einer Solarzellen-Anlage durchzuführen. Der Verfasser dieses Beitrags trug das abgeänderte Projekt in Paris vor, und die ESA stimmte zu.

7. Spin-Offs der RIT-Triebwerke

Recht oft werden Entwicklungen für die Raumfahrt auch nutzbringend auf der Erde eingesetzt. So haben die Gießener Ionentriebwerke zwei terrestrische Anwendungsgebiete gefunden: In Fusionsanlagen zur Energiegewinnung muss das Arbeitsgas aus schweren Wasserstoffisotopen zunächst auf ca. 100 Millionen Grad erhitzt werden, damit es zu Helium verschmelzen kann. Zum „Zünden“ des Plasmas schießt man meist intensive, hochenergetische Teilchenstrahlen aus einer Injektorquelle in die Fusionskammer ein. So wurden von 1977 bis 1988 am I. Physikalischen Institut mit

Unterstützung der DFG fünf kleinere Radiofrequenz-Injektorgeräte „RIG“ entwickelt und getestet, bis dann das MPI für Plasmaphysik in Garching eine 50 cm große Quelle direkt in Auftrag gab. Heute heizen sechs dieser „RIGs“ die Garchinger Fusionsmaschine „Asdex Upgrade“; jeder Injektor liefert eine Strahlleistung von über 5000 kW. Eine Garchinger Weiterentwicklung dieser Hf-Injektoren wird im großen internationalen Fusionsreaktor „ITER“ in Grenoble zum Einsatz kommen.

Eine weitere Nutzenanwendung der Ionentriebwerke betrifft die industrielle Fertigung von Halbleiterbauelementen, die Herstellung dünner optischer, mechanischer oder elektrischer Schichten u. v. m. So wurden bzw. werden in Gießen zwischen 1978 und 1996 sowie auch heute wieder Hf-Ionenstrahlquellen zur Materialbearbeitung der „RIM“-Reihe mit Ionisator-



Abb. 5: Ionenquellen vom „RIM-Typ“ für Materialbearbeitung; die beiden kleineren Quellen mit 4 cm und 6 cm Ionisatordurchmesser wurden von der Firma Pfeiffer/Asslar, die beiden 10 cm und 20 cm großen Quellen in der Werkstatt des I. Physikalischen Instituts gefertigt. Bild: JLU

durchmessern von 4 cm bis 35 cm entwickelt, gebaut und getestet (Abb. 5). Zu den Industriepartnern zählten u. a. die Firmen Pfeiffer/Asstar, Hauzer/Venlo, Veeco/New York und Laser-Zentrum/Hannover.

8. Heutige Gießener Aktivitäten

Neben den wieder aufgenommenen RIM-Entwicklungen, die sich ja auch in die Arbeitsrichtung des I. Physikalischen Instituts einfügen, und der weiteren Zusammenarbeit mit dem Luft- und Raumfahrtkonzern EADS Astrium in Lampoldshausen und Friedrichshafen sowie neuerdings auch mit der Firma Thales in Ulm konzentrieren sich die heutigen Arbeiten in Gießen hauptsächlich auf die Entwicklung von Kleintriebwerken und auf Missionsanalysen. Seit einigen Jahren gibt es nämlich eine Reihe von ESA-Projekten, bei denen wissenschaftliche Satelliten und Raumsonden ihre Position, Lage und Ausrichtung extrem präzise einhalten müssen. Hierzu zählen zum Beispiel die Flug-

körperflotten des „Lisa“- oder „Darwin“-Programms, die Gravitationswellen nachweisen oder erdähnliche Planeten im Raum aufspüren sollen. Für diese Aufgaben eignen sich Kleintriebwerke wie das „ μ N-RIT-4“ oder das noch kleinere „ μ N-RIT-2“ aus Gießen besonders gut, da sie die geforderten Schublevel im Mikronewton-Bereich sehr genau, zuverlässig und reproduzierbar bereitstellen können.

Unter der Leitung von Dr. D. Feili befasst sich seit Anfang 2004 eine siebenköpfige Gruppe des I. Physikalischen Instituts in Kooperation mit der EADS Astrium mit diesem Projekt. Ein spezieller Hochvakuum-Teststand steht zur Verfügung. Ein weiterer ist im Aufbau. Die Arbeiten werden von der ESA und der DLR gefördert. Insgesamt beschäftigt sich das Team mit fünf verschiedenen Projekten, darunter auch mit Thermographie am Triebwerk und mit Störeinflüssen elektrischer Triebwerke auf Satelliten. Die ESA-Planung sieht vor, dass von fünf größeren Vorhaben auf dem Antriebssektor

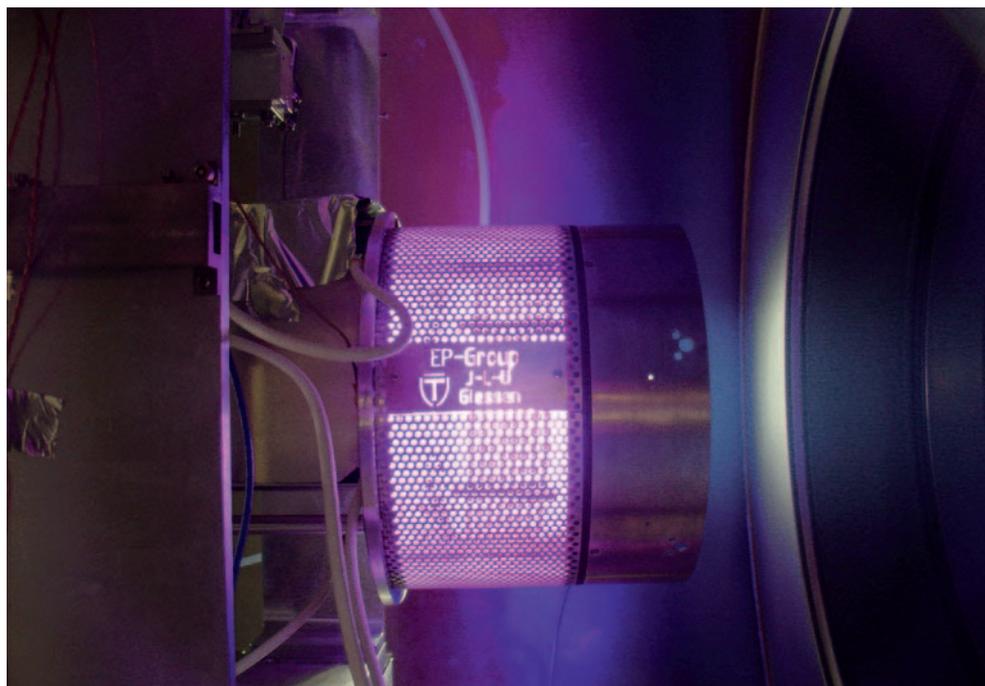


Abb. 6: Gießener Ionentriebwerk „RIT-15“ im Betrieb in der Vakuumkammer der ESA/ESTEC in Noordwijk. Bild: JLU

zwei an Gießen vergeben werden. Das zeigt, dass das Gießener Team eine hervorragende Position in Europa einnimmt. So finanziert sich die Gießener Arbeitsgruppe weiterhin ganz über Drittmittel.

Zwei entpflichtete Professoren des Instituts, Prof. Dr. K.-H. Schartner und der Verfasser, beraten die Gruppe. Daneben arbeiten sie zusammen mit den Bahnmechanikern der DLR an Missionsstudien mit solar-elektrischem Antrieb: Zehn Jahre nach der o. g. deutsch-russischen Einsatzstudie beauftragte die DLR das Gießener Team, neue Vorschläge auf der Basis aktueller

Entwicklungen auszuarbeiten. Im Rahmen des Projekts CONSEP wurde eine Rückführung von Bodenproben vom großen Asteroiden „Fortuna“ und eine Landung auf dem wissenschaftlich hochinteressanten Jupitermond „Europa“ untersucht. Zurzeit wird der Einsatz von RIT-Triebwerken für ein neues ESA-Programm „Cosmic Vision 2015–2025“ untersucht, wobei ein Flug zu den Saturnmonden „Titan und Enceladus“ sowie eine Mission an die Grenze des Sonnensystems und in den Interstellarraum hinein im Vordergrund der Gießener Studien stehen.