

Eine neue Ära für den Satellitenantrieb

Erfolgreiche ESA-Konstruktionsprüfung markiert wichtigen Meilenstein für die Entwicklung eines luftatmenden elektrischen Antriebs bei TransMIT IQM



Bildunterschrift: Project Cathodeless Electric Propulsion Thruster for Air-Breathing Electric Propulsion Systems

Gießen, 26. März 2026 – Der TransMIT-Projektbereich für Ionenquellen in der Materialbearbeitung (IQM) hat die Konstruktionsprüfung für den Triebwerkstyp mit der Europäischen Weltraumorganisation (ESA) für ihr Projekt „Kathodenloses elektrisches Triebwerk für luftatmende elektrische Antriebssysteme“ erfolgreich abgeschlossen.

Die Überprüfung bestätigt die technische Reife und Machbarkeit des Ansatzes zur Entwicklung eines neuartigen elektrischen Luftatmungsantriebssystems (ABEP), das für Satelliten konzipiert ist, die in einer sehr niedrigen Erdumlaufbahn (VLEO) operieren – näher an der Erde als je zuvor. Das Triebwerk integriert die vielversprechendsten Lösungen für dieses spezielle Ziel: einen traditionellen Hochfrequenz-Ionenantrieb mit einzigartigen kathodenlosen Funktionsmerkmalen, wodurch die Notwendigkeit einer Kathodenbaugruppe entfällt, die zwar eine kritische Komponente für den Betrieb von Ionentriebwerken darstellt, sich für das ABEP-Konzept jedoch als kaum realisierbar erwiesen hat.

Diese Errungenschaft stellt einen bedeutenden Meilenstein in den europäischen Bemühungen dar, Antriebssysteme der nächsten Generation zu entwickeln, die nachhaltige Satellitenkonstellationen in extrem niedrigen Umlaufbahnen ermöglichen, indem sie Partikel aus der Atmosphäre als Treibstoff für das Triebwerk nutzen, um den Luftwiderstand auszugleichen, den genau diese Partikel auf den Satelliten ausüben.

Eine neue Ära für den Satellitenantrieb

Die sehr niedrige Erdumlaufbahn – typischerweise definiert als Höhen unter 200–300 km – bietet überzeugende Vorteile für moderne Weltraumanwendungen. Satelliten, die in diesen Höhen fliegen, ermöglichen eine hochauflösendere Erdbeobachtung, geringere Kommunikationslatenzzeiten, einen reduzierten Energiebedarf beim Start und schnellere Wiederholungszeiten.

Allerdings stellt die VLEO auch eine grundlegende Herausforderung dar: Die verbleibende Atmosphäre übt einen kontinuierlichen Luftwiderstand aus, der die Satelliten allmählich verlangsamt. Traditionell kompensieren Raumfahrzeuge diesen Luftwiderstand (wenn auch in viel geringerem Maße, was den viel höheren Umlaufbahnen der Satelliten entspricht) mithilfe von Treibstoff an Bord – typischerweise Xenon in klassischen elektrischen Antriebssystemen.

Dieser Ansatz hat jedoch eine grundlegende Einschränkung: Satelliten geht irgendwann der Treibstoff aus, was in der VLEO besonders schnell geschehen würde. Der luftatmende

elektrische Antrieb bietet eine radikal andere Lösung. Anstatt Treibstofftanks mitzuführen, sammeln ABEP-Systeme die umgebenden Atmosphärenpartikel, ionisieren sie und beschleunigen sie, um Schub zu erzeugen. Die Atmosphäre selbst wird zur Treibstoffquelle.

Das Konzept ermöglicht es Satelliten, die die Umgebungsluft „atmen“, ihre Umlaufbahn aufrechtzuerhalten, wodurch die Betriebsdauer drastisch verlängert und die Notwendigkeit einer Treibstofflagerung an Bord beseitigt wird. Diese Technologie steht zudem im Einklang mit den übergeordneten strategischen Prioritäten Europas, indem sie die Abhängigkeit von knappen importierten Ressourcen verringert und die technologische Souveränität Europas im Weltraum stärkt.

Vom Konzept zum integrierten System

Obwohl die Idee des luftatmenden Antriebs bereits seit Jahrzehnten existiert, hat sich der Bau eines vollständig integrierten und einsatzfähigen Systems als äußerst schwierig erwiesen. TransMIT IQM gehörte weltweit zu den wenigen Akteuren und war in Europa der erste, der sich dieser Technologie annahm. Bereits 2011 nahm das Unternehmen an der allerersten europäischen Projektkampagne zur vorläufigen Charakterisierung von EP-Technologie mit nicht-konventionellen Treibstoffen teil, deren Ziel es war, die potenzielle Machbarkeit des ABEP-Konzepts zu bestätigen. TransMIT IQM war für die Prüfung des Hochfrequenztriebwerks gemäß den zuvor von der ESA im entsprechenden CDF festgelegten Anforderungen verantwortlich. Zu den wichtigsten Errungenschaften zählen der erste Nachweis eines stabilen Betriebs des RIT (Radiofrequency Ion Thruster) unter Verwendung von atmosphärischen Gasen als Treibstoffe sowie die vollständige Kompensation des prognostizierten Luftwiderstands innerhalb des vorgegebenen Leistungsbudgets für den erforderlichen Höhenbereich. Die Testreihe lieferte zudem wesentliche Lebensdauer- und Erosionsdaten, die für Missionen in sehr niedriger Erdumlaufbahn (VLEO) relevant sind.

Seit dieser ersten Aktivität hat TransMIT weiterhin daran gearbeitet, eine solide Grundlage für die physikalischen und technischen Aspekte des ABEP-Antriebs zu schaffen und dessen

Machbarkeit in allen verschiedenen Aspekten dieses sehr komplexen Themas sowohl auf System- als auch auf Subsystemebene zu untersuchen. Es wurden zahlreiche Studien zu Hochfrequenz-Ionenantrieben, Kathoden und Einlasskonstruktionen für verschiedene Größen und potenzielle Missionsszenarien durchgeführt. In den letzten 15 Jahren wurden zahlreiche Aspekte im Zusammenhang mit der komplexen Überprüfung des ABEP-Antriebs am Boden, der korrekten Bestimmung seiner Leistungsdaten sowie der Erzeugung eines repräsentativen Partikelstroms in der Vakuumkammer zur Versorgung des ABEP-Systems behandelt.

Das aktuelle Projekt zielt darauf ab, eine kathodenlose Version eines hochfrequenten, luftatmenden elektrischen Antriebstriebwerks zu demonstrieren, das die Plasmaerzeugung mit der Ionen- und Elektronenbeschleunigung in einer realistischen Konfiguration integriert, die für Kleinsatellitenplattformen geeignet ist, ohne die bereits nachgewiesene Fähigkeit zur Kompensation des Luftwiderstands zu beeinträchtigen.

Das Herzstück des Systems ist eine neuartige Hochfrequenz-Ionenquelle (RF), die von TransMIT entwickelt wurde.

Die HF-Entladung erfolgt ohne Elektroden im Inneren des Plasmas, was die Erosion verringert und längere Betriebslebensdauern ermöglicht – ein entscheidender Faktor für den kontinuierlichen Antrieb in VLEO. Das Gittersystem sorgt für eine ausreichende Beschleunigung der Teilchen, um die Mindestanforderungen an die Machbarkeit zu erfüllen und diese sogar zu übertreffen, wodurch ein hoher Wirkungsgrad und ein steuerbarer Schub gewährleistet werden.

Aufbauend auf umfangreichen früheren Entwicklungen und internen Studien hat TransMIT Konstruktionsansätze und Materialauswahlen identifiziert, die mit einem Langzeitbetrieb kompatibel sind. Frühere Systemiterationen haben gezeigt, dass Lebensdauern in der Größenordnung von 60.000 Stunden erreicht werden können. Das vorliegende Design nutzt diese validierten Lösungen und führt keine Elemente ein, von denen erwartet wird, dass sie die Leistung in der anspruchsvollen VLEO-Umgebung beeinträchtigen.

Europäische Expertise als Motor für Innovation

Das Projekt vereint komplementäre Kompetenzen aus Industrie und Wissenschaft durch die Zusammenarbeit zwischen der TransMIT GmbH und der Universität der Bundeswehr München.

TransMIT bringt umfangreiche Erfahrung in der Entwicklung von HF-Ionenantrieben und Plasmaquellen mit, unterstützt durch etablierte Vakuumtestkapazitäten. Der Lehrstuhl für Plasmatechnik und Grundlagen der Elektrotechnik an der Universität der Bundeswehr München stellt fortgeschrittenes Know-how in den Bereichen Plasmadiagnostik, Vakuumexperimente und Modellierung von Gas-Oberflächen-Wechselwirkungen im VLEO zur Verfügung – ein entscheidender Faktor für zuverlässige Leistungs- und Lebensdauerprognosen.

Die Aufgabenteilung spiegelt diese Synergie wider: TransMIT leitet die Triebwerksentwicklung und die experimentelle Validierung, während sich die Universität auf die Bahnanalyse und die Konstruktion des Luftenlasses konzentriert. Dieser integrierte Ansatz ermöglicht ein umfassendes Verständnis des atmosphärenatmenden Antriebs auf Systemebene.

Gemeinsam streben die Partner an, eines der weltweit wenigen experimentell validierten End-to-End-Luftatmungsantriebssysteme zu liefern. Die Arbeit ist von einem starken Forschungsfokus geprägt, zielt auf eine höhere Technologiereife ab und ebnet den Weg für die praktische Umsetzung.

Die nächste Generation von VLEO-Missionen ermöglichen

Nach der erfolgreichen ESA-Designprüfung schreitet das Projekt nun zur Hardware-Entwicklung, Integration und experimentellen Erprobung des verkleinerten Prototyps voran.

Die Ergebnisse werden wertvolle experimentelle Daten für zukünftige Entwicklungsschritte liefern und zur Erstellung einer Technologie-Roadmap für den Einsatz luftatmender Antriebssysteme in Satellitenkonstellationen beitragen.

Durch die Ermöglichung von Satelliten, die die umgebende Atmosphäre effektiv „atmen“, könnte die Technologie den Weg für eine neue Klasse von leistungsstarken, nachhaltigen und kosteneffizienten Weltraummissionen in der sehr niedrigen Erdumlaufbahn ebnen.

Über das Projekt

Das Projekt „Cathodeless Electric Propulsion Thruster for Air-Breathing Electric Propulsion Systems“ wird von der TransMIT GmbH durchgeführt, von der Universität der Bundeswehr München unterstützt und von der Europäischen Weltraumorganisation (ESA) im Rahmen des ARTES Advanced Technology (AT)-Programms [Contract No. 400014759125UKAL] Cathodeless Electric Propulsion Thruster finanziert.

Das Projekt konzentriert sich auf die experimentelle Charakterisierung eines kathodenlosen elektrischen Antriebs für ABEP und ebnet den Weg für zukünftige kommerzielle VLEO-Satellitenkonstellationen.

Weitere Informationen:

<https://iqm.transmit.de/en/research-and-development/ongoing-projects/cathodeless-electric-propulsion-thruster>

Notiz für die Redaktion

Die TransMIT GmbH erschließt und vermarktet im Schnittfeld von Wissenschaft und Wirtschaft seit 1996 mit rund 150 Angestellten das Innovations-Potenzial zahlreicher Wissenschaftler aus mehreren Forschungseinrichtungen in und außerhalb Hessens. Direkt aus den drei Gesellschafterhochschulen der TransMIT GmbH (Justus-Liebig-Universität Gießen, Technische Hochschule Mittelhessen und Philipps-Universität Marburg) bieten mehr als 170 TransMIT-Zentren unter professioneller wissenschaftlicher Leitung innovative Produkte, Technologien, Dienstleistungen sowie Weiterbildungsveranstaltungen aus nahezu allen Fachrichtungen an. Der Geschäftsbereich Patentverwertung identifiziert und bewertet im Kundenauftrag Produktideen und Forschungsergebnisse und bietet diese international für Lizenzierung oder Kauf an. Das betreute Portfolio umfasst dabei alle Technologiefelder deutscher Hochschulen. Ergänzt wird dieses Angebot durch Leistungen für das komplette Innovationsmanagement von der Idee bis zum marktreifen Produkt im Geschäftsbereich Managed Innovation Services (MIS), insbesondere Fördermittelberatung und Projektmanagement für kleine und mittelständische Unternehmen. Darüber hinaus initiiert und betreut das Geschäftssegment Kooperationsnetzwerke & Neue Märkte Netzwerke zwischen KMU, die sich proaktiv weiterentwickeln wollen. Die TransMIT GmbH hat bei mehreren Rankings im Auftrag verschiedener Bundesministerien jeweils den 1. Platz unter den 21 größeren Technologietransfer-Unternehmen in Deutschland erreicht und ist autorisierter Partner des BMWi-Programms „go-Inno“ sowie der Innovationsberatung des BAFA. Referenzprojekte sind u. a. das Museum „mathematikum“, das Clustermanagement für die Medizinwirtschaft „timm“ und die BMWi-Projekte „SIGNO KMU-Patentaktion“ und „Erfinderfachauskunft“ sowie „WIPANO Unternehmen“. Die TransMIT GmbH war federführender Partner der Horizont2020-EU-Initiative KETBIO (Key Enabling Technologies in Biotechnology), baut aktuell über das Projekt GO-Bio initial den Transfererfolg in den Lebenswissenschaften aus und unterstützt GründerInnen im Rahmen der Förderinitiative EXIST. Gemeinsam mit StudiumPlus, Philipps-Universität Marburg und Regionalmanagement Mittelhessen betreibt die TransMIT derzeit mit TeamMit das Transformationsnetzwerk der Automobilindustrie in Mittelhessen.

Ansprechpartner bei Rückfragen:

Holger Mauelshagen
Pressesprecher
TransMIT
Gesellschaft für Technologietransfer mbH
Kerkrader Straße 3
35394 Gießen
Telefon: +49 (641) 94364-17
Telefax: +49 (641) 94364-99
E-Mail: holger.mauelshagen@transmit.de
Internet: <https://www.transmit.de>

Dipl.-Ing. Maria Smirnova
TransMIT Project Division for Ion Sources
for Material Processing (IQM)
Kerkrader Str. 3
35394 Gießen
Telefon: +49 (6 41) 943 64 0
E-Mail: maria.smirnova@transmit.de
Internet: <https://iqm.transmit.de/>