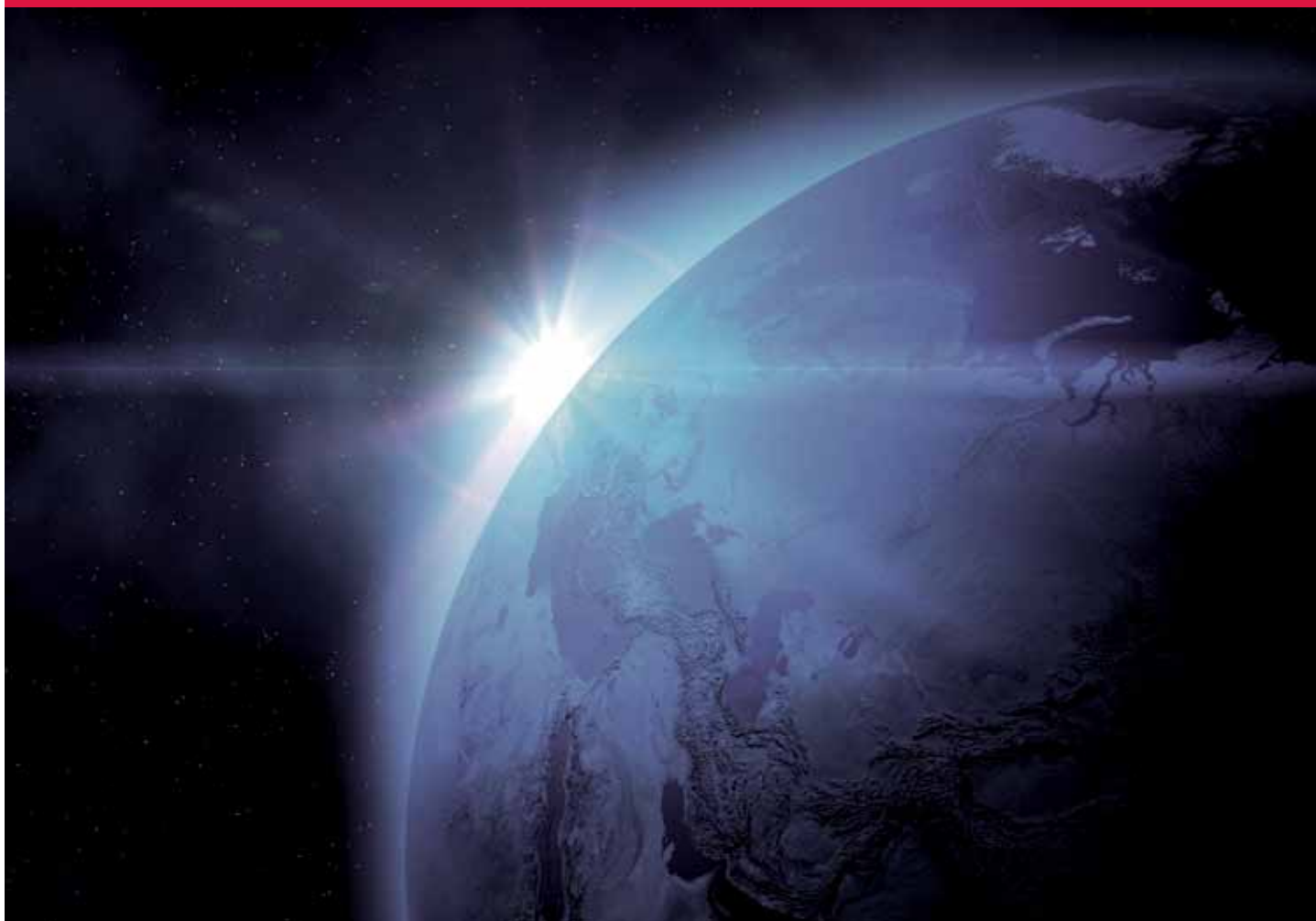




# Weltraum-Simulationskammer

Untersuchung elektrischer Raumfahrtantriebe



Das Institute of Plasma Physics and Laser Microfusion (IFPiLM) in Warschau beschäftigt sich mit Grundlagenforschung in der Plasmaphysik. Im Zuge des 7. Forschungsrahmenprogramms der Europäischen Union werden am Institut elektrische Raumfahrtantriebe entwickelt und getestet.

Diese elektrischen Raumfahrtantriebe, aufgrund ihres Wirkprinzips auch Ionen – oder Plasmaantriebe genannt, arbeiten ähnlich wie konventionelle Raketentriebwerke nach dem Rückstoßprinzip.

Während konventionelle Raketentriebwerke jedoch große Mengen an Treibstoff mit sich führen müssen, um genügend Rückstoß erzeugen zu können, werden bei den elektrischen Antriebssystemen kleine Masseteilchen mit Hilfe eines elektrischen Feldes auf große Geschwindigkeiten beschleunigt und

sehr schnell aus dem Antrieb ausgestoßen. Durch die große Ausstoßgeschwindigkeit reduziert sich die Menge an benötigtem Treibstoff drastisch. Diese Eigenschaft führt dazu, dass Ionenantriebe ideal zur Positionskorrektur von Satelliten eingesetzt werden können.

Zwar wird durch Ionenstrahltriebwerke im Vergleich zu konventionellen Triebwerken nur ein relativ kleiner Schub erzeugt, dafür arbeiten die Antriebe aber über Monate hinweg ununterbrochen. So kann das anzutreibende Raumfahrzeug permanent beschleunigt werden.

Eine weitere Besonderheit gegenüber einem konventionellen Raketentriebwerk besteht darin, dass Ionentriebwerke nur im Weltraum beziehungsweise nur im Vakuum funktionieren. Aus diesem Grund müssen für Funktionstests während des



Abbildung 1: Vakuumkammer

Entwicklungsprozesses weltraumähnliche Bedingungen geschaffen werden. Dazu ist ein Testsystem nötig, das Druckbedingungen erzeugt, die denen im Weltraum gleichen. Zudem muss es in der Lage sein, die durch das laufende Triebwerk ausgestoßenen Masseteilchen möglichst schnell aus der Kammer zu pumpen, damit die Weltraum-Druckbedingungen aufrecht erhalten werden können.

Dies stellt hohe Anforderungen an die Vakuumtechnik:

1. Die Testkammer muss groß genug sein, um die Antriebe aufnehmen zu können
2. Ein trockenes Vorvakuumpumpensystem muss ein Saugvermögen  $> 450 \text{ m}^3/\text{h}$  aufweisen, damit sich ein Vorvakuumdruck von  $1 \cdot 10^{-2} \text{ hPa}$  in zehn Minuten einstellt
3. Als Hochvakuumpumpensystem ist eine Turbopumpe mit einem Saugvermögen von  $\sim 2900 \text{ l/s}$  (für  $\text{N}_2$ ) und hoher Kompression gefordert. Mit dieser muss ein Enddruck  $\leq 1 \cdot 10^{-6} \text{ hPa}$  in weniger als drei Stunden erreicht werden
4. Eine SPS-basierte Steuerung soll sowohl den manuellen als auch den automatischen Testbetrieb der Anlage steuern

### Die Vakuumlösung

Die von Pfeiffer Vacuum entwickelte Vakuumlösung ist exakt auf die spezifischen Anforderungen der Anwendung und die Vorgaben des IFPiLM zugeschnitten:

Eine horizontal angeordnete, zylindrische Vakuumkammer mit einem Volumen von  $2 \text{ m}^3$  wurde speziell für diese Anwendung entworfen. Die Kammer hat einen glasperlgestrahlten Innenraum, der die Ausgasraten der Oberflächen reduziert und dadurch schnelle Ausspumpzeiten ermöglicht. Durch eine Edelstahltür mit schnellem Öffnungs-/Schließmechanismus ist das Innere der Kammer für den Kunden leicht zugänglich. Die Kammer wurde mit verschiedenen Flanschen ausgestattet, um dem Kunden eine Vielzahl an Möglichkeiten zu bieten, weitere Komponenten an die Kammer anzubauen. Auf Kundenwunsch wurde die gesamte Kammer um  $\pm 25 \text{ mm}$  höhenverstellbar ausgeführt.

Um das erforderliche Vakuum, das Saugvermögen sowie die geforderte Sauberkeit zu gewährleisten, wurde als Hochvakuumpumpe eine magnetgelagerte Turbopumpe HiPace 3400 MC eingesetzt. Als Vorpumpe wurde aufgrund seiner hohen Zuverlässigkeit ein trockener Wälzkolbenpumpstand ACG600 verwendet.

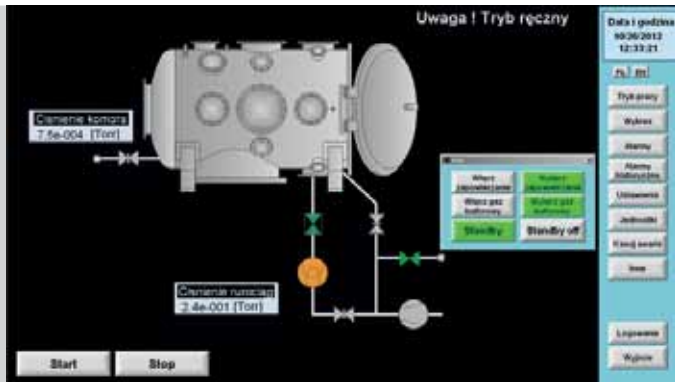


Abbildung 2: Bedienfeld

Zur Bedienung der kompletten Anlage ist eine SPS-basierte Steuerung implementiert worden. Diese erlaubt mittels Visualisierung die komplette Überwachung der Testprozeduren und ist in der Lage, alle während der Tests gesammelten Daten zu speichern.



Abbildung 3: Am IFPILM getestetes Hall-Triebwerk

**Vorteile für den Kunden:**

- Maßgeschneiderte, kundenspezifische Vakuumlösung
- Verschiedenste Simulationsmodi dank intelligenter Steuerung
- Trockenes Pumpsystem zur Sicherstellung höchster Sauberkeit
- Großes Saugvermögen zur Erzielung minimalster Drücke in kürzester Zeit
- Niedrige Betriebskosten durch energieeffiziente Pumpen
- Professionelle Inbetriebnahme des kompletten Systems durch Pfeiffer Vacuum Techniker vor Ort



Abbildung 4: Vorvakuum-Pumpstation



Abbildung 5: HiPace MC Turbopumpe

**Vakuumlösungen  
aus einer Hand**

Pfeiffer Vacuum steht weltweit für innovative und individuelle Vakuumlösungen, 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  
Vakuumlösung?  
Sprechen Sie uns an:**

**Pfeiffer Vacuum GmbH**  
Headquarters · Germany  
T +49 6441 802-0  
info@pfeiffer-vacuum.de