

Vakuumlösungen

Forschung & Entwicklung



Vakuumtechnik von Pfeiffer Vacuum an Bord der internationalen Raumstation ISS

Tiegelloses Schmelzen im Weltall

Mitte des Jahres 2011 lieferte Pfeiffer Vacuum Turbopumpen und Messröhren an EADS Astrium Space Transportation, für ein Experiment an Bord der internationalen Raumstation ISS¹⁾. Die Turbopumpe basiert auf dem Modell der HiPace 80 und wurde, ebenso wie die Messröhren, in ko-kreativer Zusammenarbeit mit dem Kunden an die besonderen Anwendungsbedingungen im Weltall angepasst. Ihren Einsatz werden sie im europäischen Forschungslabor Columbus im Modul MSL-EML (Materials Science Laboratory – Electromagnetic Levitator) finden. Dort wird das geplante Grundlagenexperiment zum tiegellosen Schmelzen von Materialproben in der Schwerelosigkeit stattfinden. Das Hauptziel der Forschungsarbeit ist die effiziente Herstellung von Werkstoffen mit verbesserten Eigenschaften.

Mit Start dieses Projekts befindet sich dann bereits die zweite Turbopumpe von Pfeiffer Vacuum auf der Raumstation ISS im Einsatz. Im Jahr 2001 wurde eine Sonderanfertigung der Compact Turbo für Experimente an Plasmakristallen im Columbus-Modul in Betrieb genommen.

Das Experiment in der Schwerelosigkeit

Beim herkömmlichen Einschmelzen von Materialien werden diese in einem Tiegel erhitzt. Durch die große Hitzeentwicklung, die bei diesem Prozess entsteht, gelangen Fremdmaterialien von den Tiegelwänden in die Schmelze. Dadurch ist der Reinheitsgrad dieser Proben stark eingeschränkt.

Mit dem vom Raumfahrtunternehmen Astrium konzipierten Versuchsaufbau hingegen gelingt die Erzeugung besonders reiner Materialien, da auf einen Tiegel verzichtet werden kann. Aber wie schmilzt man Materialien, ohne dass sich diese in einem Behältnis befinden?

In der Schwerelosigkeit des Weltalls wird die Probe in einer speziellen Kammer unter Hochvakuum durch das Anlegen eines elektromagnetischen Feldes fixiert. Voraussetzung für das Experiment ist, dass das zu untersuchende Material elektrisch leitend ist. Die für die Probenreinheit störenden Substanzen aus den Wänden kommen auf diese Weise nicht in Kontakt mit anderen Materialien und schweben berührungsfrei in der Probenkammer.

¹⁾ Das Vorhaben findet im Auftrag der DLR mit Mitteln des BMWi unter dem Kennzeichen 50WP0808 statt.

Nach dem Fixieren der Probe wird diese mit Hilfe eines Hochfrequenzfeldes – ähnlich wie in einer Mikrowelle – innerhalb einer Minute auf bis zu 2.100 °C erhitzt, bis sie geschmolzen ist. Aufgrund der Oberflächenspannung nimmt die entstandene Flüssigkeit in der Schwerelosigkeit die Form einer perfekten Kugel an.

In der Probenkammer können bis zu 18 austauschbare Proben mit einem Durchmesser von 5 bis 8 mm platziert werden. Die Kammer ist mit der modifizierten HiPace 80 und mit einer ebenfalls von Pfeiffer Vacuum stammenden speziellen Druckmessröhre ausgestattet.

Der Schmelz- und Erstarrungsvorgang wird während des Experiments mit zwei Hochgeschwindigkeitskameras aufgenommen, sodass das Verfahren an sich untersucht, verändert und optimiert werden kann.

Besonderheiten im All

Die für das Experiment eingesetzten Turbopumpen sind anhand besonderer Anforderungen in der bemannten Raumfahrt gefertigt worden. Bevor die Pumpen auf der Raumstation ISS in Betrieb genommen werden dürfen, müssen aus Sicherheitsgründen an den Gehäuseteilen umfangreiche und dokumentierte Tests durchgeführt werden, die weit über den Standard hinausgehen.

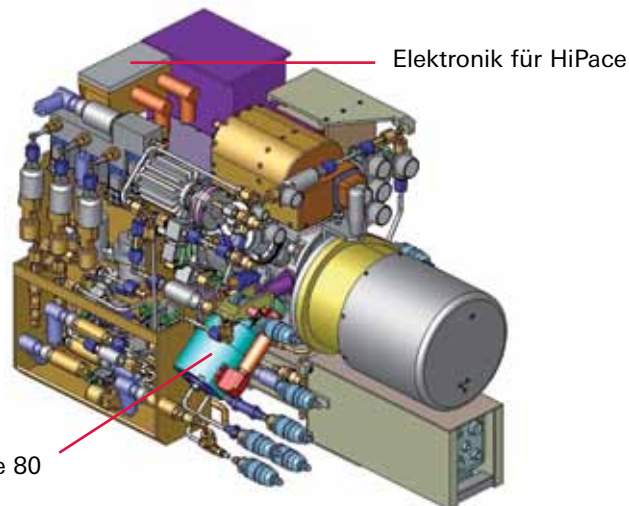
So wurden zum Beispiel die äußeren Schrauben und Gehäuseteile mittels zerstörungsfreier Werkstoffprüfung auf kleinste Risse überprüft, um vorzeitige Materialermüdung auszuschließen. Das Gehäuse wurde elektropoliert, um eine Anlagerung von Fremdstoffen zu minimieren, beschichtet und mit einem Flansch für doppelte Dichtungen ausgestattet. Diese doppelte Ausstattung muss aufgrund von Sicherheitsvorschriften immer gegeben sein. Des Weiteren werden die elektrischen Platinen speziell behandelt und überstehende Bauteile fixiert, damit diese durch Vibrationen, beispielsweise während des Raketenstarts, nicht beschädigt werden. Es dürfen nur goldbeschichtete Stecker verwendet werden, die in der Anzahl der Steckzyklen limitiert sind. Damit lassen sich Korrosion sowie eine Beschädigung der Goldbeschichtung vermeiden.

Für das Experiment an Bord der ISS reicht das im Weltall herrschende Vakuum nicht aus, um damit die Vakuumkammer für das Experiment ausreichend zu evakuieren. Es sind immer noch zu viele Moleküle in der Umgebung enthalten, die während des Experiments in die Schmelze gelangen können. Das Vakuum im Weltraum wird daher als natürliche Vorpumpe für die Turbopumpe verwendet. Mit Hilfe der HiPace wird die Vakuumkammer auf einen Druck von $1 \cdot 10^{-9}$ mbar evakuiert, bis zu zwei Zehnerpotenzen niedriger als der Druck in der Umgebung der Raumstation.

Ausblick

In der bemannten Raumfahrt hat es in den letzten Jahren gravierende Änderungen gegeben, so wurde zum Beispiel im letzten Jahr der Betrieb der wiederverwendbaren NASA Spaceshuttles eingestellt. Daher wurde die HiPace mit einer konventionellen Trägerrakete in 2014 zur ISS gebracht.

Das Grundlagenexperiment für die Materialforschung auf der Raumstation ISS bietet den Forschern die Möglichkeit, mehr über die komplexen thermophysikalischen Eigenschaften und die Phasenbildung von hochreinen Materialien zu erfahren. Nur unter den Bedingungen der Schwerelosigkeit und im Ultrahochvakuum können diese einzigartigen Ergebnisse erzielt werden.



Ofen zum tiegellosen Schmelzen im Weltraum



Modifizierte HiPace 80 Turbopumpe mit externer Atriebselektronik

**Sie suchen eine perfekte
Vakuumlösung?
Sprechen Sie uns an:**

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