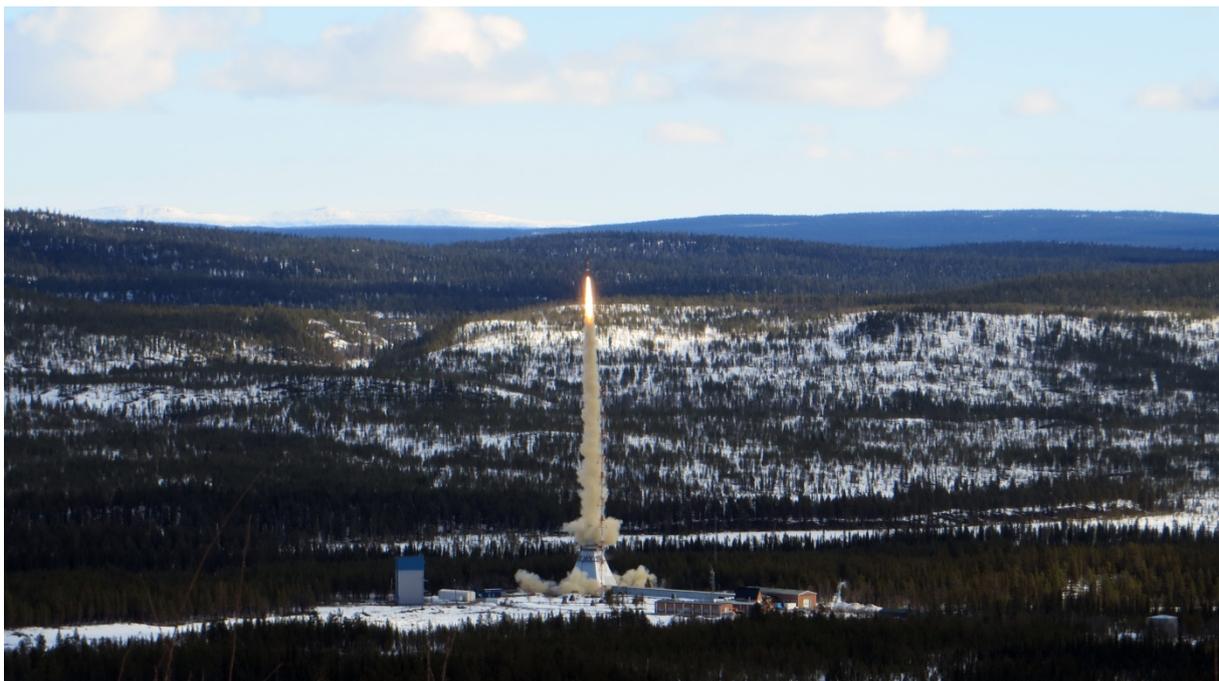


27. April 2015

## Unbemannter Raketenflug von TEXUS 51 – Fraunhofer IISB züchtet Siliziumkristall im Weltall

Am 23. April 2015 um 9:35 Uhr Mitteleuropäischer Zeit startete vom Raumfahrtzentrum Esrange bei Kiruna in Nordschweden die unbemannte Forschungsrakete TEXUS 51 in den Weltraum. Der zwanzigminütige Flug der 12,5 Meter hohen und 2,6 Tonnen schweren Rakete des Deutschen Zentrums für Luft- und Raumfahrt (DLR) ging auf eine Höhe von 259 Kilometern. Während des Fluges herrschte sechs Minuten lang Schwerelosigkeit. Forscher des Fraunhofer IISB und der Universität Freiburg nutzten diese Zeit, um auf der Rakete einen Siliziumkristall ohne Einfluss von Gravitation zu züchten. Das Experiment mit der Kurzbezeichnung ParSiWal („Bestimmung der kritischen Einfanggeschwindigkeit von Partikeln bei der gerichteten Erstarrung von Solarsilizium im Weltall“) hilft dabei, die Herstellung von Siliziumkristallen für die Photovoltaik auf der Erde besser zu verstehen. Nach dem Flug von TEXUS 51 brachte ein Fallschirm die Nutzlasten wieder wohlbehalten zurück zum Boden.



*Start von TEXUS 51 am 23. April 2015 um 9.35 Uhr MEZ vom Raumfahrtzentrum Esrange bei Kiruna in Nordschweden. Die Forschungsrakete des Deutschen Zentrums für Luft- und Raumfahrt (DLR) trug u.a. ein Kristallzüchtungsexperiment des Fraunhofer IISB (Erlangen) in den Weltraum. Nach der erfolgreichen Mission brachte ein Fallschirm die Nutzlasten wieder zurück zum Boden.*

*Bild: Deutsches Zentrum für Luft- und Raumfahrt (DLR)*

Bei der Produktion von Siliziumkristallen für die Photovoltaik spielen in den Kristall eingelagerte Partikel aus Siliziumkarbid (SiC) eine große Rolle. Die SiC-Partikel sind problematisch für die mechanische Bearbeitung der Kristalle und können den Wirkungsgrad von Solarzellen verschlechtern. Der Einbau der SiC-Partikel in den Siliziumkristall muss deshalb vermieden werden. Die SiC-Partikel entstehen während der Kristallisation beim Überschreiten der Löslichkeitsgrenze in einer mit Kohlenstoff verunreinigten Siliziumschmelze. Die Partikel bewe-

gen sich dann in der Siliziumschmelze mit der Strömung durch das Schmelzvolumen und können schließlich in den erstarrten Kristall eingebaut werden.

Für den Einbau der Partikel wird angenommen, dass die Wachstumsgeschwindigkeit bei der Kristallisation eine wichtige Rolle spielt. So definieren verschiedene theoretische Modelle eine kritische Wachstumsgeschwindigkeit, ab der die Partikel vom wachsenden Festkörper – dem Kristall – eingefangen werden. Dr. Christian Reimann, Gruppenleiter in der Abteilung Materialien am Fraunhofer IISB in Erlangen und verantwortlich für ParSiWal, erläutert: „Die theoretischen Modelle können bislang nicht den experimentell beobachteten Einbau von SiC-Partikeln bei der Siliziumerstarung erklären. Hier kommt nun die Schwerelosigkeit ins Spiel. Die Schwerkraft beeinflusst maßgeblich die Strömung in der Schmelze, die ihrerseits wiederum die Verteilung der Partikel im Schmelzvolumen bestimmt. Die Schwerkraft lässt außerdem die SiC-Partikel absinken, da Siliziumkarbid eine höhere Dichte besitzt als Silizium. Im Weltall werden hingegen die schwerkraftgetriebenen Effekte ausgeschaltet. Das verringert die Komplexität der Vorgänge erheblich und erleichtert damit auch deren physikalische Beschreibung. Somit kann unter Schwerelosigkeit geprüft werden, ob die existierenden Theorien für den Partikeleinfang auch bei Silizium gültig sind oder ob sie um bislang noch nicht berücksichtigte physikalische Effekte erweitert werden müssen.“

ParSiWal steht für „Bestimmung der kritischen Einfanggeschwindigkeit von Partikeln bei der gerichteten Erstarrung von Solarsilizium im Weltall“. Für das ParSiWal-Experiment konnte die bereits im Weltraum erprobte Spiegelofenanlage ELLI des DLR genutzt werden. Vor der Mission wurde ein 8 mm dünner Siliziumstab in die Ofenanlage eingesetzt, der ein Depot an SiC-Partikeln enthielt. Innerhalb der ersten 60 Sekunden nach Erreichen der Schwerelosigkeit wurde in dem Stab in der Umgebung des Partikel-Depots eine flüssige Schmelzzone erzeugt und von der Erde aus deren Länge eingestellt. Nachdem die Partikel in der Schmelzzone innerhalb der zweiten 60 Sekunden durch Magnetfeldrühren verteilt wurden, wurde der Siliziumstab in der Ofenanlage verfahren. Dadurch bewegte sich die Schmelzzone durch den Stab und somit auch die sich ausbildenden Fest-Flüssig-Phasengrenzen. Während der verbleibenden Flugzeit wurde die Verfahrensgeschwindigkeit noch zweimal geändert, um auf diese Weise die kritische Einfanggeschwindigkeit für die SiC-Partikel bestimmen zu können. Vor dem Ende der Flugphase wurde dann die Ofenheizung ausgeschaltet, so dass die Schmelzzone komplett erstarren konnte, bevor die Nutzlast wieder am Fallschirm auf der Erde gelandet ist. Die Auswertung des Experimentes erfolgt nach der Rückkehr der Probe zum Fraunhofer IISB in den nächsten Monaten. Im Labor lässt sich zum Beispiel die Partikelverteilung im Siliziumstab bestimmen und die existierenden Theorien können auf ihre Gültigkeit überprüft werden.

ParSiWal setzt die lange Tradition der Erlanger Weltraumexperimente auf dem Gebiet der Kristallzüchtung fort. So züchteten Erlanger Forscher bereits auf früheren Raketenflügen (1984, 1988, 1989, 1992) und sogar auf dem Space Shuttle (1983, 1985, 1993) technische Kristalle. Zudem hat die am Fraunhofer IISB entwickelte Software CrysMAS<sup>®</sup> vor etwa 10 Jahren ein aufwendiges Qualifizierungsverfahren bei der Europäischen Raumfahrtagentur ESA bestanden. Seitdem wird das Programm CrysMAS<sup>®</sup>, das Temperaturverteilungen in Ofenanlagen berechnet, von Experimentatoren aus ganz Europa eingesetzt, um erfolgreich materialwissenschaftliche Experimente auf der Internationalen Raumstation ISS zu unterstützen.

Das Projekt ParSiWal wurde vom DLR-Raumfahrtmanagement mit Mitteln des Bundesministeriums für Wirtschaft und Technologie (BMWi) gefördert.



*Terrestrische Vergleichsprobe des ParSiWal-Experimentes: Siliziumstab mit Partikeldepot, der in einer Quarzglasampulle gehalten ist. Die Ampulle wird in die Spiegelofenanlage ELLI eingebaut.  
Bild: Albert-Ludwigs-Universität Freiburg*

### **Ansprechpartner**

Dr. Jochen Friedrich  
Fraunhofer IISB  
Schottkystraße 10, 91058 Erlangen, Germany

Tel. +49-9131-761-270  
Fax +49-9131-761-280  
info@iisb.fraunhofer.de

Das Bildmaterial zur redaktionellen Verwendung finden Sie unter [www.iisb.fraunhofer.de](http://www.iisb.fraunhofer.de).

### **Fraunhofer IISB**

Das 1985 gegründete Fraunhofer-Institut für Integrierte Systeme und Bauelementetechnologie IISB betreibt angewandte Forschung und Entwicklung auf den Gebieten der Mikro- und Nanoelektronik, Leistungselektronik und Mechatronik. Mit Technologie-, Geräte- und Materialentwicklungen für die Nanoelektronik sowie seinen Arbeiten zu leistungselektronischen Systemen für Energieeffizienz, Hybrid- und Elektroautomobile genießt das Institut internationale Aufmerksamkeit und Anerkennung. Rund 230 Mitarbeiterinnen und Mitarbeiter arbeiten in der Vertragsforschung für die Industrie und öffentliche Einrichtungen. Neben seinem Hauptsitz in Erlangen hat das IISB zwei weitere Standorte in Nürnberg und Freiberg. Das IISB kooperiert eng mit dem Lehrstuhl für Elektronische Bauelemente der Friedrich-Alexander-Universität Erlangen-Nürnberg.