

## MAPHEUS-8 Nutzlasten

### DLR-Institut für Materialphysik im Weltraum

#### ARTEC - Erstarrung von metallischen Legierungen

##### Team

Michael Balter, DLR MP-EXP  
Dr. Dirk Bräuer, DLR MP-EXP  
Prof. Florian Kargl, DLR MP-EXP  
Dr. Sonja Steinbach, DLR MP-EXP

Schmelzen und Erstarren von metallischen Legierungen stehen am Beginn wichtiger Fertigungsverfahren z.B. im Maschinenbau, Bauwesen, Elektrotechnik, Elektronik. Der Prozess der Erstarrung liefert die Ausgangsposition für die Bildung des inneren Werkstoffaufbaus (Gefüge). Dieser legt die Werkstoffeigenschaften fest. Das DLR hat die Ofenanlage ARTEC (AeRogelTECHnologie) entwickelt, mit der verschiedene, mehrkomponentige Aluminium-Legierungen auf MAPHEUS 8 gerichtet erstarrt wurden, um u.a. die komplexen Vorgänge der Gefügeeinstellung bei der Wiederaufbereitung von Aluminiumschrotten besser verstehen zu können. Unter Schwerelosigkeit werden Strömungen in der Schmelze ausgeschaltet und es entstehen Gefüge, die sich mit modellhaften Beschreibungen eindeutiger vergleichen lassen. Damit existiert eine Basis für die Beschreibung der Zusammenhänge zwischen Prozessgrößen und Gefüegegrößen auch für irdische Gußprozesse, die immer von Strömungen beeinflusst werden. Diese Forschungsarbeiten werden in Zusammenarbeit mit Unternehmen der europäischen Gießerei-Industrie und Universitäts-Instituten durchgeführt.



Abbildung 1: ARTEC – Experimentmodul

## RAMSES - Dynamik von Mikroschwimmer-Suspensionen

### Team

Prof. Dr. Thomas Voigtmann, DLR MP-EXP  
Prof. Dr. Clemens Bechinger, Uni Konstanz  
Dr. Celia Lozano, Uni Konstanz  
Dr. Philip Born, DLR MP-EXP  
Dr. David Heuskin, DLR MP-EXP  
Dr. Dirk Bräuer, DLR MP-EXP  
Raphael Keßler, DLR MP-EXP  
Christoph Dreißigacker, DLR MP-EXP

Im Experiment RAMSES wird die Dynamik von Modellsystemen für die kollektive Bewegung von Bakterien und ähnlichen Mikroschwimmern untersucht. Hierzu werden etwa Mikrometer große halbseitig beschichtete Teilchen in einem Lösungsmittel suspendiert und durch eine starke Lichtquelle angetrieben; die Beschichtung dieser "Janus-Teilchen" wandelt die Lichtenergie in eine gerichtete Schwimmbewegung um. Mikroskopie-Aufnahmen dieser Bewegung erlauben es, in diesem System grundlegende Mechanismen der Phasenseparation und Clusterbildung fern vom thermischen Gleichgewicht zu erkunden. In Schwerelosigkeit ist es möglich, die Dynamik in drei Raumdimensionen ohne den störenden Einfluss von Sedimentation zu untersuchen. Technische Herausforderungen des Experiments sind die Erzeugung einer homogenen Suspension nach den starken Beschleunigungen in der Startphase der Rakete, sowie die extreme Miniaturisierung und die Probenhandhabung. Das Experiment wurde vom DLR Institut für Materialphysik im Weltraum in Zusammenarbeit mit der Arbeitsgruppe von Prof. Bechinger an der Universität Konstanz entwickelt.



Abbildung 2: RAMSES – Experimentmodul mit eingeschalteten Treiblichtquellen

## GRASCHA 2.0 - Schallausbreitung in Granulatpackungen

### Team

Alberto Chiengue Tchapnda, DLR MP-EXP

Christoph Dreißigacker, DLR MP-EXP

Prof. Dr. Matthias Sperl, DLR MP-EXP

Karsten Tell, DLR MP-EXP

Dr. Peidong Yu, Uni Köln / DLR MP-EXP

Das Experiment GraScha untersucht die Schallausbreitung in Granulaten bei sehr niedrigen Packungsdrücken. Die Experimentdurchführung in Mikrogravitation ermöglicht dabei Messungen in Packungen frei von Druckgradienten. Als Granulat dienen Glaskugeln mit einer bidispersen Radienverteilung. Die transmittierten Schallwellen liegen in einem breiten Amplituden- und Frequenzbereich, der die Untersuchung von nichtlinearen Effekten, Mehrfachstreuung und Dispersion erlaubt. "Ziel der Untersuchung ist die Bestimmung des Überganges von linearer zu nichtlinearer akustischer Wellenausbreitung. Dabei wird bei den niedrigen Drücken in Schwerelosigkeit eine sehr kleine Schallgeschwindigkeit beobachtet, die schon bei vergleichsweise kleineren Schall-Amplituden als am Boden nichtlineare Charakteristiken zeigt", sagt Prof. Matthias Sperl vom DLR-Institut für Materialphysik im Weltraum. Die Ergebnisse des Raketenfluges werden mit den Resultaten am Boden sowie mit theoretischen Modellen verglichen. Erkenntnisse aus den Messungen sollen ein besseres Verständnis von Granulaten beim Verlust ihrer mechanischen Stabilität ermöglichen sowie eine verbesserte Modellierung von Schallausbreitung in granularen Medien auch auf der Erde.



Abbildung 3: GRASCHA – Experimentaufbau

## MEGraMa3a - Magnetisch Erregte Granulare Materie

### Team

Jörg Drescher, DLR MP-EXP

Peidong Yu, Uni Köln / DLR MP-EXP

MEGraMa3a ist eine Weiterentwicklung der auf verschiedenen  $\mu\text{g}$ -Plattformen erprobten Probenumgebung MEGraMa für die Untersuchung physikalischer Effekte bei verdünnten Systemen granularer Teilchen (granulare Gase). Bei der Kollision von bewegten Teilchen verlieren diese Energie - die Summe ihrer kinetischen Energien ist kleiner als vor dem Stoß. Dieser Energieverlust (Dissipation) ist umso ausgeprägter, je größer die Anzahl der beteiligten Teilchen ist. Die Untersuchung dieses kollektiven Verhaltens ist grundlegend für die Erklärung von vielfach unerklärten Phänomenen, von der Packungsdichte in Schüttgut bis zur Bildung von Sternen und Galaxien aus Staubwolken.

In MEGraMa werden dazu bis zu 3000 Teilchen über externe Magnetfelder definiert in verschiedene Ausgangsstadien aufgeschüttelt und nachfolgend die abnehmende Geschwindigkeit der Partikel optisch gemessen. Diese beobachtete Abkühlung des Systems ermöglicht die nachfolgende numerische Modellierung der Vorgänge, was z.B. in Simulationsprogramme für Strömungs- und Sedimentationsprozesse einfließt.

Das Experiment MEGraMa 3a dient zur Verifikation einer geänderten Probenumgebung und des Probenmaterials, sowie um die hier ermittelten optimalen Prozessparameter auf einer Langzeitmission 2020 einsetzen zu können.

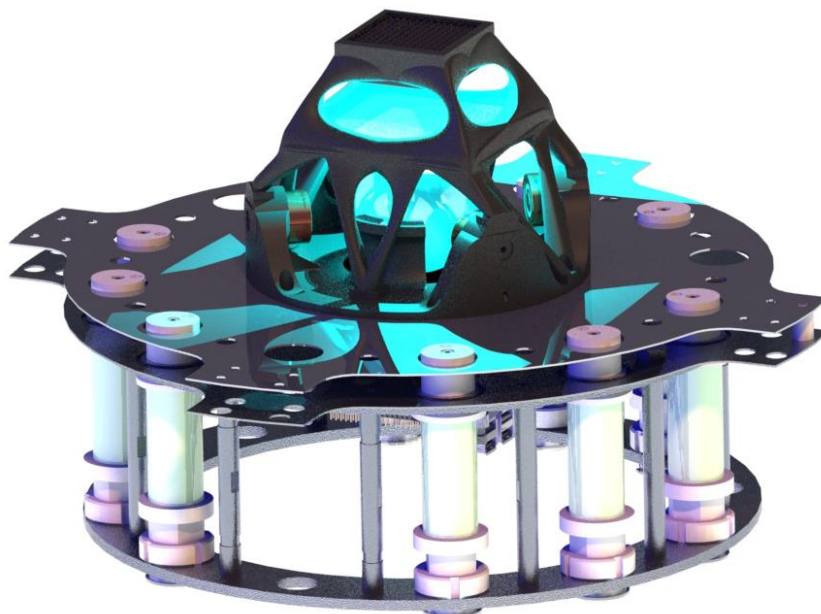


Abbildung 4: MEGraMa3a – Experiment Design

## DLR-Institut für Luft- und Raumfahrtmedizin

### CellFix II – Effekte von Schwerelosigkeit auf neuronale Zellen

#### Team

Dr. Christian Liemersdorf, DLR ME-BIO

Yannick Lichterfeld, DLR ME-BIO

Dr. Jens Hauslage, DLR ME-BIO

Für das Experiment *AstroNeuroProteomics* werden primäre Neuronen und Astrozyten (eine Art von Glia-Zellen) in das CellFix Modul eingebracht, um erstmalig die Effekte von Schwerelosigkeit auf Proteom-Ebene in neuronalen Zellen zu untersuchen. Hierzu werden die Zellen nach der Startphase (Hypergravitation) und nach der Schwerelosigkeitsphase (Mikrogravitation) chemisch fixiert, um anschließend die konservierten Proben am Boden biochemischen auswerten zu können. Die zellulären Mechanismen, die neurologischen Veränderungen unter Schwerelosigkeit zugrunde liegen, können somit besser verstanden werden.

Das vollständige proteomische Profil der Neuronen soll unter Verwendung fortgeschrittener Proteinisolierungs- und -reinigungstechniken sowie hochempfindlicher Massenspektrometrieanalysen untersucht werden. Eine detaillierte proteomische Analyse ist für weitere Studien von großer Bedeutung, da proteomische Veränderungen mit erheblichen und lang anhaltenden Veränderungen in der Zelle wie Zelldifferenzierung, Polarisation, Morphologie und Zellmigration einhergehen.

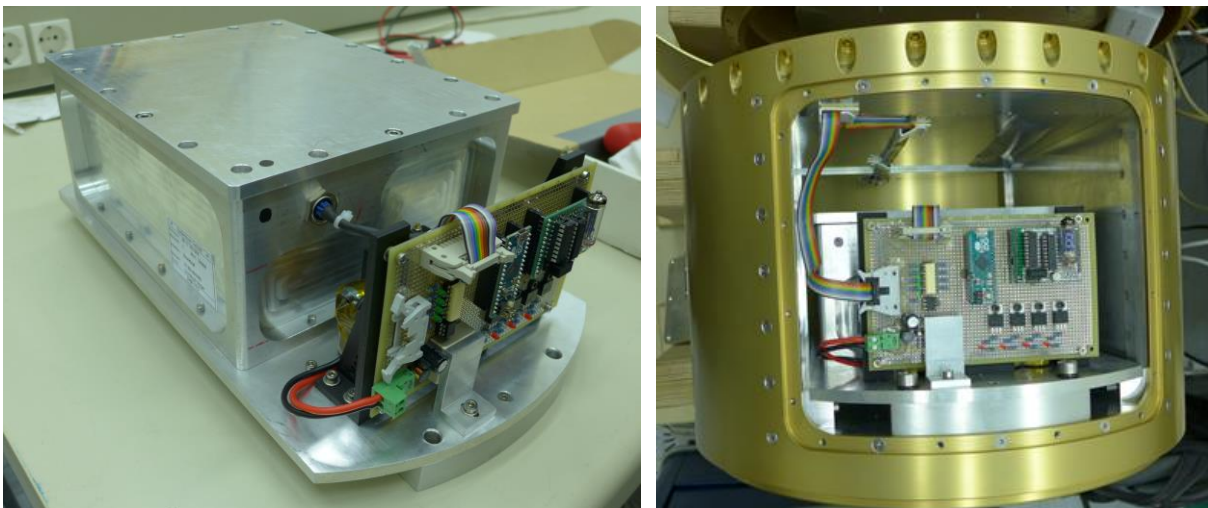


Abbildung 5: Links: Cellfix – Experimenteinschub; rechts: Modultopf mit eingebautem Experimenteinschub

## MemEx III – Veränderungen von Zellmembranen in der Schwerelosigkeit

### Team

Dr. Jens Hauslage, DLR ME-BIO  
Dr. Florian P.M. Kohn, Uni Stuttgart Hohenheim  
Prof. Dr. Wolfgang Hanke, Uni Stuttgart Hohenheim  
PD Dr. Ruth Hemmersbach, DLR ME-BIO

Das DLR Experiment MemEx aus dem Institut für Luft- und Raumfahrtmedizin in Zusammenarbeit mit der Fachgruppe Membranphysiologie der Universität Stuttgart Hohenheim untersucht die biophysikalische Veränderung von Zellmembranen in Schwerelosigkeit. Untersuchungsobjekt sind künstlich hergestellte Lipidmembranen, die wie die Biomembran von Zellen aus einer Lipiddoppelschicht bestehen, in der Lipide und Proteine in der Ebene der Membran frei beweglich sind (Membranfluidität). Experimente im Parabellflug (22s Schwerelosigkeit) zeigten erste Anhaltspunkte, dass sich die Fluidität von Biomembranen in Schwerelosigkeit ändert. Dies soll in längerer Zeit der Schwerelosigkeit (6 min) eingehend untersucht werden. Membranfluidität und die Aufnahme von Substanzen über die Membran werden gemessen. Eine in Schwerelosigkeit veränderte Aufnahme körpereigener Moleküle und/oder Medikamenten müsste dann im Hinblick auf Langzeitexposition von Astronauten berücksichtigt werden. Sollte sich die Funktionalität der Zellmembran in Schwerelosigkeit ändern, so wäre dies auch ein neuer Aspekt zur Erklärung der generellen Schwerkraftempfindlichkeit von Zellen, der auch therapeutische Anwendungsmöglichkeiten bietet.

Im Experiment MemEx wird der Einbau von Molekülen in die Membran von künstlich erzeugten Vesikeln untersucht. Ein Fluoreszenzfarbstoff zeigt mittels Polarisationsänderung die Membranfluidität an. Die aufgenommenen Lichtsignale werden mittels Photomultiplier und des *Open Source* Mikrokontrollers ARDUINO aufgezeichnet und können nach der Landung ausgewertet werden.

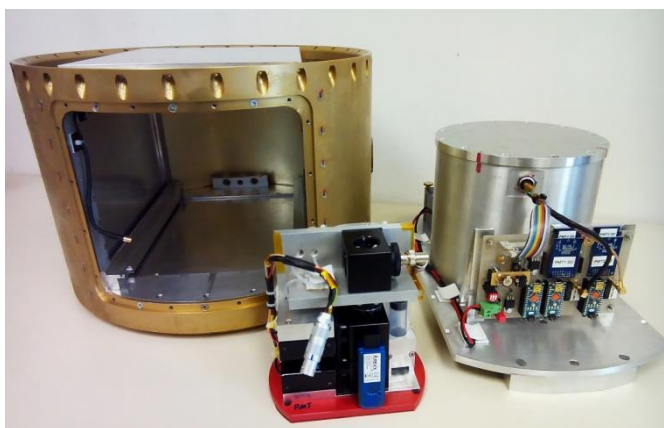


Abbildung 6: MemEx – Experimenteinschub

### Experimentablauf:

In Schwerelosigkeit werden zwei Flüssigkeiten zusammengepumpt, die eingefärbte Vesikel und ein einzubauendes Molekül enthalten. Nach Vermischen der Flüssigkeiten wird polarisiertes UV Licht durch die Beobachtungsküvette geleitet und mittels Filtersystem und zweier Photomultiplier auf SD Karten aufgezeichnet.

Die Experimenthardware wurde von der Institutswerkstatt gefertigt, optische und elektronische Systeme von der Abt. Gravitationsbiologie des Instituts für Luft- und Raumfahrtmedizin entwickelt und getestet.

## apex - Neue Sensoren für die Raumfahrtforschung

### Team:

Nico Maas, DLR RB-MSK

Dr. Jens Hauslage, DLR ME-BIO

Das DLR Experiment apex des Nutzerzentrum für Weltraumexperimente (MUSC) soll als technischer Demonstrator die Verwendbarkeit neuer COTS Komponenten testen und als leistungsfähiger *On Board Computer* (OBC) zur Erfassung und Verarbeitung eines missionsspezifisch Sensornetzes dienen. Das System apex wurde mit zwei Espressif ESP32 MCUs und einem Raspberry Pi Zero ausgestattet. Während die beiden MCUs in einer redundanten Konfiguration die am I<sup>2</sup>C Bus angeschlossenen Sensoren wechselseitig abfragen und deren Messwerte zur späteren Analyse abspeichern, verfügt der Raspberry Pi über eine HD Kamera. Diese kann zur Untersuchung der Auswirkungen von Mikrogravitation auf biologische Proben mittels eines angeschlossenen Mikroskops verwendet werden.

Apex wurde in Kooperation mit Dr. Jens Hauslage der Abteilung Gravitationsbiologie des DLR Instituts für Luft- und Raumfahrtmedizin und des Institutes für Materialphysik entwickelt.

Aufgrund seiner Flexibilität kann apex in zukünftigen Missionen in unterschiedlichsten Konfigurationen und Einsatzszenarien verwendet werden. Vom Einsatz als Sensorträger für Universitäts- und Schulprojekte, bis hin zur Konfiguration als Basisstation innerhalb der Rakete für auswerfbare Sensorplattformen und Picosatelliten.

## ROPUM – Orientierung von Pantoffeltierchen

### Team

Dr. Jens Hauslage, DLR ME-BIO

PD Dr. Ruth Hemmersbach, DLR ME-BIO

Das Experiment ROPUM dient als Technologiedemonstration für ein miniaturisiertes Mikroskopsystem.

Das Pantoffeltierchen *Paramecium* war bereits mehrfach im All und seine ausgeprägte Gravitaxis (räumliche Orientierung mit Hilfe der Schwerkraft) ist gut erforscht. Das Schwimmverhalten der Einzeller wird über das Schlagen seiner Wimpern (Cilien) gesteuert, diese wiederum über das Membranpotential der Zelle. Ähnliche Vorgänge finden in Neuronen statt, weshalb *Paramecium* auch als „schwimmende Nervenzelle“ bezeichnet wird. Im Experiment ROPUM werden Schwimmparameter der Einzeller untersucht mit dem Fokus auf die Eigenrotation der Zelle, die durch die verbesserte Mikroskopauflösung nun sichtbar gemacht wird. Im Rahmen des Experimentes wird eine *Paramecium*kultur während des Raketenflugs durch HD Videoaufnahmen aufgezeichnet. Die gewonnenen Videos werden nach dem Flug mittels Bildverarbeitung analysiert und mit den Bodenkontrollen verglichen.

Das Mikroskop wurde in Zusammenarbeit mit dem Institut für Materialphysik entwickelt und soll im Rahmen der Mission ATEK auf seine Verwendbarkeit hinsichtlich des Einsatzes auf Höhenforschungsraketen getestet werden. Weitere Ausbaustufen sind die Implementierung eines Autofokussystems und die Erweiterung mit Fluoreszenzanregung.



Abbildung 7: Biologische Nutzlasten auf Mapheus 8; Oben: MemEx – Experimenteinschub mit Hefeprobe und Strahlungsdetektor M-42; Unten: CellFix mit ROPUM und apex



## M-42 - Strahlungsdetektion

Dr. Thomas Berger, DLR ME-SBA

Dr. Karel Marsalek, DLR ME-SBA

Die Arbeitsgruppe Biophysik der Abteilung Strahlenbiologie des Instituts für Luft- und Raumfahrtmedizin hat in den letzten Jahren mehrere Strahlungsmessgeräte, unter anderem für die ISS (TEPC im Rahmen des EAD Projekts), für die Anwendung auf Satelliten (RAMIS für Eu:CROPIS) entwickelt und arbeitet gerade an dem M-42 Detektor der im Rahmen der NASA ORION EM-1 Mission die Strahlung auf dem Weg zum Mond messen soll.

Das Design von M-42 folgt den Anforderungen für die NASA ORION EM-1 Mission, vor allem den Requirements für a) kein Daten/Power Interface zum Raumfahrzeug und b) Batterielaufzeit des Geräts von maximal 42 Tagen. M-42 ist darum ein kleines (142 x 38 x 13mm<sup>3</sup>), batteriebetriebenes (2 x Varta 2500mAh ER AA primary Li-Thionyl Primärzellen) Strahlungsmessgerät mit einer eingebauten 1 cm<sup>2</sup> Siliziumdiode für die Messung der Dosis während des Flugs im freien Weltraum. Das System ist so gebaut, dass es auch für Messungen in Flugzeugen und für „High Altitude“ Experimente verwendet werden kann.

M-42 im Rahmen von ATEK zu fliegen stellt einen perfekten Weg dar das System im Weltraum und in Vorbereitung des Fluges zum Mond zu testen.



Abbildung 8:M-42 Strahlungsdetektor

## HIA – Hefe im All

Dr. Jens Hauslage, DLR ME-BIO  
Dominik Rödel, Landauer Bierprojekt  
Dr. Friderike Rex, Weincampus Neustadt

In geschlossenen Lebenserhaltungssystemen muss eine Versorgung von Vitamin B 12 sichergestellt werden, um Schädigungen im neuronalen System zu vermeiden. Da nur Tiere und Pilze dieses Vitamin erzeugen und Tiere in geschlossenen Systemen eine schlechte Bilanz aufweisen muss auf Hefekulturen zurückgegriffen werden, die neben der Vitaminversorgung auch ein guter Lieferant von Fetten ist, dessen Produktion in geschlossenen Systemen auch ein Problem darstellt.

Das Experiment HIA untersucht die Einflüsse eines Weltraumaufenthaltes (Startbeschleunigung, Schwerelosigkeit und Wiedereintritt) auf die Produktion von Vitamin B 12 sowie potentieller Veränderungen im Genom, die einen Einfluss auf den Stoffwechsel der Hefekulturen haben können.



Abbildung 9: Hefekulturen vor Integration

## Technische Universität München

### **OHSCIS - Charakterisierung von Dünnschichtsolarzellen**

#### **Team**

Prof. Dr. Peter Müller-Buschbaum (TU München)

Dr. Michael Böhmer (TU München)

Lennart Reb (TU München)

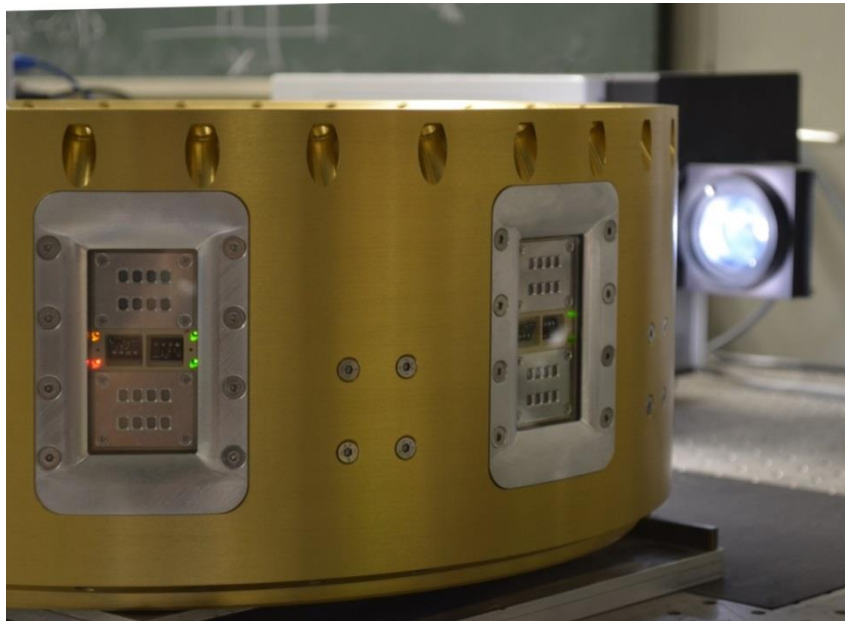
Sebastian Grott (TU München)

Benjamin Predeschly (TU München)

Goran Ivandekic (TU München)

DLR MP-EXP

Das Experiment OHSCIS untersucht innovative Dünnschichtsolarzellen im All. Dazu werden die Zellen während des Fluges elektrisch charakterisiert, um Informationen über ihre Funktionalität und Stabilität unter diesen exotischen Bedingungen zu erlangen. Mittelfristig könnte das der erste große Schritt in Richtung ihrer Etablierung als Energielieferanten für Satelliten- und Raumfahrtmissionen sein. "Die neue Technologie verspricht immense Gewichtseinsparungen oder Leistungserhöhung der Solarpaneele und bringt das Potential mit, nicht nur die Raumfahrt zu revolutionieren", sagt Prof. Peter Müller-Buschbaum von der Technischen Universität München. Bereits heute erreichen Dünnschichtsolarzellen Wirkungsgrade, die mit konventionellen Solarzellen konkurrieren – und das auch auf dünnen, flexiblen Folien. Das Experiment ist in enger Zusammenarbeit mit dem DLR-Institut für Materialphysik im Weltraum entstanden und soll einen wichtigen Beitrag leisten, Dünnschichtsolarzellen näher ins All zu bringen.



**Abbildung 10: OHSCIS – Experimentmodul, Kalibrierung mit AM1,5-Sonnenspektrum**