



**Diplomand** Staub Niklaus  
**Dozent** Prof. Dr. Worlitschek Jörg  
**Projektpartner** Dr. Granata Timothy  
**Experte** Dr. Lieball Kai  
**Themengebiet** Energien, Fluide und Prozesse

## Thermische Stabilität eines Bioplastik Reaktors für die Mondmission ARTEMIS

### Ausgangslage

Die Mondmission ARTEMIS ist ein Raumfahrtprojekt der NASA und der ESA, mit dem Ziel, bemannte Missionen und Experimente auf dem Südpol des Mondes durchzuführen. Eines der Experimente ist der Bioplastik Reaktor, entwickelt von der Biotesc in Hergiswil. Es soll untersucht werden, wie Hefe und Algen in der extremen Umgebung auf dem Mond optimal kultiviert werden können. Der Bioreaktor wandelt Biowaste in Bioplastik und Karbonfasern um, die anschliessend für die Herstellung von Bauteilen zur Verfügung stehen. Dies reduziert den Bedarf an Transportgütern von der Erde, um die Mission so autonom wie möglich zu gestalten.

Bei einer Temperatur von  $27 \pm 1.5 \text{ }^\circ\text{C}$  herrschen optimale Bedingungen für das Wachstum der Zellen. Der Mond besitzt jedoch keine Atmosphäre und rotiert sehr langsam, dies resultiert in starken Temperaturschwankungen auf der Mondoberfläche mit Extremwerten von 50 bis 380 Kelvin. Um die strikte Temperaturanforderung zu erfüllen, muss das System thermisch stabilisiert werden. Es wurden drei Konzepte entwickelt die verschiedenen Materialien und Methoden verwenden.

### Vorgehen

Initial wurde eine umfangreiche Literaturrecherche der Bedingungen auf dem Mond und des Standes der Technik durchgeführt. Zudem war es notwendig mit dem Auftraggeber ein Pflichtenheft auszuarbeiten und anschliessend das existierende Design zu analysieren. Für die Erarbeitung der thermischen Systeme wurde eine potenzielle Landeregion und dessen Randbedingungen festgelegt, um die Worst-Case-Szenarios zu beurteilen. Anschliessend wurde mit der Software Dymola ein Programm entwickelt, um die Konzepte über die ganze Mondmissionsdauer zu simulieren und zu vergleichen (Abb. 1).

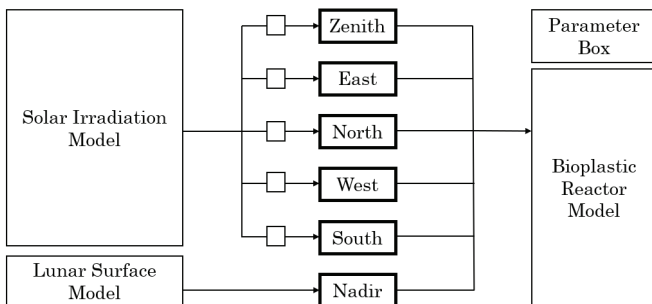


Abb. 1: Aufbau der Simulation in Dymola

### Ergebnis

Für alle Konzepte wurde der Ansatz verwendet den Reaktor möglichst passiv zu stabilisieren. Dies reduziert die Anfälligkeit auf Fehlversagen und minimiert die benötigte Energieversorgung. Die Zenit Oberfläche, die sich von der Mondoberfläche

abwendet, hat die geringste Sonneneinstrahlung und den stabilsten Zyklus. Daher wurde sie als Radiator eingesetzt, um die überschüssige Wärme abzuführen. Die Seiten drehen sich mit dem Mond und stehen teilweise rechtwinklig zur Sonneneinstrahlung. Dies führt zu grossen Temperaturschwankungen, die durch den Einsatz von Isolationen minimiert werden. Die Multi-Layer Isolation und das Sonnenschild sind dazu am besten geeignet.

Das dritte Konzept nutzt zudem eine rotierende Hülle, welche sich stetig der Sonne ausrichtet und mit gezielten Oberflächeneigenschaften geringe Schwankungen erzielt (Abb. 2).

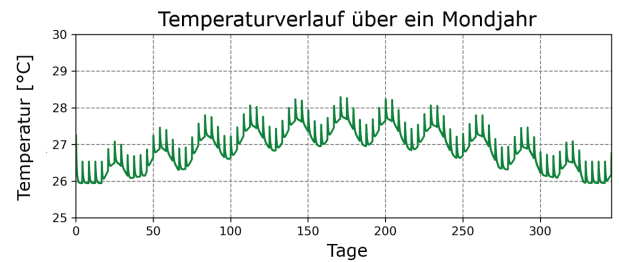


Abb. 2: Konzept Nr. 3 mit 3W Heizunterstützung

Die drei Konzepte wurden initial für den Hefen Reaktor entwickelt, da der Algenreaktor zusätzliche LEDs benötigt, die das System überhitzen. Damit der Algenreaktor umgesetzt werden kann ist eine zusätzliche Radiatorfläche notwendig, die jedoch mit allen drei Konzepten kompatibel ist (Abb. 3).

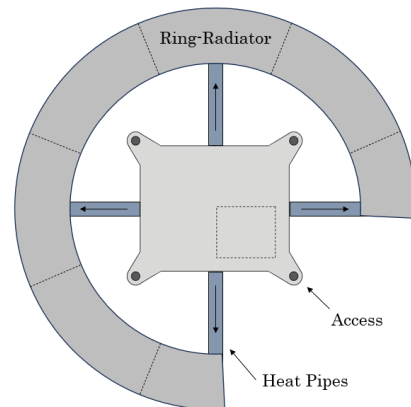


Abb. 3: Konzept Nr. 1 mit zusätzlichem Radiator

Eine weitere Herausforderung stellt der Mondstaub dar, da er gut auf Oberflächen haftet und sehr abrasiv ist. Durch die Integration von elektrodynamischen Schutzvorrichtungen in die Oberfläche kann der Mondstaub abgestossen werden.

Zukünftig muss das System in einer Vakuumkammer und unter Belastung der extremen Einstrahlungen validiert werden.