

Tauglich befunden – für den Dienst im Weltraum!

von Laetitia Theunis

Viele Satelliten und Weltrauminstrumente werden im weltweit für seine herausragenden Leistungen bekannten [Raumfahrtzentrum Lüttich](#) (CSL) getestet, bevor sie sich auf ihren Weg in den Orbit machen. Dies gilt auch für [das Fernerkundungsinstrument 3MI](#), das gemeinsam von [der Europäischen Organisation für die Nutzung meteorologischer Satelliten](#) (EUMETSAT) und [der Europäischen Weltraumagentur](#) (ESA) entwickelt wurde. „Derzeit schließen wir gerade die Datenanalyse ab. Bei 3MI ist es erstmals der Fall, dass wir für ein Weltrauminstrument die komplette Gesamtverantwortung übernehmen“, freut sich Prof. Serge Habraken, Leiter des CSL. In Lüttich eröffnen sich ganz neue wissenschaftliche Perspektiven.

Ein Werkzeug zur Beobachtung der Klimaentwicklung

Das Akronym 3MI weist auf die Funktionen des Imagers mit Mehrfachansichten, Mehrfachkanälen und Mehrfachpolarisierung hin. Dieses Radiometer, also ein Instrument, das die Intensität der elektromagnetischen Strahlung in verschiedenen Wellenlängenbereichen misst, wurde von einem italienischen Unternehmen namens Leonardo in Florenz entwickelt.

3MI wird auf einer sonnensynchronen polaren Umlaufbahn arbeiten. „Dies bedeutet, dass es jeden Punkt auf der Erde jeweils zur selben Sonnenzeit überfliegt. Dadurch ist es stets derselben Helligkeit ausgesetzt und die erfassten Bilder lassen sich leicht vergleichen.

In einer Höhe von 800 km überfliegt es die Erde von einem Pol zum anderen und umrundet sie etwa alle 100 Minuten. Dabei soll das Instrument die Aerosole und ihre Interaktion mit den Wolken beobachten. Gleichzeitig misst es die Albedo, also die Reflexionsstrahlung der Sonne, die von der Erde zurückgeworfen wird. Diese Analysereihe liefert Informationen über die Entwicklung des Klimas“, erläutert Christophe Grodent, Geschäftsführer des CSL.

Es sollen drei 3MI-Instrumente erbaut werden. Sie werden dann in den Jahren 2023, 2030 bzw. 2037 an Bord der gemeinsam von EUMETSAT und ESA entwickelten Wettersatelliten Metop-SG-A1, Metop-SG-A2 und Metop-SG-A3 installiert.

Simulation der Weltraumumgebung

Vor dem Einsatz im Orbit ist jedoch sicherzustellen, dass das auf der Erde konstruierte Instrument in der Lage ist, in der Weltraumumgebung korrekt zu arbeiten.

Der Reinraum des Raumfahrtzentrum Lüttich erfüllt ISO 7 (gemäß ISO 14644) und Klasse 10.000 (gemäß US-Norm FED-STD-209E). „Dies bedeutet, dass der Partikelgehalt in einem Luftvolumen von etwa einem großen Schuhkarton bei unter 10.000 Teilchen liegt. Zum Vergleich: In einem normalen Wohnhaus beträgt die Anzahl der Teilchen in demselben Luftvolumen zwischen einer und 10 Millionen Teilchen“, erläutert Christophe Grodent. Ein paar Meter weiter in einem Raum mit laminarer Strömung gelten noch strengere Normwerte: ISO 5 und Klasse 100. Wer hier eintreten möchte, muss zunächst Baretthaube und weiße Schürze gegen einen Anzug tauschen, der auch für einen Kosmonauten geeignet wäre.

In dieser hochreinen Umgebung wird das Weltrauminstrument also getestet. Hierfür wird es in eine Vakuumkammer platziert, das sogenannte FOCAL (kurz für Facilité Optique de Calibration A Liège, Optische Kalibrierungseinrichtung in Lüttich). Dieses Akronym wird durch eine Zahl ergänzt, die Aufschluss über den Durchmesser der Kammer gibt. FOCAL 5 ist zum Beispiel die Bezeichnung für eine beeindruckende Kammer mit 5 Metern Durchmesser.

Dort wird das Weltrauminstrument mit Vorrichtungen stimuliert, die auf der Erde bleiben. So etwa das OGSE (Optical Ground Support Equipment) für optische, das EGSE für elektrische, das MGSE für mechanische und das TGSE für thermische Testverfahren. „Diese Vorrichtungen werden niemals in die Umlaufbahn gelangen. Sie dienen dazu, das Weltrauminstrument zu testen und zu kalibrieren. Hierfür wird es Bedingungen ausgesetzt, welche die Weltraumumgebung im Hinblick auf Temperatur, Luftleere und optische Impulse aus dem Kammerinneren oder von außen simulieren.“

100 Tage im Vakuum

3MI ist für nicht weniger als 100 Tage fortlaufend im Vakuum verblieben. „Diese Dauer ist erforderlich, damit alle für die Kalibrierung erforderlichen Stimuli eingebracht werden können, also etwa verschiedene Wellenlängen, verschiedene Winkel, verschiedene Messarten. Ziel dabei war es zu überprüfen, ob die optische Leistung des Instruments die Hoffnungen und Erwartungen von EUMETSAT erfüllt“, erläutert Prof. Habraken.

Was genau macht eine solch lange Dauer notwendig? „Die geforderten Messungen, aber auch die Reaktionsweise der GSE-Vorrichtungen. Es bedarf einer gewissen Zeit, das Instrument zu drehen, um einen anderen Blickwinkel zu überprüfen. Wenn 2000 Winkel geprüft werden müssen, muss man dieses Verfahren 2000-mal umsetzen ...“

„Bedenken Sie, wenn man mit einem Fotoapparat ein Bild aufnimmt, muss man Blende und Zeit so einstellen, dass eine ausreichende Menge Photonen erfasst wird. Hier ist es genauso: Es gibt eine Zeit für die Bündelung des auftreffenden Lichts, die unterschiedlich sein kann, entweder sehr kurz oder sehr lang. Das Instrument legt dies fest. Die Dauer des Tests hängt also auch mit der Arbeitsweise des Instruments selber zusammen“, führt Christophe Grodent weiter aus.

Entwicklung von Modellen

Die 3MI-Mission des Raumfahrtzentrum Lüttich ist mit diesen Tests noch lange nicht abgeschlossen. Ganz im Gegenteil, es geht erst richtig los.

Sobald 3MI an Bord des Satelliten die Umlaufbahn erreicht hat, erfasst das Instrument das Licht, das seinen Sensor erreicht. Dieser wandelt die aufgenommene Energie in ein digitales Signal um, das aus Bits zusammengesetzt ist. Um kleine Ungenauigkeiten des Instruments auszugleichen, müssen diese Bits überarbeitet und korrigiert werden, so dass sie wieder in wissenschaftlich interpretierbare Signale umgewandelt werden können. Diese müssen in Bezug auf Energieniveau und Wellenlänge absolut exakt dem vom Instrument erfassten Signal entsprechen.

Um ein möglichst genaues Bild des ankommenden Signals zu erhalten, „haben wir ein Modell des Instruments erstellt, das alle Ungenauigkeiten einschließt, ebenso wie ein Kalibrierungsmodell. Diese Modelle haben wir [unter besonderer Berücksichtigung der Ungenauigkeiten des Instruments] mit spezifischen Messungen validiert, die wir in der Vakuumkammer im Verlauf der Kalibrierung des Instruments vorgenommen haben.“

Korrektur des Streulichts

So ist es dem CSL gelungen, Bilder auszuschließen, die das 3MI aufgrund des Streulichts durch Punktobjekte innerhalb oder außerhalb des Blickfelds erfasst.

Jedes Instrument erfasst Dinge unter einem bestimmten Winkel. Befindet sich ein Punktobjekt, zum Beispiel ein Stern, in seinem Blickfeld, erhellt dies theoretisch ein Pixel. „In der Realität jedoch wird das auftreffende Licht mehrfach reflektiert, so dass neben dem theoretischen einzelnen Pixel weitere Pixel erhellt werden. Dieses Streulicht entsteht durch kleine Ungenauigkeiten des Instruments. Es kann digital simuliert und in seinen Eigenschaften erfasst werden.

Auch außerhalb des Blickfelds gibt es ein Streulicht. Theoretisch darf ein Lichtpunkt außerhalb des Blickfelds gar kein Pixel erhellen. Praktisch jedoch ist das anders, denn das auftreffende Licht wird mehrfach reflektiert, bevor es am Sensor ankommt. Es ist uns gelungen, dies zu unterdrücken, indem wir es aus dem Signal ausfiltern“, freut sich Christophe Grodent.

Serge Habraken hofft, dass diese erste positive Erfahrung weitere nach sich ziehen wird. „Normalerweise schicken uns unsere Kunden eine Blackbox und sagen uns, was sie können soll. In Zukunft wird es unser Ziel sein, so wie jetzt bei 3MI tiefer in die Weltrauminstrumente einzudringen, indem wir sie kalibrieren, verstehen und modellieren. Also vermehrt auch an der Forschung mitzuarbeiten.“