

IRS, ein Infrarot-Sounder-Instrument zur Verbesserung von Wettervorhersagen

Von *Laetitia Theunis*

Serie „Unser Klima aus dem Blickwinkel der Satelliten“ (3/5)

[Meteosat Third Generation](#) (MTG) ist die dritte Generation der europäischen Wettersatelliten im geostationären Orbit. Die ersten dieser Satelliten könnten noch dieses Jahr sowie im Jahr 2024 an den Start gehen. An Bord des zweiten soll das [Infrarot-Sounder-Instrument IRS](#) die Genauigkeit von Wettervorhersagen verbessern.

Temperatur- und Feuchtigkeitsmessung in unterschiedlichen Höhen

Erstmals werden Meteosat-Satelliten eine kontinuierliche „Schicht-für-Schicht“-Analyse der Atmosphäre durchführen. „Das Ziel ist es, vertikale Temperatur- und Feuchtigkeitsprofile zu erhalten. Dazu führt der IRS Messungen in den Absorptionsbanden von Wasserdampf und CO₂ mit sehr hoher Auflösung und spektraler Präzision durch“, erläutert Dr. Nicolas Clerbaux, Spezialist für meteorologische Satellitendaten am IRM (Institut Royal Météorologique).

„Für gewöhnlich werden atmosphärische Messungen mit Ballonsonden oder mit Sensoren ausgestatteten Flugzeugen durchgeführt, die von lokalen Flugplätzen aus starten. Zweimal am Tag führt auch [IASI](#) entsprechende Messungen durch. Das Sondierinstrument an Bord der [europäischen Metop-Wettersatelliten](#) wird in den polaren Orbit gebracht und überfliegt so unser Land zweimal pro Tag. Das ist der große Unterschied zum IRS: Dieser befindet sich im geostationären Orbit und kann daher die europäische Erdatmosphäre kontinuierlich überwachen. Auf diese Weise ergeben sich Wetterdaten, die wesentlich häufiger (jede Stunde) aktualisiert werden als bisher.“

„Diese Daten sind sehr wichtig für die Abstimmung der globalen Wettermodelle. Die vertikalen Profile geben außerdem Aufschluss über die Stabilität der Atmosphäre. So lässt sich die konvektive Entwicklung von Unwettern analysieren und vorhersagen. Vor diesem Hintergrund wird es sehr interessant sein, jede Stunde Messdaten zu erhalten statt wie bisher mit IASI nur alle 12 Stunden.“

Die Erde in Zonen

Der IRS wird sich rund 36.000 km über unseren Köpfen befinden. Dieser geostationäre Orbit dreht sich mit derselben Geschwindigkeit wie die Erde. Ein Satellit in diesem Orbit kann also ein und denselben Punkt auf der Erde kontinuierlich überwachen. Das ist beim IRS der Fall, der aus technischen Gründen auf Höhe des Äquators platziert wird und seine Sensoren permanent auf Europa und Afrika gerichtet haben wird.

Der vom IRS überwachte Bereich wird in vier Teile aufgeteilt, die sogenannten LAC (Local Area Coverage). LAC4 umfasst Gesamteuropa sowie den Norden Afrikas und den Nordatlantik (zwei Regionen mit starkem Einfluss auf das Wetter in Europa). Dieser Bereich wird alle 30 Minuten vollständig gescannt. Die drei anderen LAC, die nach Süden hin in absteigender Reihenfolge nummeriert sind, werden weniger engmaschig überwacht.

Jedes dieser LAC wird, den Sondierungslinien folgend, von Osten aus in Quadratform durchkämt. Jede dieser spektralen Sondierungen wird in einem Bild von 160 x 160 Pixeln aufgezeichnet, wobei jedes Pixel 4 km Seitenlänge entspricht. Die Aufnahme eines LAC dauert 15 Minuten. „Diese Präzision war vorher nicht zu erreichen“, präzisiert Serge Habraken, Direktor des Centre Spatial de Liège ([CSL](#)).

Chemische Verbindungen im Fadenkreuz

Das Instrument führt Messungen in zwei Spektralbändern durch: Langwellen-Infrarot (LWIR) zwischen 680 und 1210 cm^{-1} und Mittelwellen-Infrarot (MWIR) zwischen 1600 und 2250 cm^{-1} .

„Dabei handelt es sich um die beiden Transparenzbänder der Atmosphäre im Infrarotbereich. Ziel des IRS ist nicht, das von der Erde im IR-Bereich reflektierte Licht einzufangen, sondern vielmehr die IR-Strahlung zu messen, die die Erde durch ihre Eigentemperatur produziert“, erläutert Christophe Grodent, kaufmännischer Direktor des CSL. „Anders ausgedrückt: Diese Bilder können sowohl bei Tag als auch bei Nacht aufgenommen werden. Je heißer die Atmosphäre, desto stärker das Signal.“

„Das Instrument analysiert das Spektrum nach Wellenlängen und unterteilt es in sehr feine Bänder. Auf diese Weise sollen atmosphärische Absorptionen aufgespürt werden, die auf das Vorkommen bestimmter Verbindungen zurückzuführen sind, insbesondere O₃ im LWIR-Band und CO im MWIR-Band. So sind dann Rückschlüsse auf ihre Konzentration möglich. Der IRS liefert alle 30 Minuten ein Bild der atmosphärischen Konzentration dieser beiden Verbindungen“, erklärt Prof. Habraken.

Abkühlung erforderlich

[Bevor er an den Start gehen kann, muss der IRS zunächst im Centre Spatial de Liège eingehend getestet werden.](#) „Er wird im FOCAL 5 getestet, einem leeren Testbehälter von 5 m Durchmesser, in dem Weltraumbedingungen simuliert werden“, erklärt CSL-Direktor Prof. Serge Habraken weiter. „Mit Hilfe von schwarzen Körpern, die in England entwickelt und vom CSL zugelassen wurden, wird eine genau bestimmte Menge an Energie eingebracht. Die schwarzen Körper werden über ein Reservoir im oberen Bereich des Behälters mit Stickstoff versorgt.“

Der IRS funktioniert im Infrarotbereich. Es ist daher entscheidend, ihn vor dem Einsatz stark herunterzukühlen.

„Wenn Sie normalerweise einen Hund sehen, liegt das physikalisch daran, dass das Fell dieses Hundes das weiße Licht reflektiert, das sich aus sichtbaren Wellenlängen zusammensetzt und von einer Lichtquelle, der Sonne, abgegeben wird. Der Hund selbst ist mit seiner Körpertemperatur von 38,5 °C jedoch eine Wärmequelle und setzt Infrarotstrahlung frei“, erläutert Christophe Grodent, kaufmännischer Direktor des Centre Spatial de Liège.

„Beim IRS ist das ähnlich. Aufgabe dieses Instruments ist es, eine Infrarotstrahlung zu messen, die von der Erde ausgeht. Wenn es selbst jedoch Wärme abstrahlt, wird es neben der Strahlung der Erde auch seine eigene erkennen. Auf diese Weise würden sich zwei Signale überlagern, die man nicht auseinanderhalten könnte.“

Um diese interne Strahlung zu eliminieren, muss die Temperatur des Instruments abgesenkt werden. Dadurch wird die Wellenlänge seiner Strahlung verlängert und aus energetischer Sicht reduziert. So kommt nur das zum Vorschein, was uns interessiert: die IR-Strahlung aus der Erde. Das nennen wir das Signal-Rausch-Verhältnis.“

Aus diesem Grund muss das Instrument bei den Tests im CSL extrem heruntergekühlt werden, auf eine Temperatur um -250 °C . „Zum Vergleich: Bei Instrumenten zur Beobachtung des Universums sind die Temperaturen sogar noch niedriger. Das war beispielsweise beim Planck-Weltraumteleskop der Fall, das 2009 an den Start ging. Das CSL war nicht an der Kalibrierung beteiligt, musste aber Weltraumbedingungen garantieren. Dazu wurde das Gehäuse auf 20 Kelvin (-253 °C), stellenweise sogar auf 4 Kelvin (-269 °C) heruntergekühlt! Dann aktivierte der Kunde Thales seine Kühlkreisläufe. Am Ende des letzten Kreislaufs konnte für 15 Tage eine absolute Temperatur von 0,1 Kelvin ($-273,05\text{ °C}$) erreicht werden. Der kälteste Punkt im Universum! Es war einzigartig“, schwärmt Christophe Grodent.

4 Bildgeber, 2 Sounder

Zwischen 2002 und 2015 wurden 4 Satelliten der MSG-Familie (Meteosat Second Generation) in den Orbit gebracht, die unter der gemeinsamen Verantwortung der Europäischen Weltraumorganisation [ESA](#) und der Europäischen Organisation für die Nutzung meteorologischer Satelliten [EUMETSAT](#) entwickelt wurden. Am Ende ihres Lebenszyklus angekommen, müssen diese nun ab diesem Jahr nach und nach durch MTG-Satelliten ersetzt werden.

Davon wird es sechs geben, vier mit Bildgebern (MTG-I, I für Imaging), zwei mit Soundern (MTG-S, S für Sounding). Die Unterscheidung liegt also in den an Bord befindlichen Instrumenten. Jeder der beiden MTG-S wird mit einem IRS und einem Sentinel-4-Instrument ausgestattet. Letzteres ist Bestandteil des europäischen Copernicus-Programms und misst die Konzentrationen von Gasen in Spuren Mengen sowie von Aerosolen in der Erdatmosphäre.

„Der Vorteil dieser Satelliten im Vergleich zur vorherigen Meteosat-Generation ist ihre hohe Stabilität aufgrund der drei Stabilisierungsachsen. Wir können daher auf eine sehr gute Bildqualität hoffen“, erklärt Prof. Habraken.

In der operativen Konfiguration dieser Wettersatellitenkonstellation hat der Betreiber EUMETSAT geplant, dauerhaft zwei Satelliten mit Bildgeber und einen mit Sounder einzusetzen. Die ersten Modelle, jeweils mit Imager und Sounder, dürften 2022 bzw. 2023 an den Start gehen. Das zweite Imaging-Modell dann im Jahr 2024. Die Lebensdauer jedes Satelliten liegt bei 7 Jahren, daher ist der Start des zweiten Sounding-Modells und der anderen Imaging-Modelle ab 2030 geplant.