

Europas neuer Wetterspäher im All

- **Satellit für
Wetter- und
Klimabeobachtung**
- **dSPACE-Prototyping-
System für die
Entwicklung einer
Spiegelsteuerung**
- **Langfristige
Wettervorhersagen,
umfangreiche
Daten für die
Klimaforschung**

► *Das Wetter (hier eine aufziehende Gewitterfront) spielt sich in Höhen bis zu 20 km ab. Der MetOp-Satellit sammelt Wetterdaten aus verschiedenen Höhenschichten – wichtig für genauere Wettervorhersagen.*

Am 19. Oktober 2006 startete im kasachischen Baikonur der europäische Wettersatellit MetOp (Meteorological Operational Satellite). Herzstück des Satelliten ist das IASI (Infrared Atmospheric Sounding Interferometer), ein Instrument zur Messung der Temperatur- und Feuchtigkeitsverteilung und der chemischen Zusammensetzung der Atmosphäre. Die hohe Qualität der Messungen hängt dabei entscheidend von der Steuerung einer optischen Verzögerungsstrecke ab, die von der Schweizer Firma CSEM (Centre Suisse d'Electronique et de Microtechnique) mit einem dSPACE-Prototyping-System entwickelt wurde.



Foto: NOAA

Die Atmosphäre ist nicht flach

Im Satellitenbild der Fernseh-Wettervorhersage erscheint die Atmosphäre flach. Tatsächlich spielt sich das Wetter aber in einer etwa 20 km dicken Atmosphärenschicht ab und variiert stark mit der Höhe. Genau hier setzt der MetOp-Satellit an, denn er untersucht die Atmosphäre schichtweise und liefert den Meteorologen damit ein dreidimensionales Bild des Wetters. Im Vergleich zu geostationären Satelliten in 36000 km Höhe umkreist MetOp die Erde außerdem auf einer sehr niedrigen Umlaufbahn in 820 km Höhe, die ihn auch über Nord- und Südpol führt. Seine niedrige, polare Umlaufbahn erlaubt ihm einen detaillierten Blick auf die Ozeane und die Polarregionen, die als Wetterküche der Erde gelten, jedoch von anderen Satelliten und Wetterbojen derzeit nur ungenügend erfasst werden.

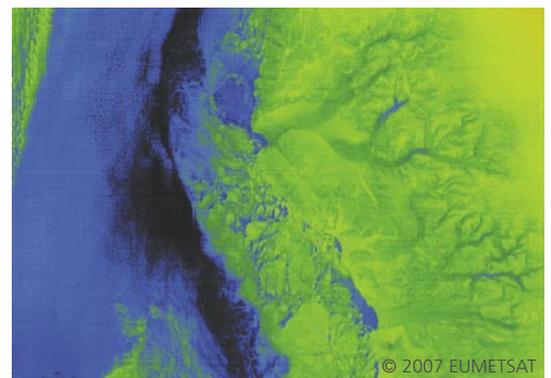
Ein Fingerabdruck des Wetters

Die dreidimensionalen Wetterbilder werden durch die Messungen des IASI (Infrared Atmospheric Sounding Interferometer) möglich. Das IASI nutzt dafür denselben Effekt, der beispielsweise auch einen Ölfilm in einer Pfütze schimmern lässt – die Interferenz, also die Überlagerung von Lichtstrahlen. Beim Ölfilm entsteht das Schimmern durch die Interferenz

„Mit dem dSPACE-Prototyping-System konnten wir die Regelung für die Spiegelsteuerung des meteorologischen Interferometers an Bord des MetOp-Wettersatelliten komfortabel entwickeln.“

Emmanuel Onillon, CSEM

der an der Ober- und Unterseite des Films reflektierten Lichtstrahlen – die Dicke des Films ist dabei entscheidend. Übertragen auf das IASI, ist der bestimmende Faktor für die Interferenz der sich ständig ändernde Abstand der Spiegel (die „optische Verzögerungsstrecke“). Wichtig ist die präzise,



© 2007 EUMETSAT

▲ *Die Westküste von Grönland, wie MetOp sie sieht. Seine Infrarotaufnahmen liefern Informationen zur Temperatur- und Feuchtigkeitsverteilung.*

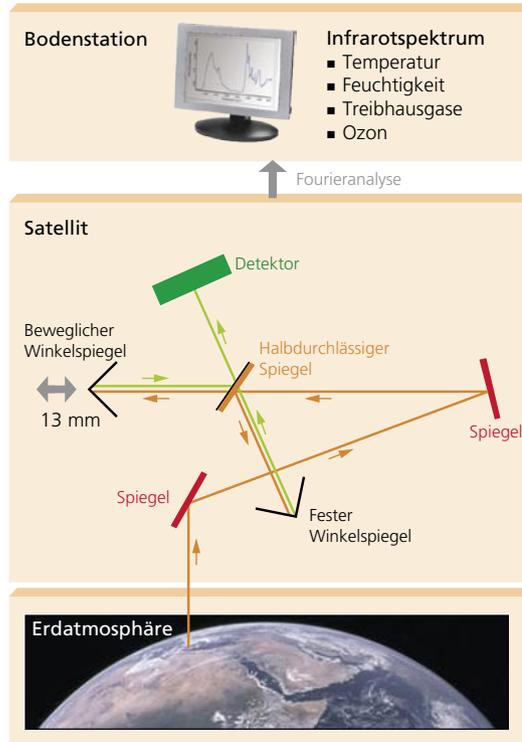
periodische Spiegelbewegung – dann entsteht im Detektor ein Interferenzmuster als „Fingerabdruck“ der Atmosphäre. Die Spiegelsteuerung hat CSEM mit einem dSPACE-Prototyping-System entwickelt, wobei neben der Präzision die Zuverlässigkeit der Steuerung entscheidend ist – denn eine Reparatur im Orbit scheidet natürlich aus.

7 Jahre präzise wie ein Uhrwerk

Der Spiegel muss sich mit einer Geschwindigkeit von 132 mm/s auf einer Strecke von 13 mm ständig vor- und zurückbewegen, und das bis zu 7 Jahre lang – der geplanten Einsatzdauer des Satelliten. Dies bedeutet bis zu 400 Millionen Bewegungszyklen, bei denen der Spiegel nicht aus dem Takt geraten darf. In dem Entwicklungsaufbau registriert die Regelung auf Basis des DS1005-Boards die Position des beweglichen Spiegels mit einer Abtastfrequenz von 2 kHz über einen optischen Encoder und errechnet daraus eine optimale Ansteuerung. Die Regelung der Spiegelbewegung basiert auf einem PID-Regler und ist selbstlernfähig, denn die Abweichungen zwischen den idealen und tatsächlichen Spiegelpositionen werden durch eine Optimierung des Regelalgorithmus immer weiter minimiert. Mit dem endgültigen Algorithmus wurde die Regelung dann im Festkommamodus erfolgreich getestet. Um optische Fehler auszuschließen, haben wir sogenannte Winkelspiegel eingesetzt, die selbst bei leichter Verkippung einfallendes Licht reflektieren – ein bekanntes Prinzip, zum Beispiel von Rückstrahlern am Fahrrad. Dennoch ist eine gradlinige Bewegung des Spiegels mit einer Abweichung von höchstens 1 µm nötig.

Langfristige Wettervorhersagen

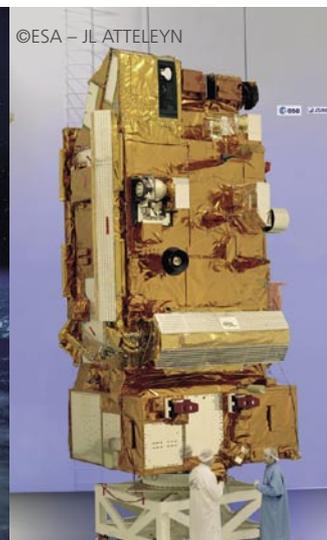
Der MetOp-Satellit bedeutet einen Riesenschritt für das Wissen über Wetter und Klima der Erde. Mit den von ihm gesammelten Daten können Meteorologen genauere



◀ Das Infrarot-Messinstrument IASI: Durch die periodische Bewegung eines Winkelspiegels entsteht im Detektor ein „Fingerabdruck“ des Wetters. Entscheidend dafür ist die präzise Spiegelsteuerung, die mit einem dSPACE-Prototyping-System entwickelt wurde.

Wetterprognosen erstellen und bestehende Klimamodelle verfeinern, um zum Beispiel den stattfindenden Klimawandel besser zu verstehen. Langfristige Wettervorhersagen bringen unschätzbare Vorteile: Mensch und Natur bekommen längere Vorwarnzeiten vor drohenden Unwettern, Verkehrsströme lassen sich reibungslos lenken und der Einsatz von Personal und Material in wetterabhängigen Branchen wird planbarer (Bauwirtschaft, Tourismus, Landwirtschaft, Energiewirtschaft etc.).

Emmanuel Onillon
CSEM
Schweiz



◀ Der MetOp-Satellit umkreist die Erde in 820 km Höhe über Nord- und Südpol. Entlang seiner Flugbahn tastet er mit dem Infrarot-Messinstrument IASI dabei ständig die Atmosphäre ab. Kleines Bild: MetOp in der Montagehalle.