



So wie in diesem Rendering sähe der Satellit Sentinel-2B im Betrieb für einen vorbeifliegenden Beobachter aus.

Ohne Sendepause

Erdbeobachtungssatellit Sentinel-2B aus der Nähe betrachtet

Die European Space Agency will Nutzer künftig ohne regelmäßige Sendepausen und ausfallsicher mit Bildern der Erdoberfläche versorgen. Der jetzt fertiggestellte Satellit Sentinel-2B soll mit ambitionierter Hightech dazu beitragen.

Von Peter Schüler

Wenn es um die Beobachtung der Erdoberfläche geht, ist die European Space Agency (ESA) Weltspitze. Sie liefert – vor allem im Rahmen des EU-Programms Copernicus – weit mehr Daten über den Planeten als etwa die NASA. Sa-

telliten in erdnahen Umlaufbahnen funken unterschiedliche Informationen zur Erde herab, darunter Fotos aus dem sichtbaren und infraroten Spektralbereich, Radarbilder und Elevationsdaten für die Höhenprofile von Landkarten.

Ein weiterer Datenlieferant, der im Auftrag der ESA in Friedrichshafen von Airbus Industries zusammengebaute Satellit Sentinel-2B, soll spätestens am 2. März 2017 in den Orbit geschossen werden. Im niederländischen Noordwijk gewährte uns die ESA einen detaillierten Blick auf das etwa eine Tonne schwere Gerät. Am dortigen European Space Research and Technology Center (ESTEC) steht eine von nur drei europäischen Vakuumkammern, in denen man das

Gerät unter einsatzähnlichen Bedingungen testen kann.

Nach Funktionskontrollen bei einem Druck von 10^{-6} mbar und Temperaturen zwischen -150 und $+150$ °C, Vibrations-tests und Prüfungen zur elektromagnetischen Verträglichkeit haben die Entwickler den Satelliten im Reinraum für Journalisten zur Schau gestellt.

Im Januar geht es für den Sentinel im Frachtflugzeug nach Kourou in Französisch-Guayana. Dort wird er auf eine Vega-Rakete montiert, betankt und gestartet.

Zum EU-Programm Copernicus gehören die sechs Missionen Sentinel-1 bis -6. Jede davon umfasst den Betrieb mehrerer Satelliten oder Geräte, die in andere Satelliten eingebaut werden. Jede dieser

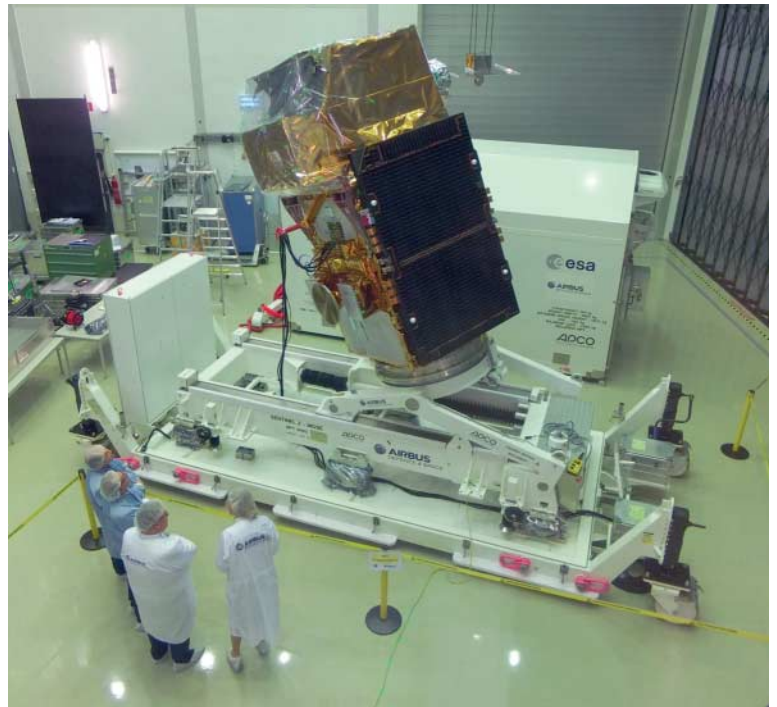
Missionen hat spezielle Messaufgaben; Sentinel-2 fotografiert Landmassen in 13 Wellenlängenbereichen vom kurzwelligen Infrarot bis zum sichtbaren Spektrum.

Datensammlung mit dem Besen

Sentinel-2A kreist seit Juni 2015 in 800 km Höhe auf einer polaren, sonnensynchronen Umlaufbahn. Etwa alle 100 Minuten passiert er den Nordpol, und da sich die Erde kontinuierlich unter der Bahn hindurchdreht, überfliegt er im Lauf der Zeit die komplette Erdoberfläche, ohne je in den Nachthimmel zu geraten. Er erfasst Daten zwischen 56° südlicher und 84° nördlicher Breite.

Als Kamera dient ein sogenannter Push-Broom-Imager, dessen Kameratechnik mit einem riesigen Besen vergleichbar ist. Der Imager hat für 13 Spektralbereiche je ein Array aus zahlreichen parallel montierten Fotosensoren, die einen 290 km breiten Streifen unter der Flugbahn scannen. Die Bildauflösung beträgt je nach Wellenlänge 10 bis 60 m.

Dieselben Angaben gelten auch für die Satelliten Sentinel-2B, -2C und -2D. Das jetzt fertiggestellte Modell 2B soll gleichzeitig mit Sentinel-2A Dienst tun. Dadurch wird jeder Ort doppelt so oft fotografiert und das Ausfallrisiko reduziert. Sentinel-2C und -2D sollen im Jahr 2021 fertiggestellt und eingemottet werden, damit man sie nach dem Einsatzen der beiden ersten Modelle jederzeit in Betrieb nehmen kann.



Im Reinraum des ESTEC ist Sentinel-2B auf dem Stativ des Transportcontainers aufgerichtet.

Hightech von alt bis ultramodern

Jeder Satellit soll sieben Jahre lang funktionieren und danach gezielt abgebremst werden. Beim Eintritt in die Atmosphäre zerlegt er sich und verglüht, ohne dass weiterer Weltraumschrott entsteht.

Apropos Weltraumschrott: Die Sentinel-Satelliten tragen acht kleine Raketenantriebswerke mit einer Schubkraft von jeweils 10 N. Das würde ausreichen, um auf der Erde eine Masse von etwa 1 kg anzuheben. Sie dienen dem tonnenschweren Satelliten zu autonomen Kurskorrekturen.

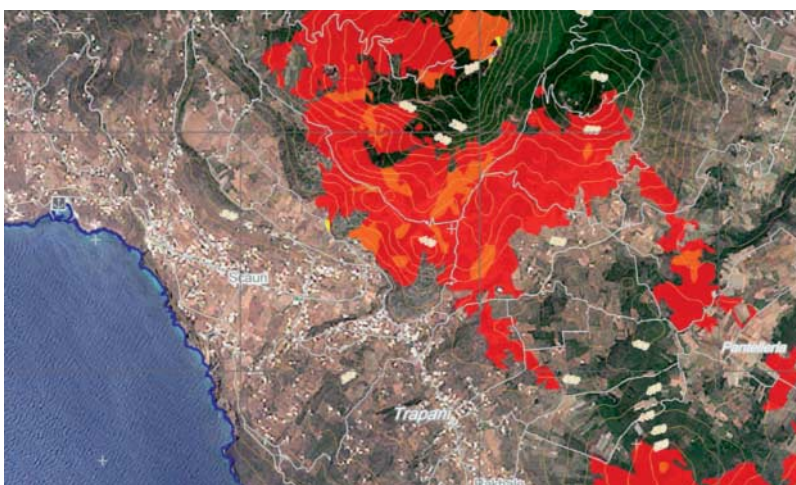
Diese Steuerrücken lassen sich aber auch fernsteuern, um Kollisionen mit Schrottpartikeln zu vermeiden. Bei solchen Ausweichmanövern verlassen sich die Missionsbetreuer auf eine ESA-Datenbank mit den Flugbahnen von mehr als 40.000 gefährlichen Partikeln.

Um sich im Orbit zurechtzufinden, hat jeder Satellit zwei GPS-Empfänger, ein Magnetometer, ein Trägheits-Navigationssystem und einen sogenannten Star Tracker an Bord. Der besteht aus drei Teleskopen, deren Sichtfelder ein Rechner mit altherwürdigem, 32-bittigem SPARC-Prozessor nach bestimmten Sternbildern durchsucht. Warum ein hochmoderner Satellit mit so einem veralteten Prozessor gesteuert wird, erklärte uns einer der ESA-Techniker mit dessen Unempfindlichkeit gegen kosmische Strahlung.

LEO an GEO: Bild ab!

Modernste Spitzentechnik steckt hinter einer Neuerung in Sentinel-2: Üblicherweise kann ein Satellit die im Lower Earth Orbit (LEO) gesammelten Daten immer nur stoßweise beim Überflug einer Bodenstation abgeben; die resultierenden Sendepausen verursachen etwa bei Hochwasser- oder Waldbrandkatastrophen fatale Zeitverluste.

Deshalb hat der aktuelle Satellit ein zusätzliches Übertragungssystem erhalten. Mit einem Festkörper-Laser und einer



Aus regelmäßig aufgenommenen Satellitenfotos lässt sich für jeden Landstrich ermitteln, wie oft er von Waldbränden betroffen ist.

Sentinel-2B von innen

Der ESA-Satellit Sentinel-2B umrundet die Erde, die man sich unterhalb des Bildes vorstellen muss, auf einem niedrigen Orbit. Im Bild sind die Seitenwände nur zur Veranschaulichung aufgeklappt; im Betrieb ist das nicht so.

2 GPS-Empfänger

8 Steuerröten für Kurskorrekturen
(verdeckt)

Treibstofftank
(ca. 140 l Hydrazin)

X-Band-Antenne
(560 MBit/s)

schwenkbare
Laser-Optik
zum Anpeilen des
Relais-Satelliten

erdabgewandte S- und
X-Band-Antennen

Star-Tracker
(optische Sensoren
zum Anpeilen von
Sternbildern zur
Orbit-Kontrolle)

S-Band-Antenne
(64 KBit/s)

erdgerichtetes
Push-Broom-Sensor-Array

Die Antennen fürs S-Band (2–4 GHz, zur Übermittlung von Steuerungsdaten) und fürs X-Band (8–12 GHz, zur Übertragung der Fotodaten an eine Bodenstation) funktionieren nur bei Ausrichtung zur Erde. Die normalerweise erdabgewandten Antennen treten nur in Aktion, wenn die regulären, erdwärts ausgerichteten Antennen etwa bei einer Fehlausrichtung des Satelliten nicht nutzbar sind.

beweglichen Optik visiert er permanent einen von zwei 45.000 km entfernten Relais-Satelliten im GEO (Geostationary Orbit) an. Die Bilddaten werden auf den Laserstrahl aufmoduliert und gelangen mit 1,8 GBit/s zum Relais-Satelliten. Dieser funkt sie als kontinuierlichen Strom zur Erde.

Der Sentinel-Laser muss dafür äußerst präzise ausgerichtet werden. Mit der erforderlichen Genauigkeit könnte man aus einer fahrenden Straßenbahn von Hannover aus permanent die Turmuhr des Hamburger Michels beleuchten. Kein Wunder, dass die Missionstechniker dieses System erst justieren wollen, wenn der Satellit eine stabile Position im Orbit eingenommen hat.

Wozu der Aufwand?

Bislang hat die ESA von Sentinel-1A und -2A mehr als 6,5 PByte Daten empfangen.

Diese sind ebenso wie die über 800.000 daraus erzeugten Landkarten-Dateien für jedermann frei verfügbar. 52.000 registrierte Nutzer haben davon schon fast 6 Millionen Mal Gebrauch gemacht. Karten und Rohdaten kann man in verschiedenen Formaten herunterladen und für eigene Auswertungen nutzen. Landwirte erhalten daraus zum Beispiel Aufschlüsse über das Pflanzenwachstum auf ihren Äckern, und Kommunalplaner können verfolgen, wie sich Geländeusage, Besiedlung und Umweltbedingungen gegenseitig beeinflussen.

Die wachsende wirtschaftliche Bedeutung der Satellitenbilder erkennt man auch daran, dass die EU diese Daten mit dem Copernicus-Projekt über Jahrzehnte hinweg kontinuierlich und ausfallsicher bereitstellen will. Passend dazu hat die ESA im November eine Kooperation mit SAP verkündet, um Satelliten-Daten kom-

fortabel für Unternehmen nutzbar zu machen.

Auf der SAP TechEd im November zeigte die Münchner Rückversicherungsgesellschaft einen Dienst, der Regionen anhand der ESA-Daten kontinuierlich nach Schäden durch Waldbrände kategorisiert. Als Microservice hilft er der Versicherungssoftware, die Waldbrandgefahr zu berücksichtigen und Trends zu ermitteln. Unter der Parole „Big Data to Smart Data“ sollen Software-Entwickler ähnliche Dienste für konkrete Fragestellungen programmieren und auf einer Pay-per-use-Basis über ein neu eingerichtetes SAP-Portal vermarkten. (hps@ct.de) **ct**

Reise- und Unterbringungskosten für den Besuch der SAP TechEd und die Satellitenbesichtigung im ESTEC haben SAP und die ESA getragen.

Begleitinformationen: ct.de/y3qa