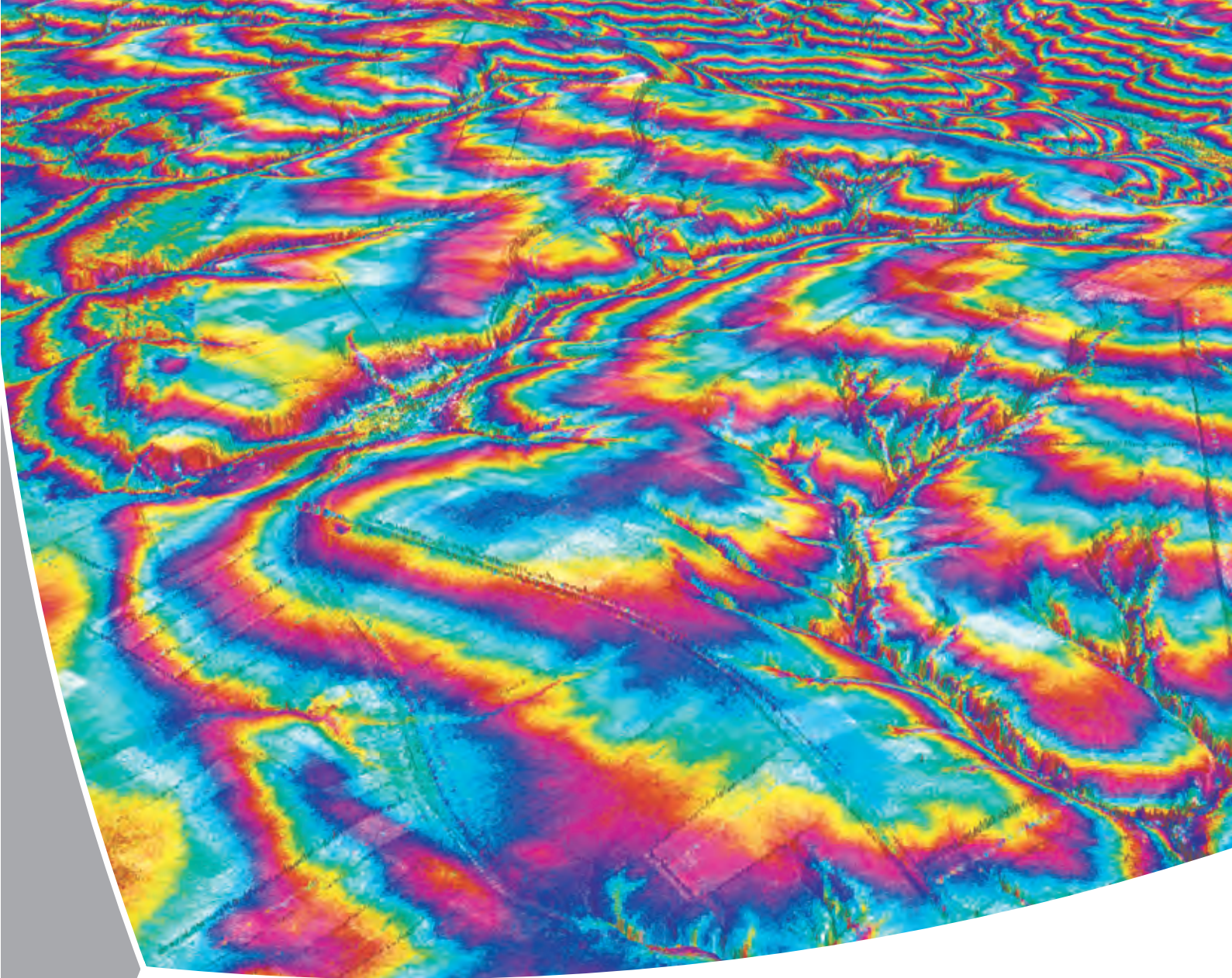




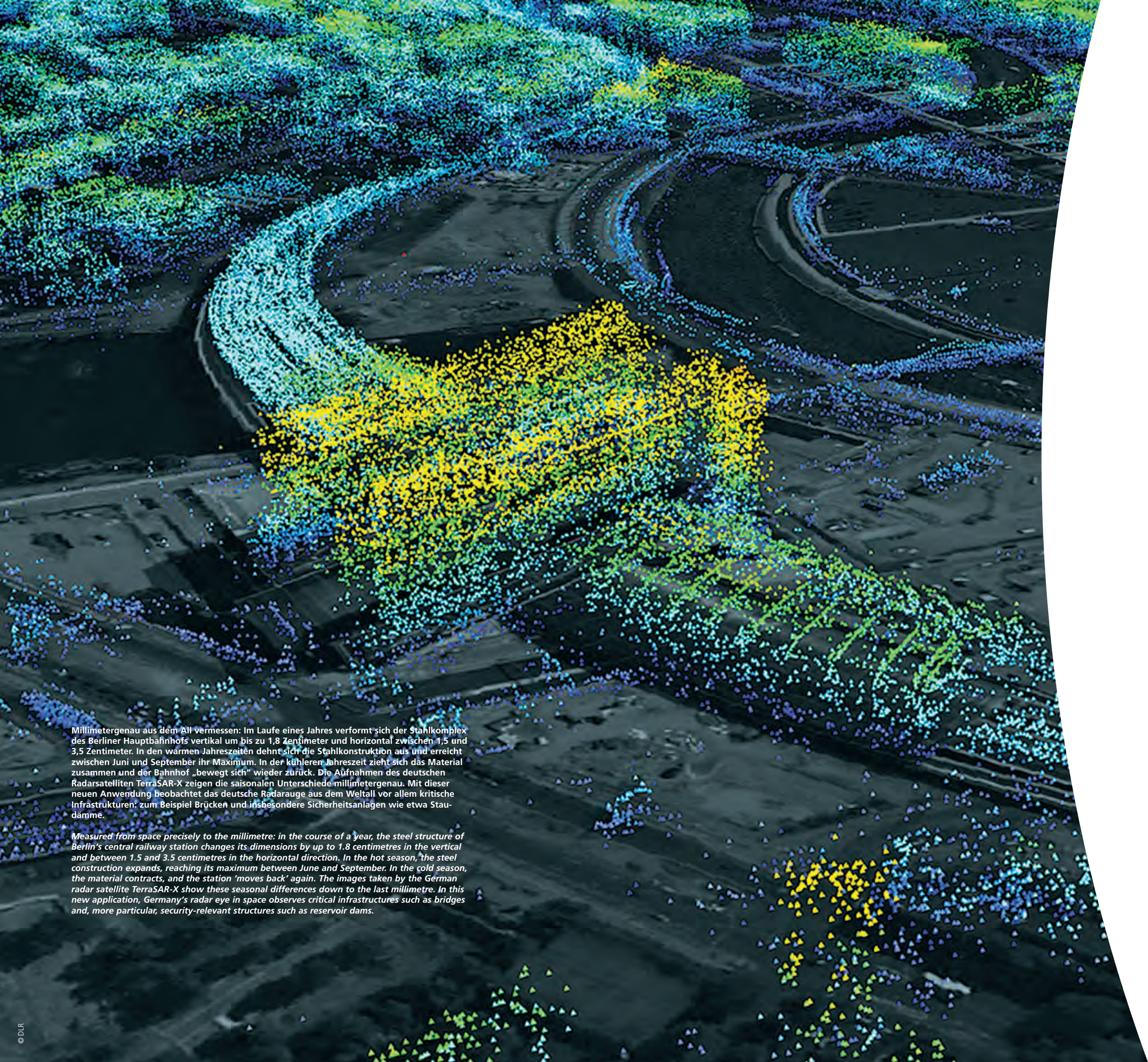
Erdbeobachtung –

Unseren Planeten erkunden,
vermessen und verstehen

Earth Observation –

*Discovering, Surveying, and
Understanding Our Planet*





Millimetergenau aus dem All vermessen: Im Laufe eines Jahres verformt sich der Stahlkomplex des Berliner Hauptbahnhofs vertikal um bis zu 1,8 Zentimeter und horizontal zwischen 1,5 und 3,5 Zentimeter. In den wärmen Jahreszeiten dehnt sich die Stahlkonstruktion aus und erreicht zwischen Juni und September ihr Maximum. In der kühleren Jahreszeit zieht sich das Material zusammen und der Bahnhof „bewegt sich“ wieder zurück. Die Aufnahmen des deutschen Radarsatelliten TerraSAR-X zeigen die saisonalen Unterschiede millimetergenau. Mit dieser neuen Anwendung beobachtet das deutsche Radarauge aus dem Weltall vor allem kritische Infrastrukturen: zum Beispiel Brücken und insbesondere Sicherheitsanlagen wie etwa Staudämme.

Measured from space precisely to the millimetre: in the course of a year, the steel structure of Berlin's central railway station changes its dimensions by up to 1.8 centimetres in the vertical and between 1.5 and 3.5 centimetres in the horizontal direction. In the hot season, the steel construction expands, reaching its maximum between June and September. In the cold season, the material contracts, and the station 'moves back' again. The images taken by the German radar satellite TerraSAR-X show these seasonal differences down to the last millimetre. In this new application, Germany's radar eye in space observes critical infrastructures such as bridges and, more particular, security-relevant structures such as reservoir dams.

Inhalt Content

Umwelt- und Naturschutz
Nature and Environment 6

Klimawandel
Climate Change 14

Wetter vorhersagen
Forecasting the Weather..... 22

Katastrophen bewältigen
Coping with Disasters 28

Landwirtschaft präzisieren –
Welternährung sichern helfen
Precision Farming – Food Security..... 36

Verkehr sichern
Safe Transport..... 42

Bodenschätze finden –
Bergbaufolgen überwachen
*Detecting Resources –
Monitoring Mining Damage*..... 48

Die Erde vermessen –
Veränderungen erfassen
*Surveying the Earth –
Monitoring Change* 54

Erdbeobachtungs-Technologie
Earth Observation Technology..... 60



Rot-weiß-schwarzes Farbspiel: Der grönländische Jakobshavn-Gletscher ist einer der schnellsten Gletscher der Welt. Mit bis zu 35 Metern pro Tag wandert die Eismasse Richtung Meer. Durch die Klimaveränderung ist auch dieser Gletscher bedroht. Durch den Vergleich von Satellitenaufnahmen aus unterschiedlichen Jahren lässt sich der Fortschritt der Gletscherschmelze dokumentieren.

A symphony in red, white and black: Greenland's Jakobshavn glacier is one of the fastest-moving glaciers of the world. Flowing at a rate of 35 metres per day, its ice masses head for the sea. The recent change in the climate poses a threat to this glacier, too. Its meltdown can be documented by comparing satellite images of several years.

Liebe Leserin, lieber Leser,

unser heutiges Leben verlangt ein viel umfassenderes Wissen als noch vor einer Generation: Globaler Wandel, nachhaltige Entwicklung unseres Lebensraums, dosierter Ressourcenverbrauch, Absicherung unserer Mobilität und Stellung im internationalen Wettbewerb um Spitzentechnologie, Bewältigung von Krisensituationen und Minderung der Risiken, die von natürlichen, technologischen und kriminellen Gefahren drohen, stellen uns vor große Herausforderungen. Die Satellitenbeobachtung der Erde kann uns helfen, diese Aufgaben zu meistern. Sie ist heute für Politik, Wirtschaft und uns Bürger von strategischer Bedeutung.

Die derzeitige Satellitentechnik erlaubt es, Gegenstände von unter einem Meter Größe aus 800 Kilometer Entfernung zu erkennen. Verschiedenste Parameter wie etwa die Wasser- und Luftzusammensetzung, der Zustand von Feldfrüchten und Wäldern oder Bodenbewegungen im Millimeterbereich werden genau erfasst. Das deutsche Erdbeobachtungsprogramm bedient das komplette Spektrum dieser Fähigkeiten. Im Bereich der X-Band-Radartechnologie sind die Missionen TerraSAR-X und TanDEM-X weltweit führend. Auch bei den notwendigen Techniken am Boden, die zum Betrieb der Satelliten und für Empfang, Verwaltung und Verteilung der vielen gewonnenen Daten an die Nutzer nötig sind, hat Deutschland die Nase vorn.

Viele Aufgaben in der Erdbeobachtung bewältigt Deutschland nicht allein, sondern im Verbund mit unseren europäischen Partnern. Erd- und Klimawissenschaftliche Forschungssatelliten setzen wir mit der Europäischen Weltraumorganisation ESA um. Wettersatelliten wie Meteosat werden durch EUMETSAT, die europäische Organisation für meteorologische Satelliten, betrieben. Im Copernicus-Programm (ehemals bekannt unter Global Monitoring for Environment and Security, GMES) gestalten wir im Rahmen der Europäischen Union eine zuverlässige und nachhaltige Erdbeobachtung. Hierfür werden verschiedene Satelliten in Serie gebaut, damit jeder Punkt auf der Erde oft genug und fortwährend erfasst werden kann, um Veränderungen oder Gefahren für Wälder und Ackerflächen, unsere Luft und Gewässer flächendeckend für Europa und die Welt zu erkennen. Deutschland engagiert sich darüber hinaus aber auch in internationalen Netzwerken und Initiativen. Hier werden weltweit koordiniert Daten, beispielsweise für die Hilfe nach großen Naturkatastrophen oder den Tropenwaldschutz, zur Verfügung gestellt.

Mit moderner satellitengestützter Erdbeobachtung entstehen neue Anwendungen und Geschäftsmodelle. Ein Markt, der nicht zuletzt jungen Wissenschaftlern, Ingenieuren und Unternehmen Chancen eröffnet und zu Wirtschaftswachstum und der Schaffung attraktiver Arbeitsplätze beiträgt. Schon heute treiben die kleinen und mittleren Unternehmen die Wertschöpfungskette der Erdbeobachtung an. Das Deutsche Zentrum für Luft und Raumfahrt (DLR) mit seinem Management der nationalen und europäischen Programme sowie seinen über Deutschland verteilten Zentren für Satellitenkontrolle und Empfang, Verarbeitung und Weiterverteilung von Erdbeobachtungsdaten ist ein wichtiges Glied in dieser Kette.

Deutschland spielt aufgrund seiner großen Erfahrung, seines Know-hows, seiner internationalen Verflechtungen, aber auch seiner Infrastruktur auf dem Feld der Erdbeobachtung eine führende Rolle. Die vorliegende Broschüre gibt einen Überblick über das deutsche Engagement in der Entwicklung und Nutzung von Erdbeobachtungstechnologien.

Dear reader,

Life today is much more about knowledge than it was a generation ago. Global change, a sustainable development of our habitats, an efficient use of resources, securing our mobility and our competitive position in the world of advanced technology, the need to deal with crises and to minimise the risks imposed on us by natural, technological, and criminal hazards, all this puts us before huge challenges. Earth observation by satellite can help us stay on top of these tasks. Earth observation has become a strategic benefit for policymakers, industry, and citizens.

Current satellite technology enables us to see objects of less than a metre in size from a distance of 800 kilometres. A whole range of parameters can be remotely analysed, such as the composition of water and air, the status of crops and forests, or soil displacements in the millimetre range. Germany's Earth observation programme covers the entire spectrum of these capabilities. In the field of X-band radar technology, the TerraSAR-X and TanDEM-X missions are among the world's best. Germany is also in the lead when it comes to ground-segment technology, which is required to manage the operation of satellites and the reception, administration, and distribution to end users of the vast amount of data generated.

Many of the Earth observation activities are not handled by Germany alone, but in concert with our European partners. Earth science and climate research satellites are implemented as collaborative projects with the European Space Agency, ESA. Weather satellites, such as Meteosat, are operated by EUMETSAT, the European organisation in charge of meteorological satellites. We play a constructive part in a range of reliable and sustainable Earth observation services under the European Union's Copernicus programme (formerly known as Global Monitoring for Environment and Security, GMES). The programme uses various types of serially manufactured satellites to ensure that every corner of the world can be observed frequently enough and on a continuous basis, watching out for any variations, or hazards, affecting forests, arable land, air, or bodies of water, both in Europe as well as on a world-wide scale. Looking beyond Europe, Germany is also engaged in international networks and initiatives, making available globally coordinated data to support emergency operations anywhere in the world after major disasters, or to help protect tropical rain forests.

Modern satellite-assisted Earth observation has initiated new applications and business models. It has created a market that opens up opportunities not least for young scientist, engineers, and entrepreneurs, driving economic growth and creating attractive jobs. It is evident that small and medium-sized firms have become the powerhouse of the Earth observation value chain. The German Aerospace Center (DLR), which manages national and European programmes and operates several distributed ground stations for satellite control and the reception, processing, and distribution of data, is an important link in this chain.

An extensive body of experience and expertise, a high level of international involvement, but also the infrastructure Germany has built, have given this country a leading position in the field of Earth observation. This brochure presents an outline of Germany's activities in the development and exploitation of Earth observation technologies.



Algenblüte am Nordkap: In der Barentssee – ganz in der Nähe des nördlichsten Punktes Europas – beobachtete der Umweltsatellit Envisat mit seinem MERIS-Instrument die Blüte des Phytoplanktons.

Algae bloom off the North Cape. In the Barents Sea, close to Europe's northernmost point, the MERIS instrument on the environmental satellite Envisat watched the phytoplankton bloom in progress.

UMWELT- UND NATURSCHUTZ

Das 1989 in Kraft getretene Montreal-Protokoll zum Schutz der Ozonschicht gilt als erstes internationales Abkommen im Bereich des Umweltschutzes. Es ist eine direkte Folge der Entdeckung des „Ozonlochs“ über der Antarktis. Heute messen Satelliten nicht nur eine Vielzahl von Spurenstoffen in der Atmosphäre und überwachen die polaren Eiskappen. Sie liefern auch Daten aus unserer alltäglichen Umgebung, unterstützen den Schutz von Lebensräumen wie etwa des Wattenmeeres und entdecken Ölfilme im Meer.

NATURE AND ENVIRONMENT

The Montreal Protocol on the protection of the ozone layer which came into force in 1989 is regarded as the first international agreement on environmental protection. It came about as a direct consequence of the discovery of the 'ozone hole' above the Antarctic. Today, satellites not only measure a multitude of trace gases in the atmosphere and monitor the polar ice sheets. They also supply data on man-made emissions, support the protection of habitats like tidal flats, and detect oil spills at sea.



Vom Weltraum aus lassen sich Vegetationsunterschiede besonders gut erkennen: Nadelwald erscheint in extremem Dunkelgrün, Laubwald in Dunkelgrün, Grasland in Hellgrün, bewirtschaftetes Ackerland in Gelb und verschneite Gegenden in Weiß. So lassen sich aus dem All die Nutzflächen unterscheiden und die Flächengröße bestimmen.

Differences in vegetation can be seen very clearly from space. Coniferous forests appear in extremely dark green, broadleaf forests in dark green, grassland in pale green, arable land appears in yellow, and snow-covered surfaces are white. This is how agricultural and forestry areas can be clearly distinguished, and the exact size of each area can be measured.

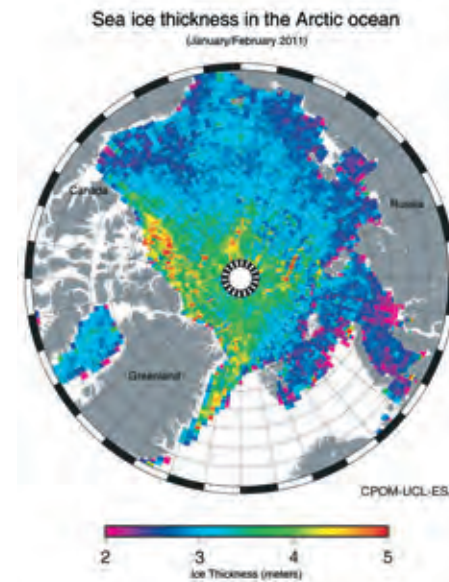
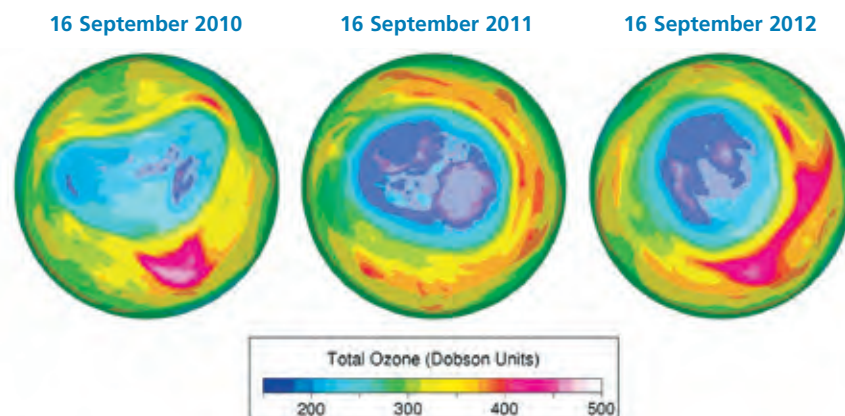
Vor 25 Jahren – am 16. September 1987 – wurde das Montreal-Protokoll unterzeichnet. In dem bislang wichtigsten Klimaschutzdokument haben sich 191 Staaten dazu verpflichtet, die Ozon zerstörenden Fluorchlorkohlenwasserstoffe – besser bekannt als FCKW – nicht länger zu produzieren. Da diese aber eine Lebensdauer von mehreren Jahrzehnten besitzen, wird sich das Ozonloch über dem Südpol voraussichtlich erst zwischen 2060 und 2075 schließen. Eine ständige Kontrolle ist deshalb unerlässlich.

Dank der Messinstrumente „GOME“ an Bord des europäischen Radarsatelliten ERS-2 und „SCIAMACHY“ auf dem bisher größten europäischen Satelliten Envisat konnten Wissenschaftler die Entwicklung der globalen Ozonschicht und insbesondere des Ozonlochs seit 1996 ununterbrochen verfolgen. Neben der Ozonkonzentration hat SCIAMACHY bis zum Ausfall von Envisat am 8. April 2012 auch Chlor-, Brom- und Stickstoffverbindungen erfasst, die ebenfalls direkt am Ozonabbau beteiligt sind.

In eingeschränkter Form hat das Instrument GOME-2, das bereits seit 2006 auf dem Wettersatelliten MetOp-A aktiv ist, diese Aufgabe übernommen. Die baugleichen Satelliten MetOp-B und -C werden bis ins Jahr 2020 die Messungen fortsetzen. Die GMES-Missionen Sentinel-4 und -5 werden anschließend die reguläre Überwachung des Ozonlochs langfristig übernehmen.

Mit dem deutsch-niederländischen Instrument SCIAMACHY auf dem europäischen Umweltsatelliten Envisat lassen sich die Ozonwerte über den Polen bestimmen. Die Daten werden dann in Karten eingetragen. Von diesen Ozonwertbestimmungen profitieren unter anderem auch die Wetterdienste, die bei Extremwerten Warnungen aussprechen können.

The Dutch-German-built SCIAMACHY instrument installed on the European environmental satellite Envisat can determine atmospheric ozone concentrations above the poles. The data obtained are entered in maps. These ozone data benefit meteorological services, enabling them to issue warnings in the case of extreme levels.



The Montreal Protocol was signed 25 years ago, on September 16, 1987. In this, the most important climate protection document so far, 191 states committed to cease producing chlorofluorocarbons – better known under the name of CFCs – which destroy ozone. However, as these substances have a life of several decades, the ozone hole above the South Pole will probably not disappear until sometime between 2060 and 2075. For this reason, constant surveillance is indispensable.

Thanks to two measuring instruments, GOME on board the European ERS-2 radar satellite, and SCIAMACHY on Envisat, the largest European satellite so far, scientists have been able to monitor the development of the global ozone layer and, more particularly, the ozone hole without interruption since 1996. Until Envisat failed on April 8, 2012, SCIAMACHY measured the concentration not only of ozone but also of certain chlorine, bromine, and nitrogen compounds which are also directly involved in the depletion of ozone.

On a limited scale, this task was taken over by the GOME-2 instrument that has been active on the MetOp-A weather satellite since 2006. Measurements will be continued until 2020 by two satellites of identical construction, MetOp-B and C. Subsequently, the Sentinel-4 and 5 Copernicus (previously known as GMES) missions will regularly monitor the ozone hole on a long-term basis.

However, just as worthy of protection as the ozone layer above the Poles are the ice caps themselves. Although they are far away from any densely populated region, their influence on the human habitat is significant. The USA's National Snow and Ice Data Center and the European Space Agency agree that the sea ice in the Arctic decreased more than ever before in 2012, as measurements taken by ESA's CryoSat-2 and SMOS satellites show. Having melted considerably beyond the former negative record, the polar ice cap lost an area as large as Germany and France together. The size of the Arctic ice sheet fluctuates with

Mit dem europäischen Satelliten CryoSat-2 lässt sich die Meereisdicke im arktischen Ozean bestimmen und kartieren. Dank seiner polaren Umlaufbahn konnte erstmals die Meereisdicke rund um den Nordpol vollständig erhoben werden.

Data from Europe's CryoSat-2 satellite can be used to measure and map the thickness of marine ice in the Arctic Ocean. Thanks to its polar orbit, it has been possible to build a complete record of the ice thickness around the North Pole.

the season. In March, it stretches farthest, usually reaching the coastlines of Siberia and Canada. The ice sheet is at its smallest when the Arctic summer ends, in September. The average minimum measured by satellites at this time ranged around 7.5 million square kilometres between 1979 and 2000. In 2007, however, something like a new era began: the size of the ice sheet shrank to somewhat less than 4.2 million square kilometres. This record held for nearly five years, with the size of the sheet remaining far below the former mean in every September. In 2012, however, it had fallen below the minimum of 2007 by the end of August, and in September, it amounted to less than 3.4 million square kilometres. One major cause is the general warming of the Arctic as a result of climate change, the effect of which in the high northern latitudes is three times as powerful as the global mean. The bright surface of the ice reflects a great deal of sunlight back into space, and its dwindling size means that the Sun's rays fall directly on the dark waters of the ocean, where they are absorbed, warming the Arctic ocean so that the ice melts all the faster.

Still, a major proportion of the uncertainties in today's climate models are due to the fact that the available measurement data about the polar ice and its development are very imprecise. This gap is closed to a large extent by the European CryoSat-2 climate satellite that was launched in April 2010. The satellite's heart consists of two synthetic-aperture radar antennas. Its distance to the surface can be determined from the run time of the radar pulses between emission and reception. The great advantage is that the method remains effective even in the long polar nights and through clouds. The outstanding feature about CryoSat-2 is its two radar antennas. Like humans, who can see in three dimensions thanks to having two eyes, CryoSat's twin-antenna radar scans the surface very accurately. Thus, the satellite is able to determine not only the spread of the ice but also any change of mass with extreme precision, because it can detect differences in height of no more than two centimetres. Only this precision permits identifying seasonal changes in ice thickness, including that

so stark auswirkt wie im Mittel der Erde. Wenn die helle Eisfläche verschwindet, die viel Sonnenlicht ins All zurückwirft, fallen die Sonnenstrahlen auf das dunkle Wasser des Ozeans und werden absorbiert. Hierdurch erwärmt sich das arktische Meer und das Eis schmilzt daraufhin umso schneller.

Dennoch liegt ein großer Teil der Unsicherheiten in den heutigen Klimamodellen darin begründet, dass über das polare Eis und dessen Entwicklung nur sehr ungenaue Messergebnisse vorliegen. Diese Lücke schließt v. a. der im April 2010 gestartete europäische Klimasatellit CryoSat-2. Herz des Satelliten sind zwei Synthetic-Aperture-Radarantennen. Aus der Laufzeit der ausgesandten und wieder empfangenen Pulse lässt sich die Entfernung des Satelliten zur Oberfläche bestimmen. Der besondere Vorteil: Dieses Verfahren funktioniert auch in den langen Polarnächten und durch Wolken hindurch. Das Besondere an CryoSat-2 ist, dass er zwei Radaran-tennen besitzt. Ähnlich wie Menschen mit ihren beiden Augen räumlich sehen können, tastet Cryosats Doppel-Radar die Oberfläche sehr genau ab. So kann der Satellit neben der Ausbreitung des Eises auch dessen Masseänderung sehr genau bestimmen. Dies erreicht der Satellit, indem er Höhenunterschiede von nur zwei Zentimetern messen kann. Nur mit dieser Genauigkeit lassen sich jahreszeitliche Änderungen in den Eisdicken erkennen. Dies gilt auch für schwimmendes Meereis. Das kann mehrere Meter dick sein, ragt aber nur einige Dezimeter weit aus dem Wasser heraus. Um die Gesamtmasse des Eises zu ermitteln, muss CryoSat-2 also die sprichwörtlichen Spitzen der Eisberge exakt vermessen. Der im Rahmen des ESA-Programms „Living Planet“ realisierte Satellit

CryoSat-2 wurde unter deutscher Industrieleitung in Friedrichshafen gebaut. Der Satellit funktioniert exzellent und hat bereits komplette Karten der arktischen Meereisdicke geliefert. Im April 2012 wurde eine erste Karte der Veränderungen der Eismassen vorgelegt.

Mit steigender räumlicher, zeitlicher und spektraler Auflösung der Satellitenaufnahmen werden diese zunehmend auch für regionale Anwendungen interessant. Es ist beispielsweise möglich, Vegetationsarten zu unterscheiden sowie Pflanzenwachstum und Pflanzenzustand zu beurteilen. Damit lassen sich unter anderem Waldbestände oder landwirtschaftlich genutzte Flächen inventarisieren, kranke von gesunden Bäumen unterscheiden, Ernteprognosen erstellen und vieles mehr.

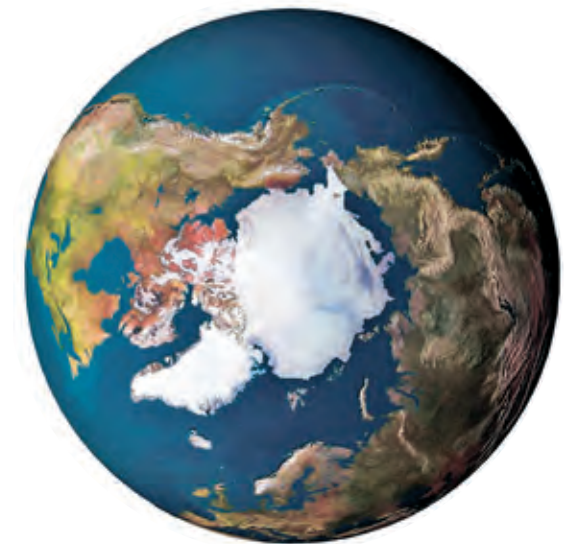
Für die Berichtspflichten von Landes- und Bundesbehörden für Agrar-, Umwelt-, Wasser-, Boden- und Naturschutz-Anwendungen sowie für die Raumplanung gegenüber der EU oder auch den UN-Umweltkonventionen besteht großer Informationsbedarf, der zunehmend mit Satellitenprodukten gedeckt wird. So müssen beispielsweise ausgewiesene Naturschutzflächen, versiegelte oder agrarsubventionierte Flächen in regelmäßigen Abständen neu erfasst werden. Im Rahmen des vom DLR geförderten DeCover-Programms wurden Verfahren entwickelt, die weitgehend automatisch – und damit kostengünstig – vorhandene, ältere Datensätze mit aktuell aufgenommenen TerraSAR-X- und RapidEye-Daten vergleichen und Veränderungen erkennen. Im Copernicus-Programm wird ein europaweiter Landservice betrieben, der solche Datenprodukte in verschiedenen Maßstäben regelmäßig zur Verfügung stellt.

of sea ice. While the latter may be several metres thick, its ‘free-board’ above the waterline is no more than a few tens of centimetres. To determine its total mass, CryoSat-2 needs to measure the height of the proverbial tip of the iceberg with great precision. Realised under ESA’s Living Planet programme, the CryoSat-2 mission was built in Friedrichshafen under German industrial leadership. Working perfectly, the satellite has already produced complete maps showing the thickness of the Arctic sea ice. Its first map of ice-mass changes was presented in April 2012.

As spatial, temporal, and spectral resolution improves, satellite images become more and more interesting in regional applications. Thus, for example, they permit distinguishing between different kinds of vegetation and assessing the growth and condition of plants. This, in turn, permits taking stock of forests and farmlands, distinguishing between diseased and healthy trees, forecasting harvest yields, and many other things.

To comply with statutory reporting requirements of the EU and under UN environmental conventions, state and federal authorities handling agricultural, environmental, water, and soil pollution control, conservation agencies as well as regional developers have a major need for information, which is increasingly met by satellite products. Thus, for example, designated nature reserves, built-up and sealed areas, and areas for which agricultural subsidies are received must be re-registered at regular intervals. Under the DeCover programme, funded by DLR, methods have been developed for automatically – and thus cost-efficiently – comparing older data records with current TerraSAR-X and RapidEye data and identifying changes. Under the Copernicus programme, a Europe-wide land service is in operation which regularly makes such data products available in a variety of scales.

The DeMarine programme is DeCover’s counterpart at sea. Satellites supply it with important data relating to surface temperature, salinity, ice coverage, wave height, and the concentrations of chlorophyll and suspended matter. Moreover, information about wind and current movements can be derived from measurements of the surface roughness of oceans. Such data are now widely applied in the shipping and fishery sectors, and they also serve to identify oil slicks.



Unterschiedliche Jahreszeiten über den Polen: Während in der Arktis (oben) der Sommer Einzug hält, herrscht in der Antarktis Winter.

Different seasons over the two poles. While summer is approaching in the Arctic (top), winter reigns in Antarctica.

Auch die Eisdicke über dem Antarktischen Festland lässt sich vom All aus messen und in Karten darstellen.

The thickness of the ice sheet covering the Antarctic mainland can equally be determined from space, and recorded on a map.

1987

2003

2006

2011

Das DeMarine-Programm ist das Pendant von DeCover auf See. Satelliten liefern hierfür wichtige Größen wie Oberflächentemperatur, Salzgehalt, Eisbedeckung und Wellenhöhe sowie die Konzentrationen von Chlorophyll oder Schwebstoffen. Außerdem lassen Messdaten zur Oberflächenrauigkeit der Meere auf Wind- und Strömungsverhältnisse schließen. Diese Daten nutzen mittlerweile Fischerei und Schifffahrt, außerdem dienen sie der Entdeckung von Ölteppichen.

Teilprojekte im Rahmen von DeMarine konzentrierten sich auf die Überwachung der Wasserqualität von Küstengewässern oder des Wattenmeeres, zumal dieses den Fauna-Flora-Habitat- und Vogelschutz-Richtlinien der EU unterliegt und berichtspflichtig ist. Der kontinuierliche Gezeitenwechsel und der schlecht begehbare Boden machen das Wattenmeer zu einem schwer zugänglichen Gebiet und somit zum idealen Einsatzgebiet für die satellitengestützte Erdbeobachtung. Mit der Kombination von optischen und Radardaten lassen sich Sedimente und Sandflächen ebenso wie auch Seegrasflächen und Grünalgenvorkommen über neue Verfahren sehr gut identifizieren.

Ein anderes Projekt widmet sich der Verbesserung der Driftprognose von Ölfilmen beispielsweise nach illegalen Verklappungen. Die aus Satellitendaten gewonnenen Informationen zu einem möglichen Ölfleck werden so aufbereitet, dass sie einem Strömungsmodell als Eingangsparameter zeitnah und automatisiert zur Verfügung stehen. Vor allem Ausdehnung und Form einer Verschmutzung können berücksichtigt werden. Die Vorhersagen für die Ausbreitung eines Ölflecks liefern u. a. dem Havariekommando wichtige Entscheidungshilfen für Bekämpfungsmaßnahmen.

Copernicus

Im Juni 2001 beschlossen die Europäische Kommission und die Europäische Weltraumorganisation ESA den gemeinsamen Aktionsplan Global Monitoring for Environment and Security (GMES). Im Dezember 2012 wurde GMES dann in Copernicus umbenannt. Die EU-Initiative verknüpft eine Vielzahl an Erdbeobachtungsdaten in einem europäischen Informationssystem für die globale Umwelt- und Sicherheitsüberwachung. Satellitengestützte Erdbeobachtung wird mit terrestrischen, flugzeuggestützten, maritimen und weiteren Datenquellen verknüpft. Bestehende europäische Satelliten, wie die Wettersatelliten von EUMETSAT und nationale und kommerzielle Kapazitäten wie TerraSAR-X und RapidEye werden gezielt durch fünf Satellitenfamilien, die Sentinels („Wächter“), ergänzt. So entstehen verlässliche Dienste für die Bereiche Umwelt, Klimaschutz, Raumordnung, Verkehr, humanitäre Hilfe, Entwicklungshilfe und sicherheitsrelevante Themen. Ziel ist ein dauerhaft verfügbares und nutzerfreundliches System zur Unterstützung von Entscheidungsträgern in Politik, Behörden und Wirtschaft in Europa. Copernicus ist aber auch als europäischer Beitrag für internationale Initiativen wie das Global Earth Observation System of Systems (GEOSS) konzipiert.

Seit Beginn des Erstbetriebs 2011 stehen erste operationelle Dienste für Notfallkartierung und Landüberwachung sowie prä-operationelle Dienste für Ozean- und Atmosphärenmonitoring bereit, die sukzessive weiter operationalisiert und durch weitere Dienste ergänzt werden. Mit dem Start der Sentinel-Satelliten (ab Ende 2013) wird Copernicus seine volle Betriebsfähigkeit erreichen.

DeCover, DeMarine und das Projekt DeSecure zur Herstellung von Geoinformationen in Katastrophenfällen sind Beiträge zur Vorbereitung der Nutzung in Deutschland. Diese Aktivitäten werden durch ein nationales Copernicus-Pilotprogramm ergänzt, welches eine Reihe gezielter Fördermaßnahmen bei Behörden in Deutschland umfasst.

Sub-projects of DeMarine focus on monitoring water quality in coastal waters and tidal flats, particularly because these fall under the EU's Fauna-Flora Habitat and Bird-Protection Directives, and reports are obligatory. Because tides change continuously and the ground is difficult to walk on, tidal flats are difficult to access, which makes them an ideal target for satellite-based Earth observation. By combining optical and radar data, sediments and sandbanks can be studied, and new methods make it easy to identify sea-grass beds and populations of green algae.

Another project is dedicated to improving forecasts of the drift of oil slicks caused by, for instance, illegal dumping at sea. Information extracted from satellite data on what may be an oil slick is processed and immediately and automatically fed into an ocean current model. Data mainly relate to the spread and type of pollution. Among other things, forecasting the spread of an oil spill helps the response teams decide how to combat the pollution.

Gletscher verändern im Laufe der Jahre ihr Aussehen. Mit Erdbeobachtungssatelliten kann man diesen Verlauf aufzeichnen und dokumentieren. Während die Eiszunge des Columbia-Gletschers in Alaska im Jahr 1987 noch sehr weit in den Prinz-William-Sund hineinreichte, schmolz diese Zunge im Jahr 2003 fast ganz ab. Im Jahr 2008 erholte sich der Tidengletscher wieder und im Jahr 2011 bedeckte eine Eisschicht große Teile des Prinz-Williams-Sunds.

Glaciers change their appearance over the years. Scientists can use data from Earth observation satellites to record and document this variation. While the icy tongue of the Columbia Glacier in Alaska reached very far into the Prince William Sound in 1987, this tongue melted away almost completely in 2003. In 2008, the tidal glacier recovered, and in 2011 a large sheet of ice covered a major part of the Prince William Sound.

Copernicus

In June 2001, the European Commission and the European Space Agency adopted a joint action plan called Global Monitoring for Environment and Security (GMES). In December 2012, GMES was renamed Copernicus. Under this EU initiative, a multitude of Earth observation data are joined together to form a European information system for global environment and security monitoring. Satellite-based Earth observation data are linked up with information from terrestrial, airborne, maritime, and other sources. Existing European satellites such as the EUMETSAT weather satellites as well as national and commercial capacities like TerraSAR-X and RapidEye are complemented by five satellite families, the Sentinels. Together, they provide dependable services for environmental and climate protection, regional planning, transport, humanitarian and development aid, and security. The objective is to establish a permanently available and user-friendly system to support decision-makers in European politics, government authorities, and business. Copernicus is also designed as a European contribution towards international initiatives like the Global Earth Observation System of Systems (GEOSS).

Since its beginnings in 2011, Copernicus has been providing initial services for emergency mapping and land monitoring as well as delivering pre-operational services for ocean and atmosphere monitoring missions, which have meanwhile been further operationalised and complemented by additional services. Once the Sentinel satellites have been launched (from the end of 2013), Copernicus will be fully operational.

DeCover, DeMarine, and the DeSecure project for providing geo-information in case of disasters serve to prepare the exploitation of Copernicus in Germany. These activities are complemented by a national Copernicus pilot programme which comprises a number of targeted funding initiatives by German government agencies.



Symbol des Klimawandels: Keiner verkörpert den Klimawandel besser als der Eisbär. Die fortschreitende Erderwärmung befreit die Pole zusehends von ihrer Eisschicht und grenzt den Lebensraum dieser bedrohten Spezies immer stärker ein.

Heralds of climate change. There is no creature that symbolises climate change better than the polar bear. As a result of the continuous warming of the planet the polar ice caps shrink visibly, limiting the habitat of this endangered species more and more.

KLIMAWANDEL

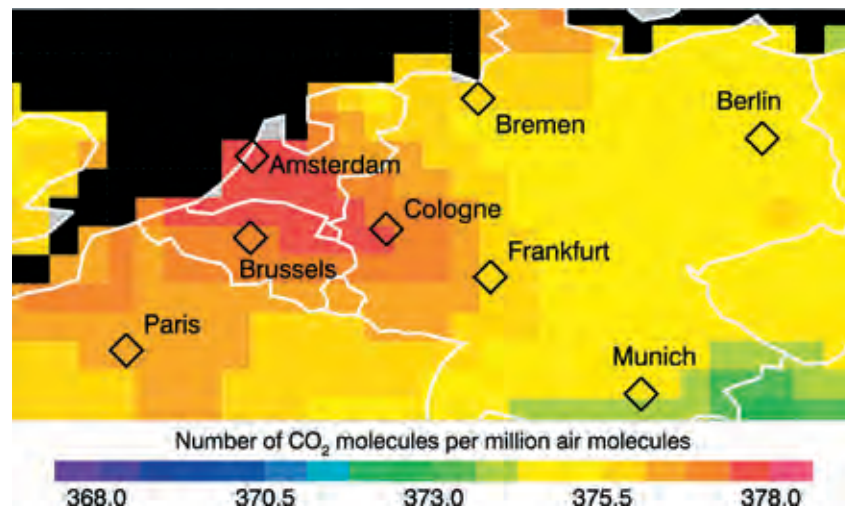
Der Klimawandel ist kein Zukunftsszenario, sondern Realität. So ist die atmosphärische Konzentration des Treibhausgases Kohlendioxid in den vergangenen 50 Jahren um 25 Prozent und die globale Durchschnittstemperatur um 0,6 Grad Celsius angestiegen. Ursache ist unsere moderne Lebensweise in den Industriegesellschaften: die Verbrennung fossiler Stoffe, die Abholzung von Wäldern und die Massentierhaltung. Treibhausgase in der Atmosphäre vermindern die Abstrahlung von Wärme und führen so zur Temperaturerhöhung. Satelliten ermöglichen es, den Wandel global zu erfassen. Ihre im Weltraum gewonnenen Informationen dienen als Grundlage für politische und gesellschaftliche Entscheidungen mit dem Ziel einer nachhaltigen Entwicklung hier auf der Erde.

CLIMATE CHANGE

Climate change is not a future scenario; it is a reality. In the last 50 years, the atmospheric concentration of the greenhouse gas carbon dioxide has risen by 25 per cent and the average global temperature by 0.6 degrees Celsius. The cause lies in our modern lifestyle in industrialised societies: we burn fossil fuel, we cut down forests, and we keep animals in factory farms. Greenhouse gases in the atmosphere reduce outgoing thermal radiation and thus cause temperatures to go up. Satellites enable us to see that change happens in a global perspective. Gathered in outer space, their information serves as a basis for political and societal decisions that aim at securing sustainable development here on Earth.

Ein entscheidendes Treibhausgas ist Kohlendioxid (CO₂), dem eine große Bedeutung in der Erderwärmung beigemessen wird. Das deutsch-niederländische Instrument SCIAMACHY auf dem europäischen Umweltsatelliten Envisat misst die CO₂-Konzentration in der Erdatmosphäre. Anhand dieser Daten lassen sich Karten erstellen, die uns ein Bild über die globale Verteilung dieses Treibhausgases liefern. Mit SCIAMACHY gelang es zum ersten Mal, Daten auch regional zu erheben. Die höchsten Werte Europas für die Jahre 2003 bis 2005 wurden dabei über der Region zwischen Amsterdam und Frankfurt gemessen.

Carbon dioxide (CO₂) is a relevant greenhouse gas that is thought to play an essential role in global warming. SCIAMACHY, a Dutch-German-built instrument on board the European environmental satellite Envisat measures CO₂ concentrations in the Earth's atmosphere. Maps generated on the basis of these data give us an idea of the global distribution of this greenhouse gas. For the first time SCIAMACHY detected regionally elevated atmospheric carbon dioxide. The findings show an extended plume over Europe's most populated area, the region from Amsterdam to Frankfurt.



©LUP Bremen, ©ESA, ©DLR

Europe's environmental satellite, Envisat, was a milestone in satellite-based climate research. For ten years, the instruments on board have been measuring trace gases and aerosols in the Earth's atmosphere. Not only was a German company the mission's prime contractor, DLR also took part in the construction of the German-Dutch-Belgian SCIAMACHY instrument. Among other things, this spectrometer was the first to produce maps of the global distribution of the greenhouse gases carbon dioxide (CO₂) and methane (CH₄) as seen from space. Thus, for example, SCIAMACHY showed how the growth cycle of the extensive forests on the northern terrestrial hemisphere is reflected by the CO₂ concentration in the air: during the summer months, the forests 'inhale' CO₂, removing it from the atmosphere. In the winter months, they absorb less of the gas, and since the land masses and, consequently, forests are smaller in the southern hemisphere, CO₂ concentrations increase accordingly. This is a natural cycle. It is due to man-made emissions, however, that CO₂ concentrations rise to a higher peak from year to year. SCIAMACHY's measurements confirm this trend: the global carbon cycle is changing.

Ein Meilenstein in der satellitengestützten Klimaforschung war Europas Umweltsatellit Envisat. Die Instrumente an Bord haben zehn Jahre lang Spurenstoffe und Aerosole in der Erdatmosphäre gemessen. Nicht nur hat die deutsche Industrie den Missionsbau angeführt: Das DLR beteiligte sich auch am Bau des deutsch-niederländisch-belgischen Instruments SCIAMACHY. Mit diesem Spektrometer wurde unter anderem erstmals die weltweite Verteilung der Treibhausgase Kohlendioxid (CO₂) und Methan (CH₄) vom Weltraum aus kartiert. SCIAMACHY zeigte zum Beispiel, wie sich der Wachstumszyklus der ausgedehnten Wälder auf der irdischen Nordhalbkugel im CO₂-Gehalt widerspiegelt: In den Sommermonaten „atmen“ die Wälder CO₂ ein und entfernen es aus der Atmosphäre. In den Wintermonaten dagegen nehmen sie weniger auf, und da es auf der Südhalbkugel weniger Landmasse und daher weniger Wälder gibt, steigt der CO₂-Gehalt wieder an. Das ist ein natürlicher Zyklus. Die vom Menschen verursachten Emissionen sorgen allerdings dafür, dass der CO₂-Gehalt von Jahr zu Jahr auf immer höhere Werte steigt. Die SCIAMACHY-Messungen bestätigen diesen Trend. Der globale Kohlenstoffzyklus verändert sich.

Die zentrale Frage beim Klimawandel betrifft genau diesen globalen Kohlenstoffzyklus. Von den auf der Erde freiverdenden Mengen an CO₂ verbleibt etwa die Hälfte in der Atmosphäre, die andere Hälfte wird in den Ozeanen, im Boden und in der Biosphäre gespeichert. Wer allerdings einmal eine in der Sonne stehende Sprudelflasche geöffnet hat, weiß, dass warmes Wasser weniger CO₂ speichert als kaltes. So ist es unsicher, ob die Speicherkapazität in den Meeren erhalten bleibt und ausreicht, wenn immer mehr CO₂ hinzukommt, in großem Umfang Wälder gerodet werden und die mittlere Temperatur der Erde weiter steigt.

Satellitenmessungen untermauern die Aussage des Weltklimarats, wonach die globale Entwaldung mit 17 Prozent zu den Treibhausgasemissionen beiträgt – mehr als der weltweite Verkehr verursacht. Das internationale Projekt „Reducing Emissions from Deforestation and Forest Degradation“ (REDD+) unterstützt im Rahmen der UN-Klimaverträge Erhalt und Ausbau von Wäldern. Viele große Waldgebiete sind schwer zugänglich, und so werden die Bestände mit Satellitenaufnahmen überwacht.

It is this global carbon cycle that constitutes the key factor in climate change. Of the total volume of CO₂ released anywhere on the planet, about half remains in the atmosphere, while the other half is stored in the oceans, the soil, and the biosphere. Anyone who has ever opened a bottle of fizzy water that has been standing in the sun knows that warm water stores less CO₂ than cold water. It is uncertain, therefore, whether the storage capacity of the oceans will remain sufficient if more and more CO₂ is added, forests are logged on a large scale, and if the global mean temperature continues to rise.

Auch Methan (CH₄) ist ein bedeutendes Treibhausgas. Der größte Teil erdgebundenen Methans lagert in den Permafrostböden der borealen Zone – also vor allem in den nördlichen Weiten Russlands und Kanadas. Diese riesigen Reservoirs bergen ein Treibhausgas, das ein 25-fach höheres Erwärmungspotenzial hat als Kohlendioxid. Die deutsch-französische Erdbeobachtungsmission MERLIN wird voraussichtlich ab 2016/17 den Methangehalt in der Erdatmosphäre bestimmen.

Methane (CH₄), too, is an important greenhouse gas. Most of it is buried in the permafrost soils of the Earth's boreal zone – mainly in Russia's and Canada's northern territories. These huge reservoirs contain a greenhouse gas featuring a warming potential being 25 times as high as that of carbon dioxide. The Franco-German MERLIN mission is scheduled to go live in 2016/17, monitoring methane levels in the Earth's atmosphere.

Die Abholzung tropischer Regenwälder nimmt direkten Einfluss auf unser Klima. Jährlich werden rund 200.000 Quadratkilometer Regenwald gerodet. Die häufigsten Ursachen sind Brandrodung, um Äcker für die Landwirtschaft und Rinderweiden zu schaffen, Umwandlung von Wäldern in Ölpalm-, Soja-, Bananen- oder Kaffeeplantagen, Ausbeutung von Bodenschätzen wie Eisenerz, Gold, Öl oder Gas, Bau von Großstaudämmen zur Energiegewinnung und Holzeinschlag für Tropenholzmöbel oder Papier. Diese gewaltigen Umwälzungen lassen sich nur mit Unterstützung aus dem Weltraum überwachen. Ein RapidEye-Satellit dokumentierte den Holzeinschlag am 5. Juli 2011 in San Pablo (Provinz Santa Cruz, Bolivien).

The cutting-down of tropical rainforest has a direct impact on our climate. About 200,000 square kilometres of rain forest are cleared every year. The most common practice is the slash-and-burn method, employed to make room for arable land and cattle pastures; forests are converted into palm oil, soybean, banana or coffee plantations, or cleared for iron ore or gold mining, oil or gas drilling, building dams for energy generation, or to harvest timber for making furniture or paper. These revolutionary changes can only be monitored with support from space. A RapidEye satellite documented jungle clearing activities on July 5, 2011, at San Pablo (Santa Cruz Province, Bolivia).

Gerade in Tropenwäldern ist das wegen der häufigen Bewölkung eine große Herausforderung. Mit den Copernicus-Satelliten Sentinel-1 und vor allem Sentinel-2 werden dafür hervorragende Beobachtungsinstrumente zur Verfügung stehen. Aber auch die deutschen Satelliten TerraSAR-X und RapidEye bieten hierzu ausgezeichnete Möglichkeiten: Beide machen Aufnahmen mit hoher räumlicher Auflösung. RapidEye kann dies mit außergewöhnlich hoher zeitlicher Wiederholung, und TerraSAR-X besitzt ein wolken durchdringendes Radar, beides unschätzbare Eigenschaften gerade in den sehr häufig bewölkten Tropen.

Methan ist nach Kohlendioxid der zweitgrößte vom Menschen verursachte (anthropogene) Anteil an der Klimaerwärmung. Der Weltklimarat bescheinigt Methan sogar ein 25-fach höheres Erwärmungs-Potenzial. Nur die bislang geringere Emissionsmenge verdrängt Methan auf Rang zwei hinter CO₂. Die anthropogenen Methan-Emissionen, vor allem aus Reisbau und Viehhaltung, sind stark variabel. Seit der Industrialisierung stieg der Gehalt auf das Doppelte der natürlichen Konzentration an – der von Kohlendioxid „lediglich“ um 30 Prozent. Methan gelangt aber auch aus Sümpfen oder auftauenden Permafrostböden – den größten natürlichen Methan-Reservoiren der Erde

– in die Luft. Tauen im Zuge der globalen Erwärmung die Permafrostböden weiter auf, dann entweicht mehr und mehr Methan in die Atmosphäre und der Klimawandel beschleunigt sich. Das quantitative Verständnis der Quellen und Senken von Methan ist von Bedeutung für die Entwicklung von Modellen zur Klimavorhersage und für die Kontrolle der Reduktion von Treibhausgasen gemäß dem Kyoto-Protokoll.

Wie Satelliten dazu beitragen, Modelle zu verbessern, verdeutlichen die Messungen mit SCIAMACHY sehr gut. In diesen Daten sah man erhöhte Methankonzentrationen über Teilen Nord- und Südamerikas, Zentralafrikas, Indiens und Indochinas. Für Indien und Indochina stimmten die Messdaten gut mit den gängigen Atmosphärenmodellen überein. Unerwartet große Abweichungen traten dagegen in Teilen Nord- und Südamerikas und in Zentralafrika auf. Ausgerechnet dort, wo Sumpfgebiete und die erhöhte biologische Aktivität der tropischen Regenwälder die ökologische Situation prägen, zeigte sich, dass die bisherigen Modelle verbessert werden mussten.

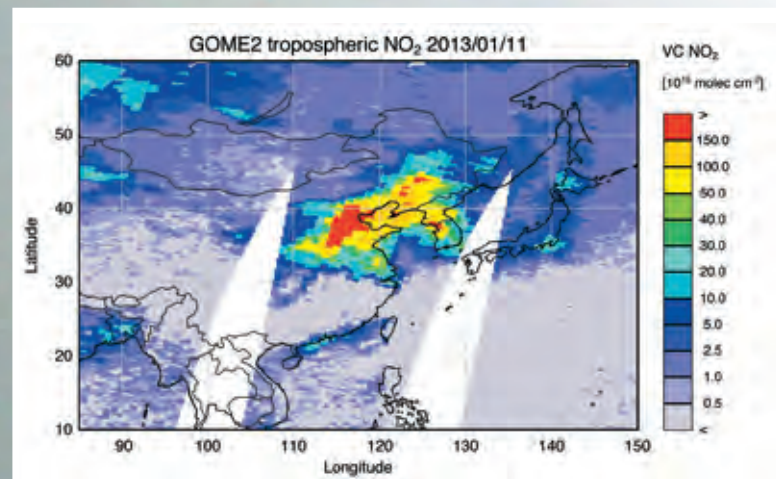
Auch wie Umweltschutzmaßnahmen wirken, konnte SCIAMACHY zeigen. Durch Messungen von Stickstoffdioxid (NO₂), das bei

Satellite measurements confirm a statement of the Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC), which says that global deforestation accounts for 17 per cent of the world's total greenhouse gas emissions – more than all emissions caused by global transport. As part of the UN climate conventions, the initiative 'Reducing Emissions from Deforestation and Forest Degradation' (REDD+) supports the conservation and enhancement of forests. Many big forests are difficult to access, and are therefore monitored with the aid of satellite images. Especially where tropical forests are concerned, heavy cloud cover can make this a great challenge. The Copernicus satellites Sentinel 1 and, even more so, Sentinel 2 will provide new observation instruments that are excellent for the purpose. Germany's TerraSAR-X and RapidEye satellites, too, offer an outstanding performance, both delivering images in a high spatial resolution. RapidEye can take images at an unrivalled rapid repeat rate, while TerraSAR-X has cloud-penetrating radar. Both features are of inestimable value, particularly in the very often cloudy tropics.

After carbon dioxide, methane is the second-biggest man-made (anthropogenic) influence on climate change. The IPCC attests that the warming potential of methane is 25 times that of CO₂.

It is only the low volume emitted so far that holds methane back in second place. Mainly caused by rice and cattle farming, anthropogenic methane emissions are highly variable. Since the onset of industrialisation, its content has been rising to twice the natural concentration, while that of carbon dioxide 'merely' rose by 30 per cent. However, swamps and thawing permafrost soil, the Earth's biggest natural methane reservoirs, similarly release methane into the air. With permafrost soils continuing to thaw as global warming progresses, more and more methane will escape into the atmosphere, and the pace of climate change will increase. Understanding the sources and sinks of methane in quantitative terms is important for the development of climate forecast models and for policing the reduction of greenhouse gases in conformance with the Kyoto protocol.

SCIAMACHY measurements very clearly illustrate how satellites contribute towards the improvement of models. Its data showed increased concentrations of methane above parts of North and South America, central Africa, India, and Indochina. The data for India and Indochina agreed well with current atmospheric models. Conversely, there were unexpectedly great discrepancies parts of North and South America and in central Africa. Evidence



Klimawandel Climate change

14. bis 15. Januar 2013: Der Smog in Chinas Hauptstadt erreicht nie zuvor gemessene Werte. Laut chinesischem Umweltministerium hat sich der schwere Smog inzwischen auf einer Fläche von 1,3 Millionen Quadratkilometern ausgebreitet, das sind 13 Prozent der Landesfläche. Oder anders ausgedrückt: Es geht um ein Areal, das fast viermal so groß ist wie Deutschland. Die Metropole muss immer wieder den Luftnotstand ausrufen. Ein Hauptgrund: Die Zahl der Autos in Peking hat sich laut staatlicher Nachrichtenagentur Xinhua in den vergangenen Jahren von 3,13 Millionen (Anfang 2008) auf aktuell 5,18 Millionen fast verdoppelt. Laut Berechnungen des Umweltbundesamtes gehen 40 Prozent der gesamten NO₂-Emissionen auf das Konto des Straßenverkehrs. Die NO₂-Konzentration lässt sich mit dem Instrument GOME-2 auf dem europäischen Satelliten MetOp-A vom Weltall aus messen (oben). Das US-amerikanische Instrument MODIS auf dem NASA-Satelliten Terra hat den Smog ebenfalls vom All aus festgehalten (unten).

January 14 to 15, 2013: smog in China's capital is reaching an all-time high. According to the Chinese Ministry of the Environment, the heavy smog now affects an area of 1.3 million square kilometres, or 13 per cent of the size of the Chinese territory. This corresponds to an area of nearly four times the size of Germany. One of the main reasons: according to the national news agency Xinhua, the car population of Beijing has nearly doubled from 3.13 million (early 2008) to a current 5.18 million. According to an analysis made by the German Environmental Agency, 40 per cent of total NO₂ emissions are caused by road transport. NO₂ concentrations can be measured from space. This task was carried out by the instrument GOME-2 on the European satellite MetOp (top). The US American instrument MODIS on NASA's Terra satellite has also made a picture of the Chinese smog (bottom).

40 Prozent der gesamten NO₂-Emissionen gehen auf das Konto des Straßenverkehrs.

Road transport accounts for 40 per cent of the world's total NO₂ emissions

Verbrennungsprozessen vor allem in Kraftwerken und im Straßenverkehr entsteht, ließ sich verfolgen, dass in einigen Gebieten der USA die Umweltbelastung aufgrund emissionsmindernder Maßnahmen an Kraftwerken zwischen 1999 und 2006 punktuell um bis zu 35 Prozent zurückging. Im Mittelwert blieb die Belastung in den USA allerdings etwa konstant. In Europa dagegen sank die Belastung durch NO₂ auch im Mittelwert stetig – und zwar um mehr als zehn Prozent innerhalb der letzten fünf Jahre. Im gleichen Zeitraum verzeichneten aufstrebende Länder, insbesondere China, eine Zunahme von Stickstoffdioxid um mehr als 40 Prozent.

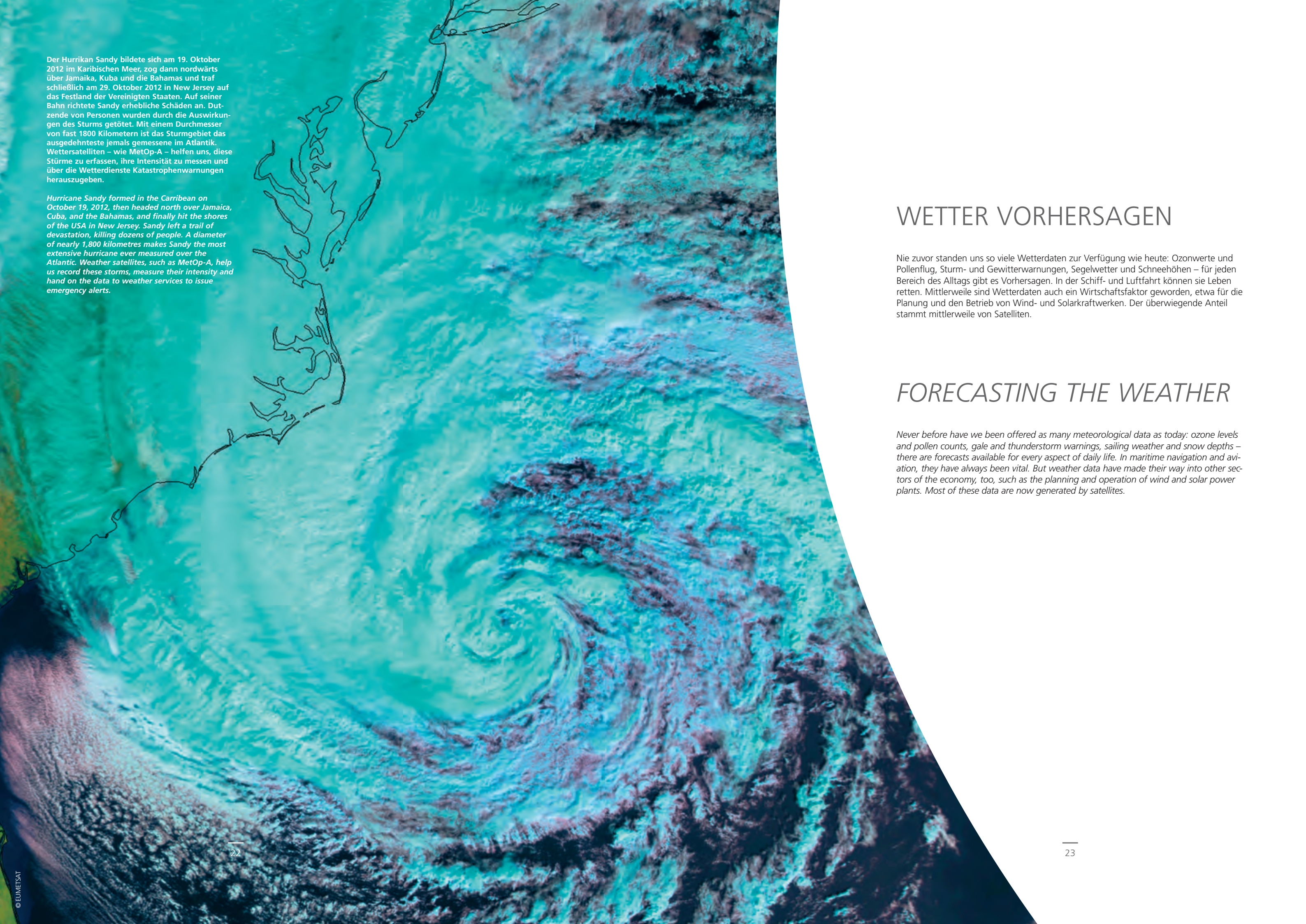
Der Ausfall von Envisat im Frühjahr 2012 hinterlässt eine große Lücke. Die europäischen Satelliten der Serien „Sentinel-4“ und „Sentinel-5“, die einen Teil der SCIAMACHY-Messungen fortführen können, starten ab 2019 beziehungsweise 2020. Um die Lücke zu vermindern, wird ein Vorläufersatellit des Sentinel-5 schon 2015 in den Orbit gebracht. Für Methan-Messungen ist die deutsch-französische Mission Methane Remote Sensing LIDAR Mission (MERLIN) vorgesehen. Der Start ist für 2016/2017 geplant. Der Satellit wird mit einem vom DLR entwickelten Laser-Messinstrument ausgestattet. Dieses aktive Light Detection and Ranging (LIDAR) kann sogar bei Nacht und durch dünne Wolkenschichten hindurch messen – darin wird es SCIAMACHY überlegen sein.

that current models need improving emerged exactly in areas where the ecological situation is marked by wetland and the increased biological activity of tropical rainforests.

SCIAMACHY was also able to demonstrate the effectiveness of environmental protection measures: Measurements of nitrogen dioxide (NO₂), which is produced by combustion processes mainly in power stations and vehicles, showed that in some regions of the USA, environmental pollution locally declined by up to 35 per cent because of measures taken between 1999 and 2006 to reduce the emissions of power stations. At the same time, mean pollution levels in the USA remained approximately constant. In Europe, on the other hand, even the mean NO₂ pollution declined steadily – by more than ten per cent within the last five years. In the same period, the emerging

economies and particularly China logged an increase of more than 40 per cent in nitrogen dioxide levels.

Envisat left a large gap when it ceased to operate in the spring of 2012. The European satellites of the Sentinel-4 and Sentinel-5 series, which are equipped to continue part of SCIAMACHY's measurements, will be launched from 2019 and 2020 onwards. To mitigate the gap, a Sentinel-5 precursor satellite will be put in orbit as early as 2015. Methane levels will be measured by the German-French MERLIN mission (Methane Remote Sensing LIDAR). Its launch is scheduled for 2016/2017. The satellite will be equipped with a laser measuring instrument developed by DLR. This active light detection and ranging (LIDAR) device is capable of taking measurements at night and through thin cloud layers; in this respect it will be superior to SCIAMACHY.



Der Hurrikan Sandy bildete sich am 19. Oktober 2012 im Karibischen Meer, zog dann nordwärts über Jamaika, Kuba und die Bahamas und traf schließlich am 29. Oktober 2012 in New Jersey auf das Festland der Vereinigten Staaten. Auf seiner Bahn richtete Sandy erhebliche Schäden an. Dutzende von Personen wurden durch die Auswirkungen des Sturms getötet. Mit einem Durchmesser von fast 1800 Kilometern ist das Sturmgebiet das ausgedehnteste jemals gemessene im Atlantik. Wettersatelliten – wie MetOp-A – helfen uns, diese Stürme zu erfassen, ihre Intensität zu messen und über die Wetterdienste Katastrophenwarnungen herauszugeben.

Hurricane Sandy formed in the Caribbean on October 19, 2012, then headed north over Jamaica, Cuba, and the Bahamas, and finally hit the shores of the USA in New Jersey. Sandy left a trail of devastation, killing dozens of people. A diameter of nearly 1,800 kilometres makes Sandy the most extensive hurricane ever measured over the Atlantic. Weather satellites, such as MetOp-A, help us record these storms, measure their intensity and hand on the data to weather services to issue emergency alerts.

WETTER VORHERSAGEN

Nie zuvor standen uns so viele Wetterdaten zur Verfügung wie heute: Ozonwerte und Pollenflug, Sturm- und Gewitterwarnungen, Segelwetter und Schneehöhen – für jeden Bereich des Alltags gibt es Vorhersagen. In der Schiff- und Luftfahrt können sie Leben retten. Mittlerweile sind Wetterdaten auch ein Wirtschaftsfaktor geworden, etwa für die Planung und den Betrieb von Wind- und Solarkraftwerken. Der überwiegende Anteil stammt mittlerweile von Satelliten.

FORECASTING THE WEATHER

Never before have we been offered as many meteorological data as today: ozone levels and pollen counts, gale and thunderstorm warnings, sailing weather and snow depths – there are forecasts available for every aspect of daily life. In maritime navigation and aviation, they have always been vital. But weather data have made their way into other sectors of the economy, too, such as the planning and operation of wind and solar power plants. Most of these data are now generated by satellites.

Basis für jede Wettervorhersage sind die Messwerte eines weltumspannenden Beobachtungsnetzes, bestehend aus Bodenstationen, Schiffen, automatischen Bojen und Verkehrsflugzeugen. Seit dem Start des ersten Wettersatelliten im Jahr 1960, des amerikanischen TIROS-1, ermöglicht die Weltraumtechnologie die Erweiterung des bewährten terrestrischen Netzes entscheidend: Satelliten liefern auch Daten aus schwer zugänglichen Gebieten, wie Wüsten und Urwäldern oder von der Ozeanoberfläche, und ermöglichen erst dadurch eine fast lückenlose globale Überwachung. Dies vermag kein anderes Beobachtungssystem. Daher arbeitet der im Jahr 1952 gegründete Deutsche Wetterdienst (DWD) bereits seit 1966 mit Satellitendaten.

Satelliten messen die Strahlung der Erde und aus der Atmosphäre in mehreren Frequenzfenstern. Das ermöglicht die Berechnung wetterbestimmender Parameter wie Temperatur, Luftdruck und Luftfeuchtigkeit. Satelliten messen zum Beispiel die Temperatur der Erd- und Meeresoberfläche sowie der Wolkenoberflächen und der bodennahen Luftschichten. Und aus der Bewegung der Wolken ermitteln Meteorologen die Windgeschwindigkeit in verschiedenen Höhen.

Verrücktes Wetter: Eine Schneeschicht bedeckt den Felsendom in Jerusalem.

A bizarre weather phenomenon: Jerusalem's Dome of the Rock covered by a thin layer of snow.

Amerika ist Vorreiter in der satellitengestützten Wetterbeobachtung und hatte bereits 28 Wettersatelliten gestartet, ehe Europa 1977 mit eigenen geostationären Meteosat-Wettersatelliten nachzog. Geostationäre Satelliten blicken aus rund 36.000 Kilometern Höhe über dem Äquator auf die Erde. Dort benötigen sie für einen Umlauf genau einen Tag. Von der Erde aus gesehen scheinen sie daher fest am Himmel zu stehen, so dass sie stets etwa ein Drittel der Erdkugel im Sichtfeld haben. Drei bis vier Satelliten reichen aus, um die gesamte Erde „im Blick“ zu haben.

Derzeit umkreisen die ersten drei Satelliten der zweiten Meteosat-Generation (MSG) die Erde. Ein weiterer MSG-Satellit soll folgen und bis mindestens 2020 arbeiten. Die neue Meteosat-Generation ist gegenüber ihrem Vorgänger technisch erheblich weiterentwickelt worden. So messen die MSG-Satelliten auch Ozon, Wasserdampf und Kohlendioxid. Eine dritte Meteosat-Generation (MTG) wird bereits entwickelt und soll ab 2018 ins All gebracht werden, wiederum mit deutlichen technischen Verbesserungen gegenüber den Vorgängern. So können die insgesamt 10 MSG- und MTG-Satelliten bis mindestens 2035 die Aufzeichnung von Wetter- und Klimadaten aus dem geostationären Orbit garantieren.

Geostationäre Satelliten haben allerdings zwei blinde Flecken: die Pole. Diese Lücke schließen polar umlaufende Satelliten. 2006 startete Europa mit MetOp-A den ersten Wettersatelliten in eine polare Umlaufbahn. MetOp-B folgte im September 2012. MetOp-C ist schon fertiggestellt und kann ab Anfang 2018 seine Vorgänger ablösen.

Von ihrem Orbit aus messen die zwölf Instrumente der MetOp-Satelliten den Zustand der Wolken, die Temperatur über Meer und Land sowie die Konzentration wichtiger Spurengase – zum Beispiel Ozon – in der Atmosphäre. Außerdem erstellen sie Temperatur- und Feuchtigkeitsprofile in Abhängigkeit von der Höhe.

Virtually all weather forecasts are based on the measurements of an observation network that spans the globe, consisting of ground stations, ships, automatic buoys, and commercial aircraft. When the first weather satellite, the American TIROS-1, was launched in 1960, space technology became a vital addition to the proven terrestrial network: by providing data from areas that are difficult to access, such as deserts, primeval forests, or the surface of the oceans, satellites close almost all the gaps in the global monitoring system. No other observation system can do that. This is why the German Weather Service (DWD) that was established in 1952 has been using satellite data since 1966.

Satellites measure terrestrial and atmospheric radiation in several frequency windows, enabling meteorologists to calculate parameters that control the weather, such as temperature, atmospheric pressure, and relative humidity. Thus, for example, satellites measure the temperature of land, sea, and cloud surfaces as well as that of atmospheric layers close to the ground. And the movements of the clouds are used by meteorologists to determine wind velocities at various altitudes.

The pioneer in satellite-based weather observation, the USA, had launched as many as 28 weather satellites before Europe followed suit with its own geostationary Meteosat weather satellites in 1977. Flying at an altitude of around 36,000 kilometres above the equator, geostationary satellites orbit the Earth precisely once a day. Viewed from Earth, therefore, they appear to occupy a fixed position in the sky from which they always have about one third of the globe in view. Three or four satellites are enough to 'keep an eye' on the entire globe.

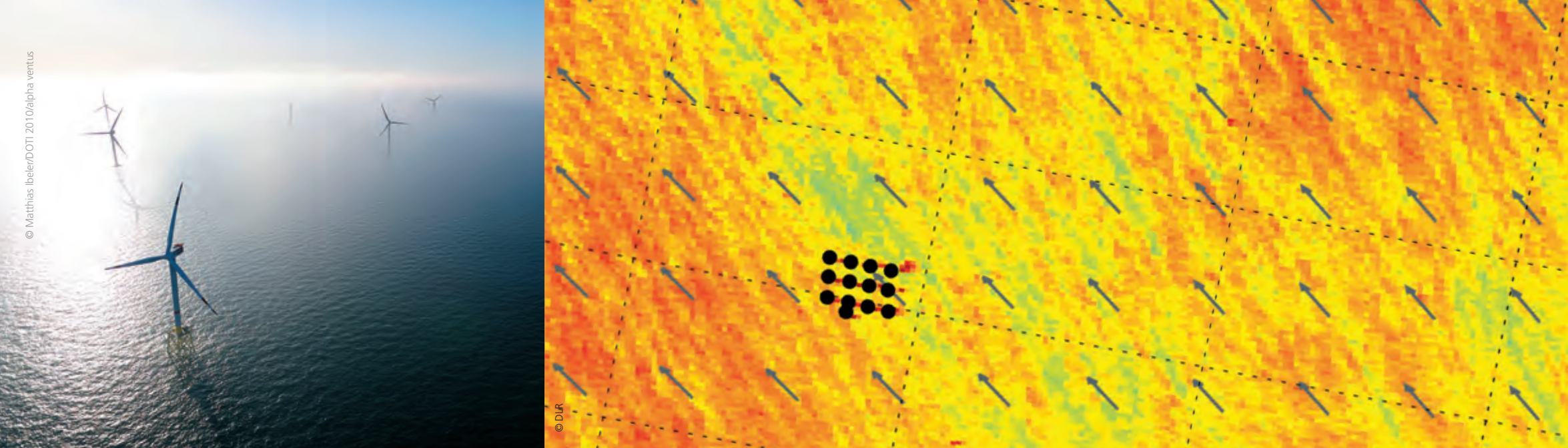
At present, the first three satellites of the second Meteosat generation (MSG) are in orbit around Earth. Another MSG satellite will follow, to remain in operation until 2020 at least. Compared to its predecessor, the new Meteosat generation has reached a considerably higher level of technical development. Thus, MSG satellites are equipped to measure ozone, water vapour, and carbon dioxide. A third Meteosat generation (MTG) is already being developed now. Scheduled for launching from 2018 onwards, it will once again feature significant technical improvements above its successors. Numbering 10 in total, the MSG and MTG satellites will ensure the continuous collection of weather and climate data from their geostationary orbit until at least 2035.

However, geostationary satellites have two blind spots: the poles. This gap is closed by polar-orbiting satellites. Europe launched MetOp-A, its first satellite to fly in a polar orbit, in 2006. MetOp-B followed in September 2012. Already completed, MetOp-C will be able to take over from its predecessors early in 2018.

Working from orbit, the twelve instruments installed on the MetOp satellites measure the condition of the clouds, the temperatures prevailing above sea and land, and the concentration of important trace gases in the atmosphere, such as ozone. In addition, they generate temperature and humidity profiles for specific altitudes. Their data permit drawing up a three-dimensional meteorological picture of Earth, which demonstrably enhances the precision of weather forecasts.

Schnee in den Alpen und Pyrenäen sowie leichte Bewölkung über Frankreich: Wettersatelliten wie der europäische MetOp-B liefern die Daten als Grundlage für zuverlässige Wettervorhersagen. Sogar Kondensstreifen von Flugzeugen lassen sich im Osten beobachten.

Snow in the French Alps and the Pyrenees as well as low clouds over large parts of France: weather satellites, such as MetOp-B, deliver the sound data for reliable weather forecasts. Furthermore some high-level contrails can be seen in the east.



Alpha Ventus ist der erste deutsche Offshore-Windpark. Er bildet die Grundlage für den Ausbau der Offshore-Windenergie in Deutschland. Seit seiner Inbetriebnahme am 27. April 2010 speist der vor der niedersächsischen Nordseeküste in der Deutschen Bucht gelegene Windpark Alpha Ventus kontinuierlich klimafreundlichen Strom ins deutsche Versorgungsnetz ein. Erdbeobachtungssatelliten können die Windrichtung und -intensität bestimmen und helfen so, die ideale Lage für Windparks zu finden, die teuren Transportfahrten beim Bau zu optimieren und ihr Betriebsmanagement zu unterstützen.

Alpha Ventus is Germany's first offshore wind farm. It serves as a planned extension of Germany's offshore wind energy sector. Situated off the coast of Lower Saxony in the German Bight, Alpha Ventus has continuously been feeding climate-friendly electricity into the German grid since February 27, 2012. Earth observation satellites can determine wind directions and intensities, thus helping to select the ideal location of new wind farms, to optimise the transport during the building phase and to support the management in the operational case.

Ihre Daten ermöglichen es, ein dreidimensionales meteorologisches Bild der Erde zu erstellen. Wettervorhersagen werden damit nachweislich genauer.

Durch die verhältnismäßig geringe Höhe über der Erde ist die Auflösung von Sensoren auf einem polar-umlaufenden Satelliten wesentlich besser als beim geostationären Satelliten. Allerdings verkleinert sich im gleichen Maßstab das Blickfeld der Instrumente. Um die Erde mehrmals am Tag vollständig abzudecken, benötigt man ein System aus mehreren Satelliten. Mit dem MetOp-Programm übernimmt Europa in Kooperation mit der US-amerikanischen National Oceanic and Atmospheric Administration (NOAA) Verantwortung für die Wetterbeobachtung aus einer sehr wichtigen Erdumlaufbahn. In rund 820 Kilometern Höhe ziehen die Satelliten ihre Bahnen, während die Erde sich unter ihnen weiterdreht. So kann ein MetOp-Satellit einmal am Tag nahezu die komplette Erdoberfläche mit seiner Kombination aus abbildenden und sondierenden Instrumenten abtasten. Das ergänzt sich perfekt mit den Beobachtungen der NOAA aus anderen Umlaufbahnen.

Ein MetOp-Instrument ist das in Deutschland gebaute ASCAT. Es beobachtet die Wasserreflexionen aus dem Weltraum. Dazu sendet ASCAT von seinen drei Antennen Radarimpulse aus, die von der Meeresoberfläche reflektiert werden und Wellenbewegungen abbilden. Durch diese Wellenbilder können Meteorologen Rückschlüsse auf die Windverhältnisse über dem Meer ziehen. Windgeschwindigkeit und -richtung können so bestimmt und wichtige Wetterwarnungen ausgesprochen werden.

Die europäischen Wettersatelliten werden von der 1986 gegründeten Europäischen Organisation für die Nutzung meteorologischer Satelliten (EUMETSAT) mit Sitz in Darmstadt betrieben. Deutschland ist von den 26 EUMETSAT-Mitgliedsstaaten mit etwa 19 Prozent Beteiligung der größte Beitragszahler. Bei EUMETSAT laufen in Kooperation mit der ESA bereits Studien für Instrumente, die ab 2020 auf der zweiten Generation polar

umlaufender Satelliten arbeiten werden. Das DLR unterstützt hierfür die Entwicklung des Instruments METimage. Es soll das von der Erdoberfläche, der Atmosphäre und den Wolken ins All zurückgeworfene Sonnenlicht und die von der Erde emittierte Wärmestrahlung in 20 verschiedenen Spektralkanälen aufzeichnen. Ziel ist es unter anderem, meteorologische und klimarelevante Größen wie den Wolkenbedeckungsgrad, Oberflächentemperaturen oder die Menge an Luftschwebstoffen (Aerosolen) zu bestimmen.

Eine besondere Bedeutung kommt Satelliten auch für den Ausbau Erneuerbarer-Energie-Anlagen zu. So benötigt man für die Planung von Sonnenkraftwerken Daten über die verfügbare Sonneneinstrahlung je nach Standort. Hierfür liegt seit kurzem der Globale Atlas für Sonnen- und Windenergie vor, der gemeinsam von der Internationalen Agentur für Erneuerbare Energien (IRENA) und vom DLR aufgebaut wurde. Nützlich für die Planung des Energiemanagements sind auch aktuelle Werte sowie kurz- und mittelfristige Vorhersagen und Langfristerwartungen der Wind- und Sonnenscheinverhältnisse. Der Deutsche Wetterdienst berechnet für jeden beliebigen Ort in Deutschland mittlere monatliche Tagessummen der Globalstrahlung. Zusätzlich werden mit Beteiligung des DLR derzeit Dienste aufgebaut, die Informationen für Lastmanagement von Sonnen- und Windenergieanlagen unter anderem aus Meteosat-Daten erstellen und zuverlässig liefern sollen.

Für die Planung eines Off-Shore-Windparks sind möglichst genaue Informationen über die Windverhältnisse auf den Meeren nötig. Hier ist die Datenlage noch relativ dünn. Hochauflösende Radarsatelliten wie TerraSAR-X können diesen Mangel beheben. Mit TerraSAR-X gelang es bereits, die Turbulenzen hinter den Windrädern zu messen – ein wichtiger Parameter für die Planung der Windrad-Dichte bei Off-Shore-Anlagen. Das Seewetteramt des DWD plant zudem, TerraSAR-X und künftig auch Copernicus Sentinel-1-Daten für die Seegangsüberwachung küstennaher Schifffahrtsrouten einzusetzen.

As their altitude above the surface is relatively low, the resolution of sensors in a polar orbit is considerably better than that of geostationary satellites, although the instruments' field of vision is reduced correspondingly. To cover the entire Earth several times a day, a system of several satellites is needed. Through its MetOp programme, Europe assumes responsibility for observing the weather from a very important orbit in co-operation with the American National Oceanic and Atmospheric Administration (NOAA). The satellites follow their orbit at an altitude of around 820 kilometres while the Earth rotates below them. In this way, a MetOp satellite scans almost the entire terrestrial surface once a day with its combination of imaging and sensing instruments, perfectly complementing NOAA's observations from other orbits.

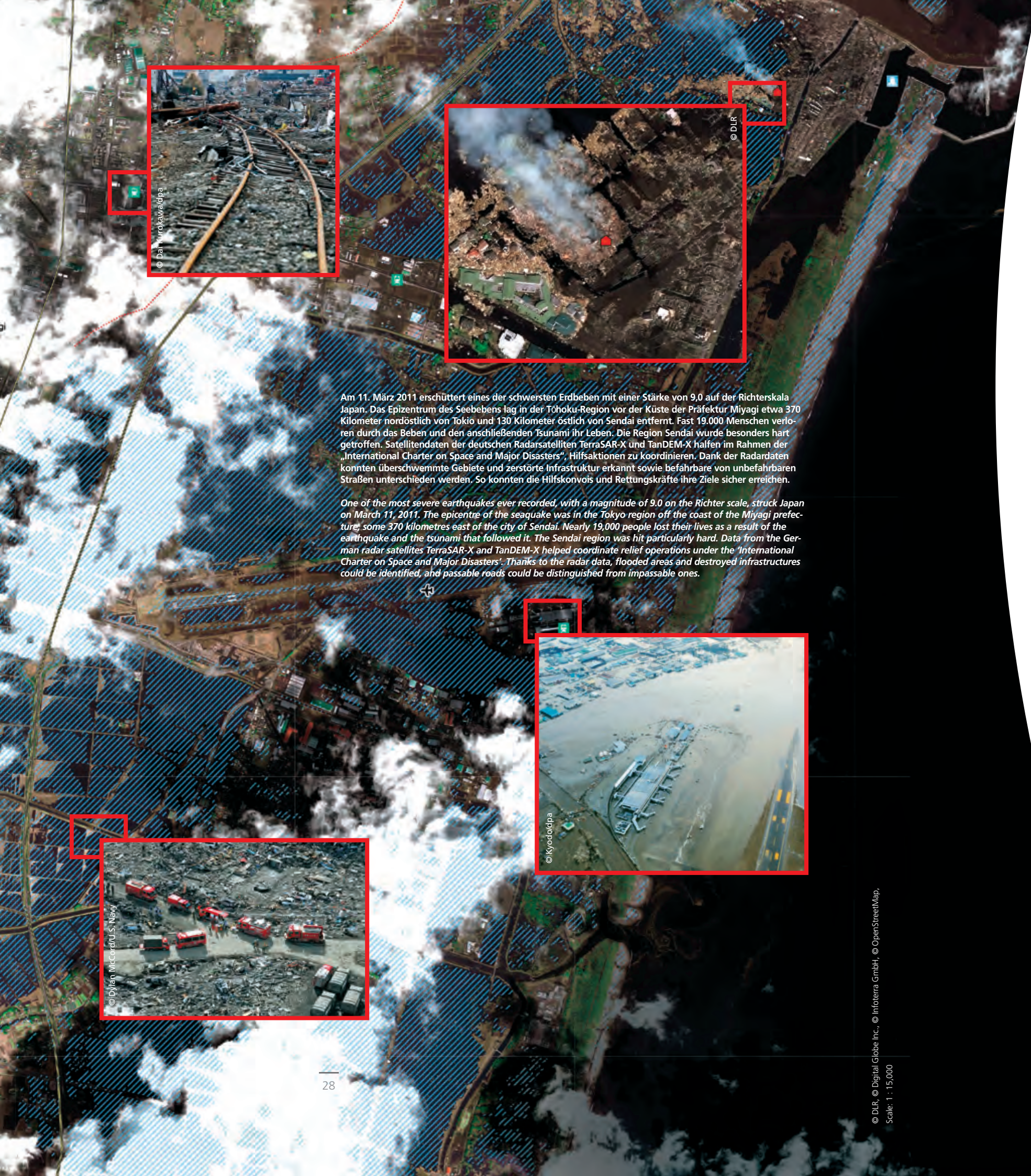
ASCAT is one of the MetOp instruments. Built in Germany, it observes water surface reflections from space. ASCAT emits radar pulses from its three antennas that are thrown back by the surface of the sea, reflecting the movement of the waves. These wave images enable meteorologists to draw conclusions regarding wind conditions above the sea, so that wind velocities and directions can be determined and important weather warnings generated.

Europe's weather satellites are operated by EUMETSAT, the European Organisation for the Exploitation of Meteorological Satellites. Founded in 1986, it is located in Darmstadt. With a share in the budget of about 19 per cent, Germany is the biggest contributor among the 26 EUMETSAT member states. Even now, EUMETSAT is co-operating with ESA on studies of instruments that will be installed on the second generation of polar-orbiting satellites from 2020 onwards. In this context, DLR supports the development of the METimage instrument, which will measure, in a total of 20 different spectral channels, the sunlight reflected back into space by the Earth's surface, atmosphere, and clouds as well as the heat radiation emitted by Earth. Objectives include determining meteorological and cli-

mate-relevant factors like cloud coverage, surface temperature, and the amount of matter suspended in the air (aerosols).

Moreover, satellites are particularly important for power generation from renewable energy sources. To plan a solar power plant, for instance, you need data about solar irradiation at each site. For this purpose, a global atlas of solar and wind energy has become available a short while ago, developed jointly by the International Renewable Energy Agency (IRENA) and DLR. In addition, current measurements, short and mid-range forecasts, and long-range expectations regarding wind and sunshine conditions are also useful in energy management planning. The German Weather Service will calculate for every place in Germany monthly mean values of the total radiation per day. With the participation of DLR, moreover, services based on Meteosat and other data are currently being set up to generate and reliably supply information for the load management of solar and wind power plants.

For planning an offshore wind park, information about wind conditions at sea is needed that should be as precise as possible. However, the data situation is not very abundant as yet. This deficiency can be remedied by high-resolution radar satellites such as TerraSAR-X. TerraSAR-X has already been successful in measuring the turbulences that trail behind wind turbines – an important parameter for planning turbine density in offshore wind parks. Moreover, the DWD sea weather office plans to use data from TerraSAR-X and, in the future, from the GMES Sentinel-1 satellites for monitoring the motion of the sea along coastal shipping routes.



Am 11. März 2011 erschüttert eines der schwersten Erdbeben mit einer Stärke von 9,0 auf der Richterskala Japan. Das Epizentrum des Seebebens lag in der Tōhoku-Region vor der Küste der Präfektur Miyagi etwa 370 Kilometer nordöstlich von Tokio und 130 Kilometer östlich von Sendai entfernt. Fast 19.000 Menschen verloren durch das Beben und den anschließenden Tsunami ihr Leben. Die Region Sendai wurde besonders hart getroffen. Satellitendaten der deutschen Radarsatelliten TerraSAR-X und TanDEM-X halfen im Rahmen der „International Charter on Space and Major Disasters“, Hilfsaktionen zu koordinieren. Dank der Radardaten konnten überschwemmte Gebiete und zerstörte Infrastruktur erkannt sowie befahrbare von unbefahrbaren Straßen unterschieden werden. So konnten die Hilfskonvois und Rettungskräfte ihre Ziele sicher erreichen.

One of the most severe earthquakes ever recorded, with a magnitude of 9.0 on the Richter scale, struck Japan on March 11, 2011. The epicentre of the seaquake was in the Tokyo region off the coast of the Miyagi prefecture, some 370 kilometres east of the city of Sendai. Nearly 19,000 people lost their lives as a result of the earthquake and the tsunami that followed it. The Sendai region was hit particularly hard. Data from the German radar satellites TerraSAR-X and TanDEM-X helped coordinate relief operations under the 'International Charter on Space and Major Disasters'. Thanks to the radar data, flooded areas and destroyed infrastructures could be identified, and passable roads could be distinguished from impassable ones.

KATASTROPHEN BEWÄLTIGEN

Überflutungen, Stürme, Erdbeben und Brände – fast jeden Tag ereignet sich irgendwo auf der Erde eine Naturkatastrophe. Humanitäre Krisen, verbunden mit Flüchtlingsströmen wie in Syrien, dem Sudan oder Somalia, schaffen häufig vergleichbare Notsituationen. Satellitendaten werden immer öfter bei der Bewältigung von Katastrophen genutzt. Im Jahr 1999 wurde speziell für solche Zwecke die International Charter „Space and Major Disasters“ ins Leben gerufen. Im Jahr 2012 nahm der europäische Copernicus- (vormals GMES-)Dienst für Katastrophen- und Krisenmanagement seinen Routinebetrieb auf. In Deutschland wurde Anfang 2013 das Zentrum für satellitengestützte Kriseninformation (ZKI) des DLR in den Regelbetrieb für das Bundesministerium des Innern überführt. Außerdem liefern Satellitendaten Wissenschaftlern wichtige Informationen über die Ursachen der Naturereignisse und helfen so, die damit verbundenen Risiken für Mensch und Umwelt zu verstehen und Vorhersagen zu verbessern.

COPING WITH DISASTERS

Floods, storms, earthquakes, and fires – nearly every day, some natural disaster happens somewhere on the planet. Humanitarian crises involving flows of refugees often trigger comparable emergencies, as has recently been the case in Syria, Sudan, or Somalia. To cope with such disastrous events, satellite data are used increasingly in relief campaigns. In 1999, the International Charter 'Space and Major Disasters' was founded specifically for purposes of this kind. In 2012, Europe's Copernicus (formerly GMES) service for disaster and crisis management took up its routine operations. In Germany, DLR's Centre for Satellite-Based Crisis Information (ZKI) began regular operations under the Federal Ministry of the Interior early in 2013. Furthermore, satellite data provide scientists with relevant information about the causes of natural phenomena, thus helping them to understand the associated humanitarian and environmental risks and to improve forecasts.



Der syrische Bürgerkrieg hat eine riesige Flüchtlingswelle ausgelöst. Viele Syrer wurden aus ihrer Heimat vertrieben. Rund 84.000 Flüchtlinge suchen im jordanischen Hilfscamp Al Zaatari Schutz. Satelliten wie WorldView-2 liefern Bilder, um die Größe des Flüchtlingslagers und die Zahl der Zelte im Camp einfacher zu bestimmen. So können Erweiterungs- und Baumaßnahmen im Camp besser geplant werden. Die Daten stellt das deutsche Zentrum für satellitengestützte Kriseninformation (ZKI) zur Verfügung.

The Syrian civil war is triggering huge waves of refugees. Many Syrians have had to flee their home towns. Some 84,000 of them are seeking shelter in Jordan's Al Zaatari refugee camp. Satellites such as WorldView-2 deliver images that make it easier to determine the size of the camp and the number of tents to support planning decisions on extensions and building projects on the camp premises. The data is being made available by the DLR Centre for Satellite-assisted Crisis Information (ZKI).

Katastrophen bewältigen Coping with disasters

Das Erdbeben vom 11. März 2011 rund 190 Kilometer vor der Japanischen Küste löste eine Flutwelle ungeahnten Ausmaßes aus und zerstörte weite Teile der Ostküste von Honshu. Weit mehr als 300.000 Häuser und Gebäude wurden zerstört, Straßen, Zugstrecken und ganze Landstriche unpassierbar. Etwa 19.000 Menschen kamen bei dieser Katastrophe ums Leben, 390.000 Menschen waren auf der Flucht.

Unmittelbar nach dem Tsunami wurde die International Charter „Space and Major Disasters“ (kurz „Charter“) aktiviert. Satellitenaufnahmen der Charter-Mitgliedsorganisationen dienten den Hilfskräften zur Orientierung in dieser unübersichtlichen Lage und stellten eine bedeutende Grundlage für die Planung und Durchführung von Nothilfemaßnahmen dar. Auch das DLR leistete wichtige Beiträge, indem es innerhalb nur eines Tages aktuelle Aufnahmen von TerraSAR-X und RapidEye zur Verfügung stellte. Das Zentrum für satellitengestützte Kriseninformation (ZKI) des DLR in Oberpfaffenhofen beteiligte sich außerdem an den notwendigen Kartierungsarbeiten, um den Rettungskräften unmittelbar verwertbare Informationen zu liefern. Seit Oktober 2010 ist das DLR Mitglied in der Charter.

Ereignisse wie das Erdbeben vor Honshu sind auch eine wichtige Gelegenheit für die wissenschaftliche Forschung. Deshalb stellten das DLR und andere Raumfahrtorganisationen nach dem Beben Satellitendaten für wissenschaftliche Untersuchungen im Rahmen der „GEO Geohazard Supersite and Natural Laboratories“-Initiative bereit. Die Idee dabei ist, in tektonisch besonders aktiven Regionen natürliche Laboratorien mit optimaler Datenlage zu schaffen, mit der Forscherteams weltweit arbeiten können.

Die mit Abstand häufigsten Katastrophen sind jedoch meteorologisch bedingt: zum Beispiel Stürme, Hagel, Starkregen, Hitzewellen und Überflutungen. Der finanzielle Schaden eines einzigen Sturms wie „Sandy“, der im Oktober 2012 auch die US-Metropole New York verwüstete, wird vom auf Risikoanalysen spezialisierten Versicherungsdienstleister Eqecat auf rund 15,5 Milliarden US-Dollar geschätzt. Ohne die frühzeitige Warnung vor Extremwetterlagen wären die finanziellen Auswirkungen ungleich höher. Die wetterbedingten Naturkatastrophen werden, bedingt durch den globalen Klimawandel, an Zahl und Intensität weiter zunehmen.

The earthquake that occurred on March 11, 2011 around 190 kilometres off the Japanese coast triggered an enormous tidal wave and destroyed vast areas on the east coast of Honshu. Far more than 300,000 houses and buildings were laid waste, roads, railway lines, and entire tracts of land became impassable. Some 19,000 people lost their lives in the disaster, and 390,000 had to flee their homes.

The International Charter 'Space and Major Disasters' ('Charter for short) was activated immediately after the tsunami. Satellite images provided by member organisations of the Charter helped relief forces to get their bearings in this puzzling situation, forming an important basis for planning and implementing relief measures. DLR, too, contributed a great deal by supplying up-to-date images taken by TerraSAR-X and RapidEye within a single day. In addition, DLR's Centre for Satellite-assisted Crisis Information (ZKI) at Oberpfaffenhofen took part in generating the maps required to provide the relief forces with immediately useful information. DLR has been a member of the Charter since October 2010.

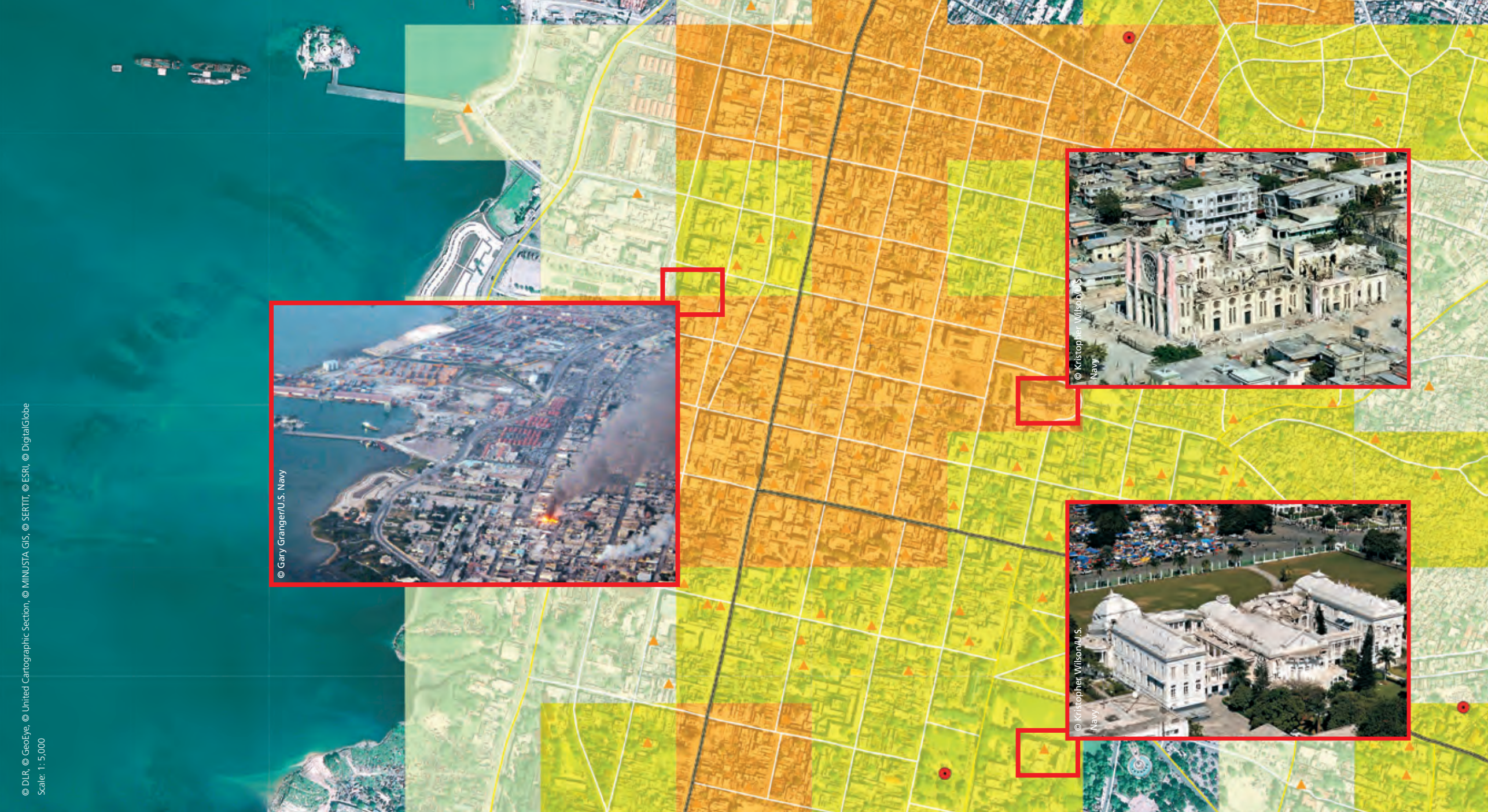
At the same time, events like the earthquake of Honshu provide scientists with important research opportunities. This is why, after the quake, DLR and other space organisations released satellite data for scientific studies under the 'GEO Geohazard Supersite and Natural Laboratories' initiative. The idea behind this initiative is to set up natural laboratories in regions of unusual tectonic activity, supplying prime data material to be shared by research teams worldwide.

However, the most frequent disasters by far are of meteorological origin: gales, hail storms, cloud bursts, heat waves, and floods, to name but a few. Eqecat, an insurance service provider that specialises in risk analysis, estimates that the financial damage caused by a single storm like 'Sandy', which devastated the American metropolis of New York in October 2012, amounts

Hurrikan Sandy sorgte am 29. Oktober 2012 in New York für Überschwemmungen.

Hurricane Sandy caused extensive flooding in New York on October 29, 2012.





Am 12. Januar 2010 bebte um 21:53 UTC in Haiti die Erde. Das Epizentrum des schweren Bebens lag etwa 25 Kilometer südwestlich der Hauptstadt Port-au-Prince. 316.000 Menschen fielen den starken Erschütterungen zum Opfer, über 310.000 weitere Personen wurden verletzt und schätzungsweise 1,85 Millionen Menschen obdachlos. Insgesamt sind etwa 3,2 Millionen Menschen, das heißt ein Drittel der Bevölkerung Haitis, von der Naturkatastrophe betroffen. 250.000 Wohnungen und 30.000 Geschäfte wurden zerstört. Auch der Hafen, der Präsidentenpalast und die Kathedrale „Notre-Dame de L'Assomption“ blieben nicht von dem Beben verschont. Der entstandene wirtschaftliche Schaden wird mit etwa 7,8 Milliarden US-Dollar angegeben. Das DLR hat über das Zentrum für satellitengestützte Kriseninformation (ZKI) die Hilfskräfte vor Ort mit Kartenmaterial unterstützt. Unter anderem lieferte der Satellit GeoEye-1 hierfür die Daten.

The ground began to shake in Haiti at 21:53 UTC on January 12, 2010. The epicentre of the severe earthquake was about 25 kilometres south-west of the capital, Port-au-Prince. The tremor killed 316,000 people, over 310,000 were injured, and an estimated 1.85 million people were left homeless. A total of 3.2 million people, i.e. one third of the country's population, were affected by the disaster. 250,000 housing units and 30,000 commercial buildings were destroyed. Neither the port, nor the presidential palace, nor the cathedral were left unharmed. According to estimates, the damage to the economy amounts to some 7.8 billion USD. DLR assisted relief workers with maps generated by its Centre for Satellite-assisted Crisis Information (ZKI). The data were - amongst others - delivered..

Überflutungen stellen besondere Anforderungen an die satellitengestützte Erdbeobachtung, denn häufig verdecken Wolken über dem betroffenen Gebiet die Sicht. Aufnahmen der Erdoberfläche sind dann im Bereich des sichtbaren Lichts nicht möglich. Radarsatelliten hingegen senden ihre Signale durch diese Wolkenschichten hindurch und empfangen das zurückgeworfene „Echo“. Daraus lassen sich Bilder herstellen, die für das Management von Katastrophen wichtig sind. So waren beispielsweise im Februar 2012 in Bulgarien nach schweren Schneefällen Dämme gebrochen und weite Landstriche wurden überspült. Der Copernicus- (vormals GMES-) Notfalldienst wurde ausgelöst, Radarbilder von TerraSAR-X zeigten das gesamte Ausmaß der Katastrophe und trugen so dazu bei, die Hilfskräfte zu unterstützen.

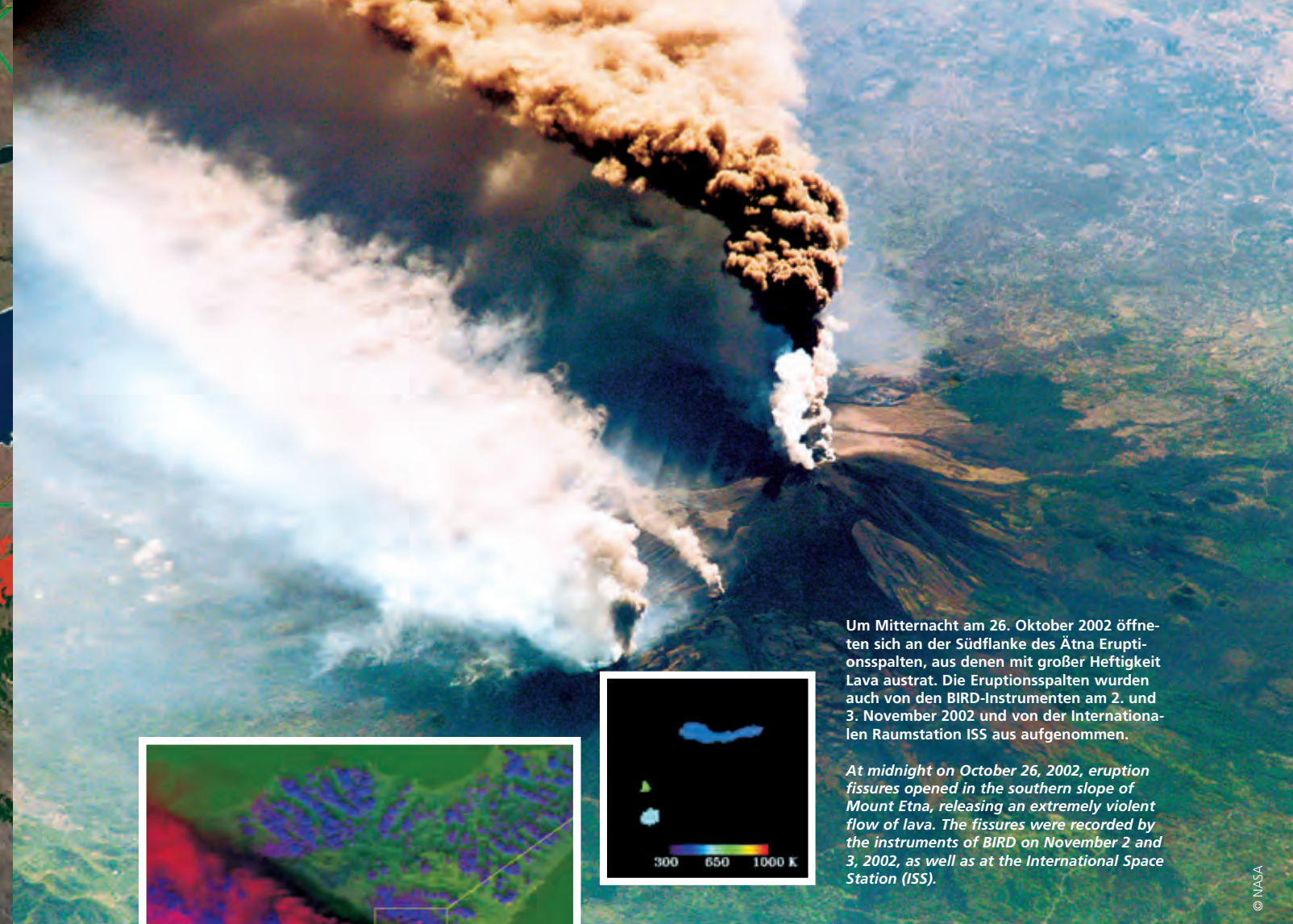
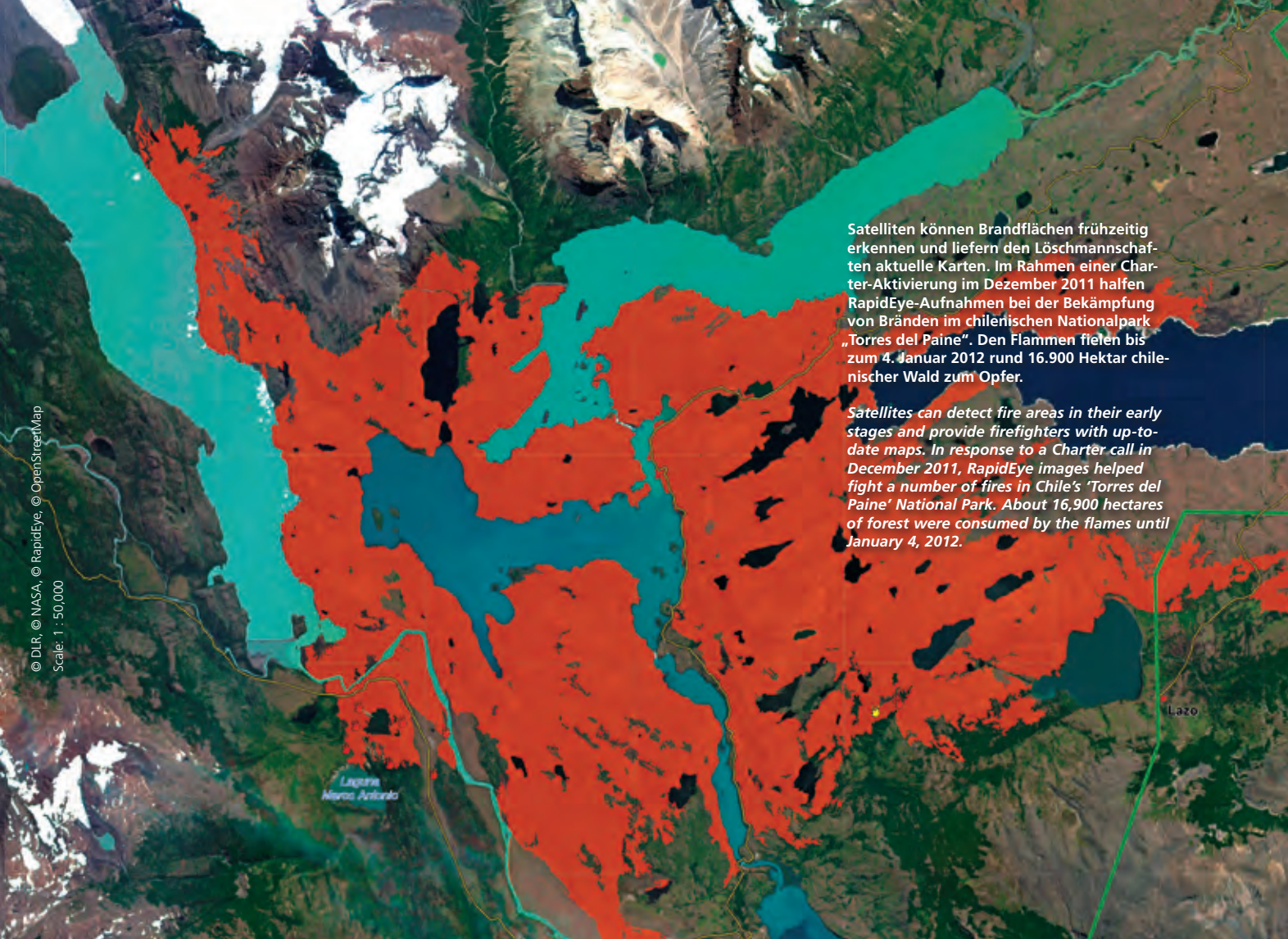
Ein weiteres Problem stellen großflächige Brände dar. Allein in der Europäischen Union fallen jährlich rund 500.000 Hektar Wald den Flammen zum Opfer. Satelliten helfen, Brandherde frühzeitig zu erkennen, und sie liefern den Löschmannschaften aktuelle Karten. Möglich wird dies vor allem durch den Einsatz von Infrarotaufnahmen. Zum einen geben Feuer durch ihre hohen Temperaturen mehr Infrarotstrahlung ab als die Vegetation und lassen sich hierdurch leicht lokalisieren. Zum anderen sind die Rauchwolken für Infrarotstrahlung teilweise durchsichtig, so dass die Brandherde aus der Umlaufbahn zu erkennen sind. Im Rahmen einer Charter-Aktivierung im Dezember 2011 halfen RapidEye-Aufnahmen bei der Bekämpfung von Bränden im Chilenischen Nationalpark „Torres del Paine“.

to around 15.5 billion dollars. Without early extreme-weather warnings, the financial impact would have been incomparably greater. And the incidence and intensity of weather-related natural disasters will continue to increase because of the global climate change.

Floods present a particular challenge to satellite-based Earth observation because the areas concerned are frequently hidden by clouds which make it impossible to photograph the surface in the visible-light spectrum. Radar satellites, on the other hand, transmit signals through these cloud layers and receive an 'echo' back. This echo can be converted into images to facilitate the management of disasters. In February 2012, for example,

dams collapsed in Bulgaria after heavy snowfalls, and vast tracts of land were flooded. The Copernicus (formerly GMES) emergency service was activated; radar images taken by TerraSAR-X showed the full extent of the disaster and thus contributed towards supporting the relief forces.

Large conflagrations constitute another problem. In the European Union alone, around 500,000 hectares of forest fall victim to the flames every year. Satellites assist in the timely identification of fire sources and provide firemen with up-to-date maps. The most common method applied is infrared imagery. On the one hand, fires emit more infrared radiation than the surrounding vegetation because of their high temperature, which



Die wissenschaftliche Analyse von Naturkatastrophen könnte zukünftig auch für Frühwarndienste genutzt werden. Hierfür eignet sich das Verfahren der Radar-Interferometrie. Bei diesem Verfahren beobachtet man ein Gebiet in bestimmten Zeitabständen mehrere Male. Überlagert man die Aufnahmen anschließend im Computer, so werden horizontale und vertikale Bewegungen, die zwischen den Aufnahmen stattgefunden haben, sichtbar. Mit den beiden europäischen Radarsatelliten ERS 1 und 2 hat man diese Technik sehr erfolgreich angewandt. Mit bislang unerreichter Präzision ist eine derartige wissenschaftliche Analyse von Naturkatastrophen mit den beiden deutschen Satelliten TerraSAR-X und TanDEM-X möglich.

Durch TerraSAR-X-Daten ließen sich die tektonischen Verschiebungen auf der Insel Haiti bei dem Erdbeben vom 12. Januar 2010 exakt vermessen. Diese Daten fanden Eingang in ein geologisches Modell, mit dem das Risiko für zukünftige Beben und deren Auswirkungen in diesem Gebiet berechnet werden.

Vulkanforscher beobachten mit Methoden der Interferometrie bereits seit 1992, wie sich der Ätna rhythmisch hebt und senkt. Dies führt zu einem besseren Verständnis der Vorgänge im Innern des Vulkans, was die Vorhersagemöglichkeit von zukünftigen Ausbrüchen erhöht.

Der Anwendungsbereich der Radar-Interferometrie ist äußerst vielfältig. Er reicht vom millimetergenauen Vermessen des Absinkens der Lagunenstadt Venedig über das Monitoring von Hangrutschungen bis hin zu Aufzeichnungen der Bodenabsenkungen nach den Überflutungen in New Orleans. Auch Senkungsvorgänge im Zusammenhang mit früheren Bergbauaktivitäten können auf diese Weise überwacht werden. In dicht besiedelten Gebieten helfen solche Beobachtungen, Gefahren rechtzeitig zu erkennen und die Bevölkerung zu schützen.

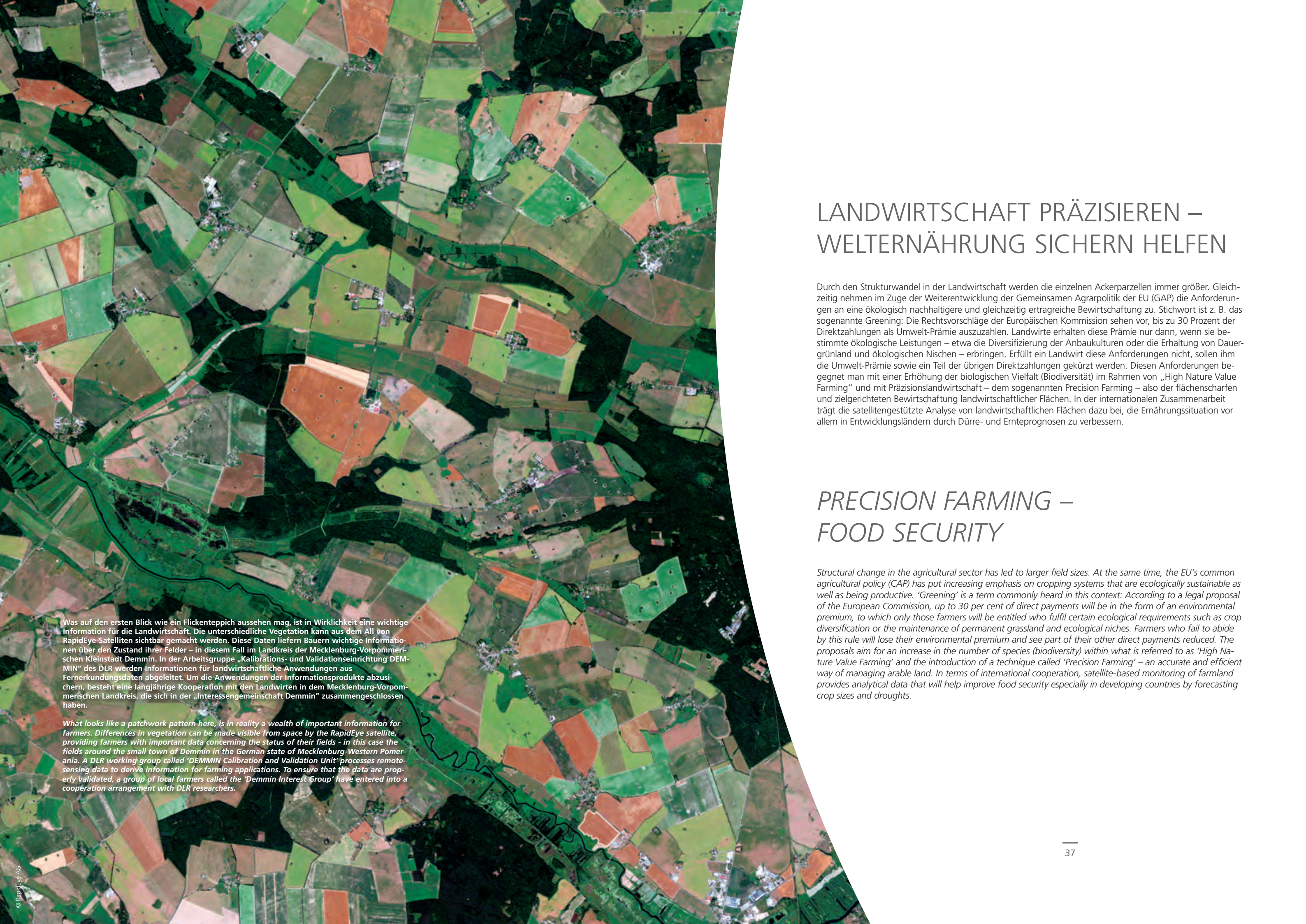
makes them easy to localise. On the other hand, smoke clouds are partly transparent in the infrared, so that fire sources can be identified from orbit. When the Charter was activated in December 2011, for example, RapidEye images assisted in fighting fires in the Chilean Torres del Paine national park.

In the future, scientific analyses of natural disasters might also be used by early warning services. Radar interferometry is a method suitable for this purpose. It involves observing a certain area several times at specific intervals. When the images are superimposed on a computer, horizontal and vertical movements that have taken place between images are revealed. This technique has been applied with great success using two European radar satellites, ERS 1 and 2. Two German satellites, TerraSAR-X and TanDEM-X, permit such a scientific analysis of natural disasters with hitherto unequalled precision.

TerraSAR-X data made it possible to exactly measure the tectonic displacements caused by the earthquake of January 12, 2010 on the island of Haiti. These data were incorporated in a geological model for computing the risk of future quakes and their effects in this area.

Volcano researchers have employed interferometry methods to observe the rising and sinking of Mount Etna ever since 1992. This improves their understanding of what is happening in the interior of the volcano as well as their chances of predicting future eruptions.

The range of applications of radar interferometry is very broad. It includes measuring the subsidence of the city of Venice into its lagoon, monitoring landslides, and survey ground subsidence in the wake of the New Orleans flood. Subsidence related to former mining activities can similarly be monitored in this way. In densely populated areas, such observations serve to identify dangers at an early time and thus protect the population.



LANDWIRTSCHAFT PRÄZISIEREN – WELTERNÄHRUNG SICHERN HELFEN

Durch den Strukturwandel in der Landwirtschaft werden die einzelnen Ackerparzellen immer größer. Gleichzeitig nehmen im Zuge der Weiterentwicklung der Gemeinsamen Agrarpolitik der EU (GAP) die Anforderungen an eine ökologisch nachhaltigere und gleichzeitig ertragreiche Bewirtschaftung zu. Stichwort ist z. B. das sogenannte Greening: Die Rechtsvorschläge der Europäischen Kommission sehen vor, bis zu 30 Prozent der Direktzahlungen als Umwelt-Prämie auszus zahlen. Landwirte erhalten diese Prämie nur dann, wenn sie bestimmte ökologische Leistungen – etwa die Diversifizierung der Anbaukulturen oder die Erhaltung von Dauergrünland und ökologischen Nischen – erbringen. Erfüllt ein Landwirt diese Anforderungen nicht, sollen ihm die Umwelt-Prämie sowie ein Teil der übrigen Direktzahlungen gekürzt werden. Diesen Anforderungen begegnet man mit einer Erhöhung der biologischen Vielfalt (Biodiversität) im Rahmen von „High Nature Value Farming“ und mit Präzisionslandwirtschaft – dem sogenannten Precision Farming – also der flächenscharfen und zielgerichteten Bewirtschaftung landwirtschaftlicher Flächen. In der internationalen Zusammenarbeit trägt die satellitengestützte Analyse von landwirtschaftlichen Flächen dazu bei, die Ernährungssituation vor allem in Entwicklungsländern durch Dürre- und Ernteprognosen zu verbessern.

PRECISION FARMING – FOOD SECURITY

Structural change in the agricultural sector has led to larger field sizes. At the same time, the EU's common agricultural policy (CAP) has put increasing emphasis on cropping systems that are ecologically sustainable as well as being productive. 'Greening' is a term commonly heard in this context: According to a legal proposal of the European Commission, up to 30 per cent of direct payments will be in the form of an environmental premium, to which only those farmers will be entitled who fulfil certain ecological requirements such as crop diversification or the maintenance of permanent grassland and ecological niches. Farmers who fail to abide by this rule will lose their environmental premium and see part of their other direct payments reduced. The proposals aim for an increase in the number of species (biodiversity) within what is referred to as 'High Nature Value Farming' and the introduction of a technique called 'Precision Farming' – an accurate and efficient way of managing arable land. In terms of international cooperation, satellite-based monitoring of farmland provides analytical data that will help improve food security especially in developing countries by forecasting crop sizes and droughts.

Was auf den ersten Blick wie ein Flickenteppich aussehen mag, ist in Wirklichkeit eine wichtige Information für die Landwirtschaft. Die unterschiedliche Vegetation kann aus dem All von RapidEye-Satelliten sichtbar gemacht werden. Diese Daten liefern Bauern wichtige Informationen über den Zustand ihrer Felder – in diesem Fall im Landkreis der Mecklenburg-Vorpommerschen Kleinstadt Demmin. In der Arbeitsgruppe „Kalibrations- und Validationseinrichtung DEMMIN“ des DLR werden Informationen für landwirtschaftliche Anwendungen aus Fernerkundungsdaten abgeleitet. Um die Anwendungen der Informationsprodukte abzuschern, besteht eine langjährige Kooperation mit den Landwirten in dem Mecklenburg-Vorpommerschen Landkreis, die sich in der „Interessengemeinschaft Demmin“ zusammengeschlossen haben.

What looks like a patchwork pattern here, is in reality a wealth of important information for farmers. Differences in vegetation can be made visible from space by the RapidEye satellite, providing farmers with important data concerning the status of their fields - in this case the fields around the small town of Demmin in the German state of Mecklenburg-Western Pomerania. A DLR working group called 'DEMMIN Calibration and Validation Unit' processes remote-sensing data to derive information for farming applications. To ensure that the data are properly validated, a group of local farmers called the 'Demmin Interest Group' have entered into a cooperation arrangement with DLR researchers.

Große landwirtschaftliche Flächen weisen oft ungleichmäßige Standortbedingungen auf. Die Folge: Pflanzen gedeihen unregelmäßig und so ist ihr Ertrag oft nicht optimal. Precision Farming berücksichtigt die Unterschiede des Bodens und der Ertragsfähigkeit innerhalb eines Feldes. Satellitendaten helfen dem Landwirt bei der Bestellung des Ackerlandes, indem die Aufbringung von Saatgut, Pflanzenschutzmitteln, Dünger und Beregnungswasser optimiert wird, während der Ernteertrag wächst. Gerade unter den strengen EU-Vorgaben zu stickstoffhaltigem Dünger, Phosphaten und Pflanzenschutzmitteln ist Präzisionslandwirtschaft eine wichtige Maßnahme.

Bei dem satellitengestützten Precision Farming wird aus den Fernerkundungsdaten der Vegetationszustand, beispielsweise eines Getreidefeldes, bestimmt und in ein Geografisches Informationssystem eingegeben. Bei der Feldarbeit wird im Idealfall der Traktor per GPS genau gesteuert, während ein programmierbares Dosiergerät dafür sorgt, dass Dünger oder Wasser gemäß per Satellit bestimmter Verteilung des Vegetationszustands bedarfsgerecht aufgebracht wird. Liegen von einem Feld Aufnahmen aus mehreren Jahren vor, so kann man daraus eine Karte der Bodengüte erstellen und so Saatgut und Bewässerung individuell dosieren.

RapidEye-Satellitendaten mit einer Auflösung von etwa fünf Metern ermöglichen ein sinnvolles Precision Farming ab einer Ackerfläche von vier bis fünf Hektar. In Zukunft wird auch der Satellit Sentinel-2 entsprechende Daten für die Landwirtschaft liefern. Deutsche Dienstleistungsunternehmen, welche die Karten erstellen und die Landwirte technisch unterstützen, sind mittlerweile international, zum Beispiel in Mexiko und Brasilien, aktiv, wo sehr viel größere Felder bearbeitet werden als in Deutschland.

Auch in der Forstwirtschaft werden räumlich hoch aufgelöste Karten eingesetzt. Dies dient unter anderem dazu, voneinander abweichende nationale und internationale Definitionen zu vereinheitlichen. Die "High-Resolution Layer" des Copernicus-Landdienstes liefern europaweit Daten zu Waldtypen und den entsprechenden Bedeckungsgraden, um eine umfangreiche Forstkartierung zu ermöglichen. Nutzer solcher Dienste sind die Europäische Umweltagentur oder untergeordnete Behörden. Das Copernicus-Service-Element Forest Monitoring hat über Jahre hinweg Satellitenaufnahmen von Wäldern mit anderen Daten kombiniert.

Mit regelmäßigem Monitoring, das durch die neuen Copernicus Sentinel-Satelliten ab 2014 ermöglicht wird, lassen sich in großen Waldgebieten Schäden kartieren, wie sie nach Stürmen, Bränden oder Insektenbefall entstehen. Dies wird gegenwärtig zum Beispiel im Vorhaben EUFODOS demonstriert. Dies ist nicht nur in unübersichtlichen, schwer zugänglichen Regionen, sondern auch in deutschen Wäldern sehr hilfreich, wenn nach Schadenfällen schnelle und vergleichbare Informationen benötigt werden.

A large field will often vary in its local conditions. The consequence: irregular growth of crop plants and often sub-optimal yields. Precision farming takes into account the differences in soil quality and yield capacity within a single field. Supported by satellite data, farmers can improve their results by making the most efficient use of seeds, pesticides, fertilisers and irrigation water while at the same time increasing their yields. – A particularly important aspect is the very restrictive policy of the EU concerning the use of nitrogen fertilisers, phosphates, and pesticides, which makes precision farming an important option.

Satellite-assisted precision farming uses remote-sensing data to determine the vegetation state of, for example, a grain field, and feeds the relevant data into a geographic information system. When working in the field, the tractor's itinerary can ideally be controlled by GPS, while a programmable metering unit ensures that fertiliser and water are applied where required, in adequate amounts defined based on the relevant vegetation data determined by satellite observation. If image data of several years are available for the field it is possible to generate a soil quality map, and to adjust seeds and water on an individual basis.

Precision farming using RapidEye satellite data with a resolution of about five metres starts to make sense for plot sizes from four or five hectares upwards. In future, the Sentinel-2 satellite, too, will deliver such data for farming purposes. German specialist firms who generate maps and offer technical support to farmers have meanwhile gone international, working in places like Mexico or Brazil where field sizes are much larger than in Germany.

The forestry sector, too, is increasingly relying on high-resolution 3D maps. One intention here is to standardise national and international definitions. The 'High-Resolution Layers' of the Copernicus land service element deliver data on forest types with their corresponding land cover data to enable a comprehensive mapping of forests at a European scale. The users of these services are the European Environmental Agency or its subsidiary bodies. Over many years now, the Forest Monitoring service element of Copernicus has been compiling satellite images of forest areas and combining them with other data.

Regular monitoring, which will become possible by 2014 thanks to the new Sentinel satellites of the Copernicus programme, will produce maps that fully document major forest damage after weather events, fires, or insect attack. This possibility is currently being demonstrated in projects such as EUFODOS. The approach will be helpful not only in complex, hard-to-access areas, but also in German forests, whenever a quick supply of before-and-after data is required following an event of damage or loss.

The continuous growth of the world population confronts mankind with major challenges. Even now, more than 800 million people suffer from hunger and malnutrition. Satellites might help ease this problem. Using a combination of satellite and in-situ data it is possible to map crop growth and plant health status, and to make yield forecasts. So, in the run-up to a pending drought, early arrangements can be made for relief deliveries to the affected areas.

Vom Weltraum aus lassen sich verschiedene Waldarten unterscheiden und ihr aktueller Zustand analysieren. Satelliten wie RapidEye helfen dabei, Vegetationsarten zu bestimmen und das Wachstum sowie den Gesundheitszustand der Pflanzen zu bewerten. Dieses Satellitenbild zeigt den etwa 65 Kilometer nordöstlich von Berlin gelegenen Schorfheider Wald, eines der größten zusammenhängenden Waldgebiete in Deutschland. Teile des Schorfheider Waldes wurden in das UNESCO Weltkulturerbe aufgenommen.

Space-borne instruments can distinguish between different types of forest and analyse their current status. Satellites like RapidEye help determine vegetation types and assess the growth and health status of plants. This satellite image shows the Schorfheide forest, located about 65 kilometres to the north-east of Berlin. It is one of Germany's largest coherent forest areas. Part of the Schorfheide forest features on the UNESCO Natural Heritage List.

Im Juli 2010 wüteten in Russland schwere Wald- und Torfbrände. Die russische Hauptstadt Moskau versank im Smog, der auch die Basilius-Kathedrale einhüllte. Meteorologen erklärten, die Schadstoffbelastung habe einen kritischen Wert erreicht, und auch gesunde Menschen sollten sich vor dem Rauch schützen. Einwohner klagten über Reizungen der Augen und der Atemwege. Der europäische Umweltsatellit Envisat hat mit seinem Medium Resolution Imaging Spectrometer (MERIS) ein beeindruckendes Bild von den Waldbränden in Zentralrussland, speziell um Moskau herum, aufgenommen.

Heavy forest and peat fires raged in Russia in July 2010, making Russia's capital Moscow disappear under a cloak of smog, which also shrouded Saint Basil's Cathedral. According to meteorologists, the pollution load had reached a critical value, and even healthy people were advised to seek shelter from the smoke-laden air. Residents suffered from irritation of the eyes and respiratory tracts. The Medium Resolution Imaging Spectrometer (MERIS) on the European environmental satellite, Envisat, produced this impressive image showing how the forest fires affected central Russia, and particularly the region around Moscow.



Die ständig wachsende Weltbevölkerung stellt die Menschheit vor große Herausforderungen. Schon jetzt leiden mehr als 800 Millionen Menschen unter Hunger und Unterernährung. Satelliten können zur Lösung dieses Problems beitragen. In Kombination mit Modellen und lokalen Daten ist es möglich, den Wachstumsgrad und Gesundheitszustand der Feldfrüchte zu kartieren und Ertragsprognosen abzugeben. So können rechtzeitig Vorkehrungen für Hilfslieferungen bei sich abzeichnenden Dürren getroffen werden.

Das ESA-Projekt Global Monitoring for Food Security sowie das EU-Projekt Geoland zeigten erfolgreich die Nutzbarkeit solcher Informationen für Organisationen wie die UN Food & Agriculture Organisation oder das World Food Program als Entscheidungshilfe für notwendige Maßnahmen. Mit Coper-

nicus können sie nun routinemäßig und verlässlich produziert werden. Als Grundlage dienen die Daten der Sentinel-Satelliten, insbesondere von Sentinel-2. Sein Multispektral-Instrument MSI wird optische Bilder im sichtbaren und im Kurzwellen-Infrarot-Bereich in 13 Spektralkanälen mit einer Auflösung von bis zu zehn Metern bei einer Bildbreite von 290 Kilometern generieren. Sentinel-2 wird damit umfassend und nachhaltig Daten liefern, die als Grundlage für operationelle Dienste in den Bereichen Landwirtschaft (Nutzung, Bedeckung, Versiegelung), Forstwirtschaft (Bestand, Schäden, Waldbrände), Katastrophenschutz (Management, Frühwarnung) und humanitäre Hilfseinsätze dienen sollen. Daneben werden auch Wetterdaten von Meteosat sowie höher aufgelöste Aufnahmen von RapidEye, und bei häufiger Bewölkung Radaraufnahmen von TerraSAR-X und Sentinel-1 benötigt.

The benefit of such information as decision support for important actions of organisations such as the UN Food & Agriculture Organisation or the World Food Programme was successfully demonstrated by ESA's Global Monitoring for Food Security programme as well as by the EU's Geoland scheme. Thanks to Copernicus, the information can now be produced reliably as an ongoing routine. The data input will be provided by the Sentinel satellites, in particular by Sentinel-2. Its Multispectral Instrument (MSI) will generate optical images in the visible and short-wave infrared range, which will be delivered through 13 spectral channels at a resolution of down to ten metres and an image size of 290 kilometres. Sentinel-2 will thus provide a full and reliable stream of data that can feed into a variety of operational services in the fields of agriculture (land use, cover, soil sealing), forestry (size of forest areas, pest control, forest

fires), disaster response (management, early warning), as well as humanitarian aid operations. The range of services will further include weather information from Meteosat, as well as higher-resolution images from RapidEye, and in the case of cloudy skies, radar images from TerraSAR-X and Sentinel-1.



© Fuerza Aerea De Chile, © dpa

Die Sicherheit in der Schifffahrt ist wichtig für Volkswirtschaften. Hierfür müssen die Gewässer der Schifffahrtsrouten eisfrei sein. Der europäische Umweltsatellit Envisat mit seinem ASAR-Instrument lieferte bis zu seinem Betriebsende Daten, die Auskunft darüber geben, ob eine Passage gefahrlos befahrbar ist, um Schiffsunglücke durch Eisbergkollisionen zu vermeiden.

Safe shipping is important for national economies. This implies that shipping routes must be ice-free. Until its de-commissioning, the European environmental satellite, Envisat, and its ASAR instrument delivered information on the condition of shipping routes and thus helped prevent naval accidents caused by collisions with icebergs.

VERKEHR SICHERN

Viele Verkehrsmittel auf dem Land, im Wasser und in der Luft nutzen Satellitendaten. Navigationsdienste dienen beispielsweise der Logistik. Wettervorhersagen sorgen insbesondere in der Luft- und Schifffahrt für Sicherheit. Zunehmend kommen aber auch Erdkundungssatelliten zum Einsatz, um Schiffe vor schwerem Seegang und Eis zu warnen. Selbst bei Piraterie beweisen sie ihr Potenzial.

SAFE TRANSPORT

Many modes of transport use satellite data, be it on land, at sea, or in the air. Positioning services are widely applied in the logistics sector. Weather forecasts are especially critical for the security of air and sea transport. Increasingly, Earth observation satellites are utilised to alert ships to heavy seas and ice. Even in the field of piracy control they have demonstrated their great potential.



Im Oktober 2011 lief das Container-Schiff Rena auf Grund. Wellen schaukelten das Schiff auf und brachten es zum Kentern. Aus dem All lassen sich Wellenbewegungen erkennen und Warnungen aussprechen. Der Satellit KOMPSAT-2 beobachtete im Rahmen der International Charter die Rena.

The container vessel MV Rena ran aground in October 2011. Heavy seas with high wave forces caused the ship to capsize. It is possible to monitor ocean waves using space-based instruments, and to issue warnings. Satellite KOMPSAT-2 monitored the Rena under the International Charter.



Rund 45.000 Handelsschiffe sind derzeit auf den Ozeanen unterwegs und transportieren fast sieben Milliarden Tonnen Güter pro Jahr. Über 90 Prozent des gesamten Welthandels und nahezu 70 Prozent des deutschen Im- und Exports werden über See abgewickelt. Die Sicherheit dieser Flotte zu garantieren, trägt zur Sicherung des globalen Handels bei.

Insbesondere auf hoher See bieten Satelliten neue Möglichkeiten der Überwachung. Sie erkennen Schiffe und bestimmen deren genaue Positionen. Die zeitversetzten Aufnahmen der deutschen Radarsatelliten TerraSAR-X und TanDEM-X ermöglichen es, die Geschwindigkeit von Schiffen bis auf etwa einen Kilometer pro Stunde genau zu ermitteln. Die maritime Anwendung des TerraSAR-X/TanDEM-X-Verkehrsprozessors TTP ermöglicht außerdem die Messung der Tidengeschwindigkeit (Gezeitenströmung) und das Aufspüren von kleinen Speedbooten zur Unterbindung von Schmuggelrouten. Auch havarierte Container oder größeres Treibgut nach Schiffsunfällen können Satelliten erkennen und als potenzielle Gefahr für die Schifffahrt belegen.

Im Rahmen des vom DLR geförderten Projekts DeMarine werden solche Anwendungen getestet. So wurde ein echtzeitfähiger Schiffsdetektions-Algorithmus an der DLR-Antennenstation in Neustrelitz eingeführt, mit dem Schiffe anhand von TerraSAR-X-Bilddaten erkannt und die Ergebnisse an Nutzer geliefert werden können.

Gefahr durch Wellen, Eis und Piraten

Eine der größten Gefahren auf hoher See sind Wellen, die Schiffe unkontrolliert um ihre Längsachse aufschaukeln. Das sogenannte parametrische Rollen tritt dann ein, wenn Abstand und Höhe von Wellenzügen mit einer bestimmten Geschwindigkeit und Richtung das Schiff in eine extreme Krängung zwingen.

In einem Seegangsexperiment konnten Wissenschaftler des DLR zeigen, dass sich Satellitendaten sehr gut eignen, um Schiffe vor solchen Gefahren zu warnen. In diesem Versuch wurden National Oceanic and Atmospheric Administration (NOAA)- und Meteosat-Aufnahmen für die aktuelle Wettervorhersage genutzt sowie aus den Radardaten von Envisat und TerraSAR-X die Wind- und Seegangsfelder bestimmt. Diese kombinierten Daten wurden mit Vor-Ort-Messungen des Forschungsschiffes Polarstern verifiziert. Das Experiment hat gezeigt, dass sich solche Daten zukünftig in meteorologische Vorhersagen einbeziehen lassen und Warnungen für die Schifffahrt ermöglichen. Der Radarsatellit Sentinel-1 wird diese Möglichkeit ab 2014 weiter verbessern.

Some 45,000 merchant ships are currently sailing the seas, carrying nearly seven billion tons of goods every year. Over 90 per cent of the total world trade and nearly 70 per cent of German imports and exports are handled by sea transport. Guaranteeing the safety and security of merchant fleets helps secure global trade.

Especially offshore, satellites offer new monitoring options. They can detect ships and determine their exact position. The image sequences made by Germany's radar satellites, TerraSAR-X and TanDEM-X, make it possible to determine a ship's speed with an accuracy of about one kilometre per hour. In its maritime application, the TTP transport processor of the TerraSAR-X/TanDEM-X duo is also able to measure tidal flow velocities and to spot small speedboats, thus helping control smuggling routes. It will also detect cargo containers and other major objects drifting in the sea following a shipwreck incident, which need to be recorded as a potential shipping hazard.

Such applications are tested under a DLR-funded project called DeMarine. Under this project, a real-time capable ship detection algorithm was introduced at DLR's Neustrelitz satellite receiver station to locate ships by means of TerraSAR-X image data and deliver the information to their owners.

Hazards imposed by waves, ice, and pirates

One of the greatest hazards at sea is when waves make a ship build up uncontrolled momentum along its longitudinal axis. Called parametric rolling, this motion occurs when, given a wave of a specific velocity and angle, the distance between and height of wave crests force a ship into an extreme degree of heel.

By means of a heavy-seas experiment, DLR scientists were able to demonstrate the usefulness of satellite data to alert ships to such perils. The experiment was based on images from the National Oceanic and Atmospheric Administration (NOAA) as well as Meteosat imagery for making up-to-date weather forecasts as well as using radar data from Envisat and TerraSAR-X to identify wind and wave fields. The combined datasets were verified against in-situ measurements delivered by the 'Polarstern' research vessel. The experiment has clearly demonstrated that such data can in future be included in meteorological information services and add to the quality of shipping forecasts. From 2014 onwards, this option will be further enhanced by the radar satellite Sentinel-1.



Auch Treibgut und Container können von Satelliten aus dem Weltraum geortet werden. Die ESA hat hierfür das CONT-TRAK-Projekt ins Leben gerufen.

Satellites can also track down flotsam and drifting containers from space. For this purpose, ESA has launched a project called CONT-TRAK.

Jedes Jahr müssen Eisbrecher für bis zu 7.000 Schiffe den Weg durch die Ostsee frei machen. Satelliten liefern hierfür Karten der Eisdicke und sichtbare gefährliche Eisberge, die sich zu Tausenden in diesem Gebiet aufhalten. Die nach dem Untergang der Titanic gegründete International Ice Patrol erhält die Daten innerhalb von 30 Minuten nach der Satellitenaufnahme, baut diese Informationen in Drift- und Schmelzmodelle ein und leitet daraus Vorhersagen über die Bewegung der Eisberge ab. Diese Informationen bieten Schutz vor Unfällen und reduzieren die Einsätze von Eisbrechern auf das absolut notwendige Maß. Schätzungen zufolge lässt sich dadurch die Hälfte des Treibstoffs für die Eisbrecher einsparen. Die Zeitersparnis senkt zudem die Einsatzkosten um bis zu 2.000 Euro pro Tag. Mit Messungen des Copernicus Sentinel-1-Satelliten wird sich die Verfügbarkeit von Radardaten und damit die regelmäßige Wiederholung der Überwachung deutlich erhöhen.

In den letzten Jahren hat sich die Piraterie vor der Küste Somalias drastisch verschärft. Die UN schätzen die damit verbundenen jährlichen Kosten auf fünf bis sieben Milliarden US-Dollar. Das International Maritime Bureau (IMB) registrierte im Jahr 2012 278



Piratenangriffe – allein 212 durch somalische Seeräuber. Im Rahmen des Projekts Piracy, Maritime Awareness and Risks der Europäischen Kommission wurden technische Methoden getestet, die die Gefahr für die Schifffahrt reduzieren könnten. Mit Radarsatelliten lassen sich gekaperte Schiffe eindeutig identifizieren und ihre Positionen und Bewegungen verfolgen – eine einzigartige Möglichkeit, sobald ein Schiff nicht über das Automatic Identification System (AIS) auffindbar ist. AIS sendet routinemäßig Positionsinformationen an Landstationen, wird aber von Piraten nach Übernahme eines Schiffes in der Regel sofort abgeschaltet.

Insbesondere die unterschiedlichen Auflösungsmodi und die Steuerbarkeit des Antennenstrahls von TerraSAR-X erweisen sich als extrem nützlich in diesem Zusammenhang. So konnte beispielsweise Ende 2008 der gekaperte, unter liberianischer Flagge fahrende saudiarabische Supertanker „Sirius Star“ genau lokalisiert und sein Weg verfolgt werden. Die mit rund zwei Millionen Barrel Rohöl im Wert von rund 100 Millionen US-Dollar beladene „Sirius Star“ war auf dem Weg vom Persischen Golf in die USA, als sie vor der kenianischen Küste angegriffen und in somalische Gewässer nahe der Stadt Harardhere geschleppt und knapp drei Monate festgehalten wurde – der bedeutendste Piratenüberfall in der heutigen Zeit. Auf Bildern mit hoher Auflösung waren sogar die Brücke, die Tankleitungen und die Helikopterdecks des 332 Meter langen Schiffes zu erkennen. Durch diese Detailaufnahmen können Erdbeobachtungssatelliten wichtige Informationen zur Pirateriebekämpfung beisteuern.

Der unter liberianischer Flagge fahrende saudische Supertanker Sirius Star wurde am 15. November 2008 von Piraten gekidnappt. Niemand wusste zunächst, wo das Schiff sich befand, ehe der deutsche Radarsatellit TerraSAR-X den Öltanker vor der somalischen Küste in der Nähe der Stadt Harardhere aufspürte.

The Saudi supertanker MV Sirius Star, registered under Liberian flag, was hijacked by pirates on November 15, 2008. The whereabouts of the oil tanker were unknown at first, until she was spotted off the Somali coast near the city of Harardhere by the German radar satellite TerraSAR-X.



Im Golf von Aden stellt eine Spezialeinheit des amerikanischen Zerstörers USS Farragut ein mögliches Piratenschiff.

A special unit of the American destroyer vessel, USS Farragut, capturing a suspected pirate ship in the Gulf of Aden.

Each year, ice breakers must clear shipping routes for up to 7,000 vessels on the Baltic Sea. Satellites keep them updated with maps pointing out ice thicknesses and sightings of hazardous icebergs which populate these waters by the thousands. Originally founded after the sinking of the Titanic, the International Ice Patrol receives those data within 30 minutes after a satellite image has been shot, feeds it into its drifting and melting models from which it then calculates forecasts with regard to the iceberg's projected itinerary. This information offers protection against accidents and reduces the need for icebreaker operations to a necessary minimum. According to estimates, this reduces the fuel consumption of the icebreaker fleet by 50 per cent. Moreover, thanks to the time saved, the overall cost of operation is cut by up to 2,000 euros per day. The availability of radar data and the frequency of monitoring will be significantly increased once data from the Copernicus Sentinel-1 satellites become available.

Ein nicht alltägliches Ereignis im Golf von Aden: Die bei der EU Anti-Piraterie-Operation Atalanta eingesetzte Fregatte Rheinland-Pfalz begegnete dem Kreuzfahrtschiff MS Deutschland. Die MS Deutschland hatte sich für die Fahrt durch den Schutzkorridor der Operation Atalanta angemeldet.

Not something you can see every day in the Gulf of Aden: the German navy frigate Rheinland-Pfalz, on duty as part of the EU anti-piracy operation, Operation Atalanta, meets cruise vessel MS Deutschland. The MS Deutschland had registered her passage through the protected corridor.

Piracy off the Somali coast has dramatically increased over the past few years. According to UN estimates, the cost incurred annually as a result of piracy amounts to five to seven billion US dollars. In 2012, the International Maritime Bureau (IMB) registered 278 assaults – with 212 of them committed by Somali pirates alone. As part of the European Commission's Piracy, Maritime Awareness and Risks project, new technologies are being tested that might help control this shipping hazard. Radar satellites can clearly identify hijacked vessels, determine their position and trace their movements. This is a unique way of spotting a ship that is no longer detectable by its own signal within the Automatic Identification System (AIS). AIS routinely transmits position data to on-shore stations but usually is immediately switched off by pirates after a vessel has been seized.

What has proven to be extremely useful in this context is the range of different resolution modes and the controllability of the antenna beam of TerraSAR-X. This is how the 'Sirius Star', Saudi Arabia's supertanker sailing under Liberian flag could be precisely spotted and tracked after having been hijacked by pirates late in 2008. The 'Sirius Star', which carried a cargo of two million barrels of crude oil worth about 100 million US dollars was en route from the Persian Gulf to the USA when it was attacked off the Kenian shore and towed into Somali waters near the town of Harardhere, where it was held for nearly three months. It was the most spectacular act of piracy of the modern age. High-resolution images even showed the bridge, fuel lines, and the helicopter deck of the 332-metre-long vessel. Thanks to such detail, Earth observation satellite images can deliver important intelligence to support the control of piracy in future.





Mit Satellitendaten lassen sich auch Minerale aufspüren. Im Raglan-Distrikt im Norden von Quebec finden sich riesige Nickel-, Kupfer- und Platinvorkommen (PGE), die zu den größten kanadischen Rohstoffdepots zählen. Der Raglan-Distrikt zeichnet sich durch uralte Gesteinsformationen aus, die zum Circum-Superior-Gürtel gehören. Im Jahr 2008 wurde die Region mit dem Airborne Hyperspectral Imaging System (AISA) überflogen, vermessen und die Felsformationen nach Nickel-, Kupfer und PGE abgesucht. Das Bild zeigt eine mögliche Einsatzsituation für das in der Entwicklung befindliche, deutsche hyperspektrale EnMAP-Satellitensystem. Das Bild wurde aus 26 AISA-Flugstreifen zusammengesetzt, um die ökonomische Bedeutung dieser Felsformationen zu untersuchen.

The Raglan District in northern Quebec contains some of the most prodigious deposits of nickel, copper, and platinum group elements (PGE) in Canada. The district comprises ancient rock formations that are part of the Canadian Circum-Superior Belt. In 2008, airborne AISA hyperspectral surveys were flown over this region to map the distribution of ultramafic rocks that are known to host nickel, copper, and PGEs. The image shown here represents a simulation of the upcoming German hyperspectral EnMAP satellite system, derived from 26 AISA flight lines merged together to highlight the distribution of economically important rock units.

BODENSCHÄTZE FINDEN – BERGBAUFOLGEN ÜBERWACHEN

Die rasch wachsende Weltbevölkerung benötigt immer mehr Energie und Ressourcen. Gleichzeitig wird die Suche nach Bodenschätzen zunehmend aufwändiger und teurer. Mit Satellitendaten lassen sich seltene Minerale, Öl- und Gasvorkommen und sogar unterirdische Wasserquellen aufspüren. Gleichzeitig helfen sie dabei, mögliche Schäden durch den Abbau von Bodenschätzen zu erkennen und zu dokumentieren.

DETECTING RESOURCES – MONITORING MINING DAMAGE

A rapidly growing world population has an increasing demand for energy and resources. At the same time, the prospection for mineral resources is becoming increasingly difficult and expensive. Backed up by satellite data, it becomes easier to detect deposits of rare minerals, oil and gas and even underground water. The same data also help recognise and document any possible damage caused by mining.



Bergbaufolgen in Deutschland: Am 18. Juli 2009 gegen 5:40 Uhr rutschte in Nachterstedt in Sachsen-Anhalt ein Hang auf einer Breite von etwa 350 Meter in den südlichen Ausläufer des Concordia-Sees. Die vom ZKI erstellten Luftbildkarten zeigen die Situation vor Ort am 22. Juli 2009 im Vergleich zur Lage vor dem Erdbeben am 05. Mai 2006. Sie wurden im Rahmen des Projektes „Airborne Wide Area High Altitude Monitoring System“ (ARGOS) des DLR erstellt.

Mining damage in Germany: At 5:40 a.m. on July 18, 2009, a landslide caused a 350-metre wide slab of land to disappear in the southern arm of Lake Concordia at Nachterstedt in the German state of Sachsen-Anhalt. Aerial images produced by the DLR Centre for Satellite-assisted Crisis Information (ZKI) document the situation on the ground on July 22, 2009, in comparison to an image taken before the landslide occurred, on May 5, 2006. The images were shot as part of a DLR project entitled 'Airborne Wide Area High Altitude Monitoring System' (ARGOS).

Alle an der Oberfläche vorkommenden Mineralien und Bodenbestandteile, wie auch bedeutende Rohstoffe (zum Beispiel Kupfer) reflektieren das Sonnenlicht in unterschiedlichen Wellenlängenbereichen unterschiedlich stark. Sie lassen sich deshalb relativ einfach mit Spektalkameras in Satelliten und Flugzeugen nachweisen. Häufig befinden sich die Bodenschätze aber unter der Erdoberfläche und sind damit für Satellitensensoren nicht direkt erkennbar.

Bestimmte Gesteinsformationen an der Oberfläche deuten jedoch auf unterirdische Lagerstätten von Rohstoffen hin. So sind in der Erdgeschichte beispielsweise Kupfererze vornehmlich zusammen mit Mineralen wie Muskovit, Alunit oder Eisensulfid entstanden. Finden sich größere Mengen dieser Gesteine an der Erdoberfläche, so kann das ein Anzeichen für Kupfervorkommen in tieferen Erdschichten sein. Die satellitengestützten Informationen müssen zusätzlich stets mit Geländebeobachtungen vor Ort und Gesteinsproben abgeglichen werden. Sie eignen sich für die großflächige Erkundung von Lagerstätten, insbesondere in schwer zugänglichen Regionen. Auf diese Weise wird weltweit im großen Maßstab nach wertvollen Bodenschätzen gesucht.

Entscheidend für diese Verfahren ist eine hohe räumliche und vor allem spektrale Auflösung. Der deutsche Hyperspektral-Satellit EnMAP ist mit seinen 244 Farbkanälen und einer Auflösung von 30 Metern für diese Aufgaben ideal geeignet. Derzeit untersuchen deutsche Wissenschaftler, ob sich mit EnMAP die für die Elektronikindustrie bedeutenden Seltenen Erden auffinden lassen. Wegen ihrer komplexen spektralen Eigenschaften gilt diese Aufgabe als besonders anspruchsvoll.

Auch zum Auffinden von Öl- und Gasvorkommen werden Satellitendaten verwendet. Auffällige Unregelmäßigkeiten (Anomalien) im Erdschwerefeld sind erste Hinweise auf solche unterirdischen Lagerstätten. Aber auch an der Oberfläche machen sich Öl- und Gaslager unter Umständen bemerkbar. So sind Aufwölbungen erste Hinweise. Doch es gibt noch weitere Merkmale: Aus Öl- und Gaslagern können gasförmige Kohlenwasserstoffe an die Oberfläche steigen und verändern dort die mineralische Zusammensetzung des Bodens und Gesteins oder die Vegetation. Diese sogenannte Remote Sensing Direct Detection of Hydrocarbons (RSDD-H) wird weltweit angewandt. Unternehmen verweisen auf eine 80-prozentige Erfolgschance mit RSDD-H im Vergleich zu nur 20 Prozent Erfolgsquote ohne dieses Verfahren.

Bodenschätze finden – Bergbaufolgen überwachen Detecting resources – monitoring mining damage



Ein zweistöckiges Haus, Teile eines Mehrfamilienhauses sowie ein Straßenabschnitt wurden bei dem Erdrutsch in Nachterstedt mitgerissen. Das ehemalige Bergbaugelände blieb nach dem Ereignis weiter rutschgefährdet und war für Einsatzkräfte zunächst kaum zugänglich.

A two-storey building, part of a multi-occupancy house as well as part of a street were torn away by the Nachterstedt landslide. For a while after the event, further landslides remained imminent in the former mining area, making it virtually impossible for emergency teams to access the site of the disaster.

All minerals and soil components present in the surface, including important raw materials (such as copper) reflect sunlight differently at different wavelengths. This property makes them easy to detect with spectral cameras installed on satellites or aircraft. Often, however, mineral resources are hidden underground, and can therefore not be directly identified by satellite-borne sensors.

There are certain rock formations on the surface that indicate the presence of underground mineral deposits. During the Earth's geological history, the formation of copper ores, for instance, was mostly associated with that of minerals such as muscovite, alunite or iron sulfide. Where major amounts of these minerals are to be found on the surface, this may be read as an indicator of a copper deposit further underground. Data obtained from satellite technology obviously need to be checked against in-situ terrain data and rock specimens. The main use of this method lies in large-scale prospection especially in hard-to-access regions. This is how it becomes possible to detect valuable resources on a world-wide scale.

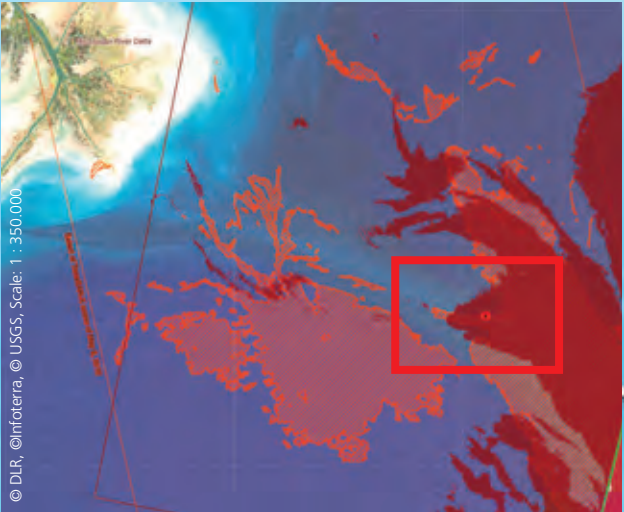
The crucial element in these methods is a good spatial, and, more important, spectral resolution. Featuring 244 colour channels and a resolution of 30 metres, EnMAP, Germany's hyperspectral satellite, is perfect for this job. German scientists are currently looking for ways of using EnMAP to search for rare earths, minerals of great importance to the electronics industry. Given the spectral complexity of rare earths, this task is considered to be especially challenging.

Satellite data are also used in the prospection for oil and gas deposits. Unusual features (anomalies) in the Earth's gravitational field are the first indicators pointing to subterranean deposits. But some visible manifestations of oil and gas deposits can sometimes also be found on the surface, with bulges in the terrain being among the typical indicators. But there are other indicators, too: gaseous hydrocarbons from oil and gas deposits may rise to the surface, where they cause changes in the mineral composition of soil and rock, or affect the vegetation. This method, called Remote Sensing Direct Detection of Hydrocarbons (RSDD-H), is used on a world-wide scale. Companies are reporting an 80 per cent chance of success with the assistance of RSDD-H compared to a mere 20 per cent without this technique.



Am 20. April 2010 kam es zu einem Blowout, bei dem die Ölplattform Deep Water Horizon in Brand geriet und zwei Tage später unterging. Elf Arbeiter kamen bei dem Unglück ums Leben. Das ausströmende Öl führte zu einer Ölpest im Golf von Mexiko, die als schwerste Umweltkatastrophe dieser Art in die Geschichte einging. Der deutsche Radarsatellit TerraSAR-X beobachtete die Katastrophe aus dem All. Die schraffierte Fläche auf dem Satellitenbild zeigt die Ausdehnung des Öls am 8. Mai 2010, die durchgängig braune Fläche die Ausdehnung des Ölteppichs am 11. Mai 2010. Der rote Punkt kennzeichnet den Standort der Deep Water Horizon.

A blowout occurred on the Deep Water Horizon oil rig on April 20, 2010, which set fire to the platform and caused it to sink two days later. Eleven workers lost their lives. The escaping oil caused extensive contamination in the Gulf of Mexico. The incident went down in history as the most severe environmental disaster of its kind. The German radar satellite TerraSAR-X observed the disaster from its orbit. The shaded area in the satellite image shows the extension of the pollution on May 8th, 2010, the brown area marks the expansion of the oil spill on May 11th, 2010. The red dot marks the location of the Deep Water Horizon.



Um unterirdische Wasservorkommen in Wüstenregionen Afrikas und Asiens ausfindig zu machen, kombinieren die Spezialisten multispektrale Aufnahmen mit Radardaten. So ist Vegetation in einer Wüstenregion ein Hinweis auf Wasser. Zusätzlich lassen sich mit Radarbildern Hohlräume, Gesteinsgänge und unterirdische Kanäle (Wadis) aufspüren, die auf Wasservorkommen hindeuten. Dies ist möglich, da Radarwellen abhängig von der Wellenlänge und Bodenbeschaffenheit mehr oder weniger tief in den Untergrund eindringen können. Auch pausen sich gewisse Anzeichen von Hohlräumen bis nah an die Oberfläche durch. Vergleicht man Radardaten, die zu verschiedenen Zeitpunkten aufgezeichnet wurden, dann lassen sich Unregelmäßigkeiten in der unterirdischen Bodenfeuchte erkennen, die auf eventuelle Grundwasservorkommen hindeuten.

Der Abbau von Bodenschätzen jeder Art hat Folgen für die Umwelt. In verschiedenen Projekten werden Strategien erarbeitet, um die Einflüsse der Erschließung und Nutzung von Energiequellen auf die Umwelt und die verschiedenen Ökosysteme zu bewerten. Die Basis hierfür bilden Fernerkundungsdaten.

Ein offensichtliches und aktuelles Problem sind die Folgen des Bergbaus - von Bodensenkungen bis zu Einbrüchen großer Gruben. Bergbaubehörden setzen dafür die Technik der Radar-Interferometrie ein und können damit ihre Messungen vor Ort in die Fläche übertragen. Hierfür nutzen sie die Tatsache, dass Radarsignale stets eine Höheninformation besitzen. Wird ein Gebiet in zeitlichen Abständen mehrmals aufgenommen, so lassen sich bereits kleinste Veränderungen im Millimeterbereich messen. Auf diese Weise werden Bodenverschiebungen, -hebungen und -senkungen zum Beispiel im Ruhrgebiet kartiert und über Jahre hinweg verfolgt.

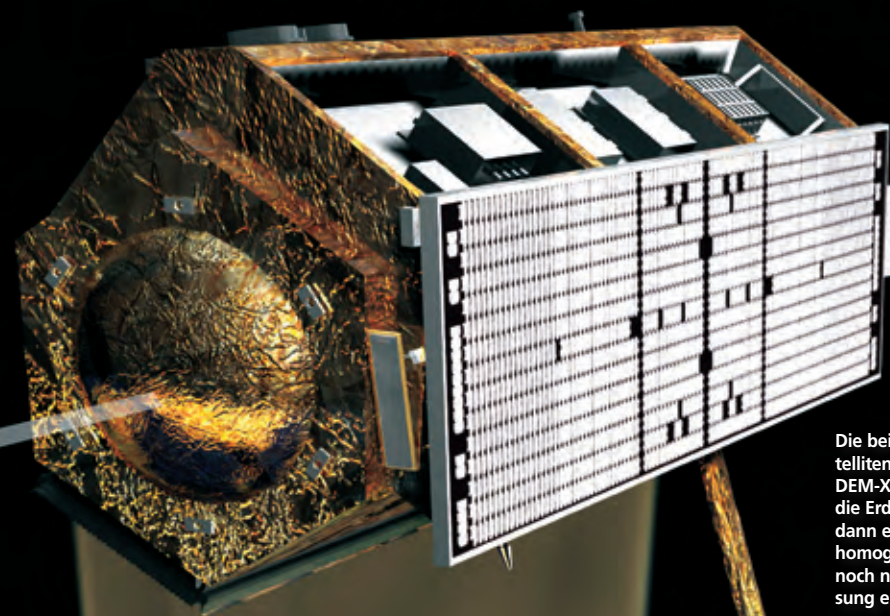
Radardaten zeigen ebenso Bodensenkungen in Nordholland als Folge von Gasförderung sowie Verschiebungen in Amsterdam nach dem Bau einer U-Bahn-Linie. Diese Beispiele belegen die zahlreichen Anwendungsmöglichkeiten von Radarsatelliten wie TerraSAR-X.

In their search for subterranean water reservoirs in Africa's and Asia's desert regions, experts use a combination of multispectral images and radar data. Any vegetation in a desert region is an indicator for the presence of water. Radar images can be additionally used to detect any subterranean cavities, lodes and underground riverbeds (wadis) which, too, point to the presence of water. This is possible because radar waves will penetrate the ground more or less deeply depending on wavelengths and soil condition. Also, certain cavities leave signs to be detected very close to the surface. When comparing radar data recorded at different times, it can be concluded from irregularities in subterranean soil humidity that there might be a ground water deposit.

Any extraction of resources from the ground has consequences for the environment. Various projects have been launched to develop strategies to evaluate the impact of the exploitation of energy resources on the environment and the various ecosystems. These studies are based on remote sensing data.

An obvious and highly topical example is the damage caused by coal mining, ranging from subsidence to the caving-in of entire mines. The detection technique used by the mining authorities is radar interferometry, using local measurement data and applying them to the entire area, making use of the fact that radar signals always carry elevation data. If an area is recorded repeatedly at different times, even very small displacements in the millimetre range can be measured. This is how the Ruhr region, for example, is being surveyed for soil deformations and subsidence, which are mapped and continuously monitored over many years.

It is also radar data that help monitor soil subsidence in the North Holland gas fields, and ground movements following the construction of an underground train line in Amsterdam. These examples show the wide scope of applications for which data from radar satellites such as TerraSAR-X can be used.



Die beiden deutschen Radarsatelliten TerraSAR-X und TanDEM-X vermessen gemeinsam die Erde. Aus den Daten wird dann ein dreidimensionales, homogenes Höhenmodell in noch nie dagewesener Auflösung erstellt.

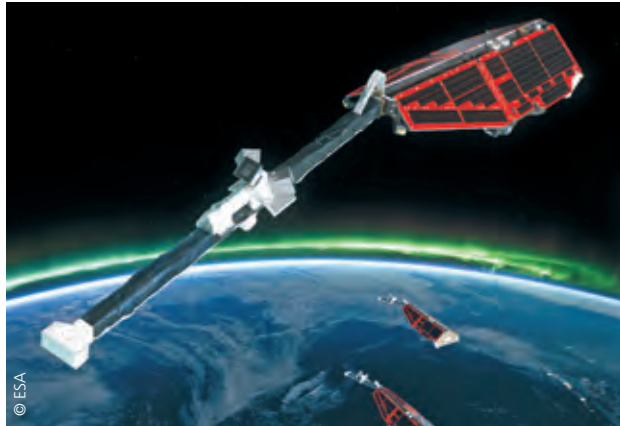
Together, the two German radar satellites TerraSAR-X and TanDEM-X survey the surface of the Earth. The data they provide are used to build a three-dimensional, homogeneous elevation model of unprecedented resolution.

DIE ERDE VERMESSEN – VERÄNDERUNGEN ERFASSEN

Karten dienen zur Orientierung und Navigation zu Lande, zu Wasser und in der Luft. Darüber hinaus dienen sie der öffentlichen Hand zur Planung von Verkehrswegen, Leitungen und Trassen und in großem Maßstab für die Verwaltung von Flächen, Gebieten und Regionen. Mittlerweile werden Karten überwiegend in digitaler Form erstellt, wobei Satellitendaten eine wachsende Rolle spielen. Auf globaler Ebene entsteht derzeit mit dem Radarsatellitenduo TerraSAR-X und TanDEM-X das bislang genaueste Höhenmodell der gesamten Landoberfläche.

SURVEYING THE EARTH – MONITORING CHANGE

Maps serve the purpose of orientation and navigation on land, at sea, and in the air. Public authorities use them when planning the course of transport, supply and power lines, as well as, on a large scale, for their local and regional administrative responsibilities. Most maps are now available in digital form, and satellite data have come to play an increasingly important role. On a global scale, the radar satellite duo TerraSAR-X and TanDEM-X is currently producing the most accurate model ever generated of the Earth's entire land surface.



Das europäische Satellitentrio SWARM wird unsere Vorstellungen des Magnetfelds der Erde verändern. Die drei Satelliten werden seine Entwicklung mit einer bisher nicht erreichten Genauigkeit untersuchen.

Europe's satellite trio, SWARM, will revolutionise our understanding of the Earth's magnetic field. The three satellites will study the magnetic field of our planet in unprecedented depth and detail.

Seit 1990 erstellen die Landesvermessungsämter das Amtliche Topografisch-Kartografische Informationssystem (ATKIS®), das es erlaubt, die topografischen Daten digital zu verwalten und dem Nutzer in Digitalen Landschaftsmodellen (DLM) anzubieten. Diese zunächst rein kartografischen Datensätze liefern Landnutzungs- und Landbedeckungsinformationen und lassen sich nun, je nach Anwendungsbereich, mit anderen Informationen verknüpfen.

So erstellt das Bundesamt für Kartografie und Geodäsie ein Digitales Landschaftsmodell für ganz Deutschland. Dieses Modell beinhaltet Landbedeckungsinformationen mit fast hundert ausgewählten flächenhaften Objektarten aus den Bereichen Siedlung, Verkehr, Vegetation und Gewässer. Hierfür wurden insbesondere Aufnahmen der RapidEye-Satelliten

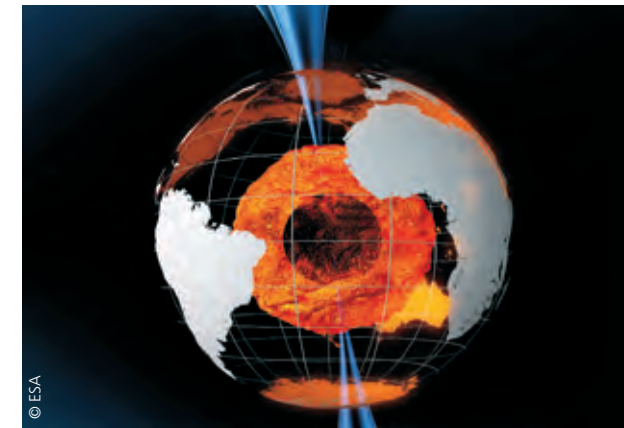
verwendet, die in fünf Spektralkanälen aufgenommen wurden und deshalb eine Differenzierung der gesuchten Objektarten ermöglichen. Das erste gesamtdeutsche Digitale Landschaftsmodell entstand für das Jahr 2009. Für das Jahr 2012 ist eine Aktualisierung geplant. Hier kommen Methoden aus dem vom DLR geförderten Projekt DeCover zum Einsatz, mit denen Veränderungen in den Satellitenaufnahmen zwischen den Stichjahren identifiziert werden können.

Das Digitale Landschaftsmodell der Bundesrepublik trägt auch zum deutschen Anteil des Copernicus-Produkts „Coordinated Information on the Environment“ (CORINE) Land Cover bei. Dieses Produkt ist mittlerweile eines der meist genutzten Datensätze in der europäischen Umweltverwaltung. Es wird regelmäßig aktualisiert, um festzustellen, in welchem Ausmaß sich die vom Menschen genutzten beziehungsweise ungenutzten Flächen ändern.

Die Erde in 3-D

Einer globalen Kartierung dienen die beiden Radarsatelliten TerraSAR-X und TanDEM-X. Sie umkreisen die Erde gemeinsam mit einem gegenseitigen Mindestabstand von 150 Metern und tasten die Oberfläche mit Radarpulsen ab. Primäres Ziel ist es, die komplette Landoberfläche, das sind 150 Millionen Quadratkilometer, innerhalb von drei Jahren mehrfach vollständig zu vermessen. 2014 soll das globale Geländemodell der Erdoberfläche mit einem Zwölf-Meter-Raster am Boden und einer Höhen-genauigkeit von weniger als zwei Metern für wissenschaftliche und kommerzielle Anwendungen zur Verfügung stehen.

Neben der hohen Genauigkeit besitzt das zukünftige Höhenmodell noch einen anderen, überragenden Vorteil: Es ist weltweit durchgehend homogen. Bisherige Modelle dieser Art besitzen häufig Brüche an Ländergrenzen oder über größere Wasserflächen hinweg. Unterschiedliche Karten sind oft schwer vergleichbar, weil sie mit unterschiedlichen Messverfahren oder über einen längeren Zeitraum hinweg entstanden sind.



Durch ein besseres Verständnis der Vorgänge im Erdinneren sowie des Erdklimas sollen neue Einblicke in die Funktionsweise unseres Planeten gewonnen werden.

A better understanding of processes within the Earth's interior and its climate are to produce new insights into the workings of our planet.

In 1990, Germany's land surveyors began to build what is called the Official Topographic Cartographic Information System (Amtliches Topografisch-Kartografisches Informationssystem, or ATKIS®) which permits handling all topographic data digitally and making them available to users in the form digital land surface models (DLM). Being initially of a purely cartographic nature, these datasets deliver information on land use and land cover, and can additionally be combined with other thematic information.

The German Federal Agency for Cartography and Geodesy has created a digital land surface model for the whole of Germany. This model contains land cover information in the form of

almost one hundred selected types of planar objects, representing data on housing, transport, vegetation, and bodies of water. Most of the image material is based on data from the RapidEye satellites, shot in five spectral channels and thereby permitting good distinction between object types. The first all-German digital surface model was created in 2009. An update is planned for 2012, this time using methods developed under the DLR-funded DeCover project. Its purpose is to identify any changes in satellite image data between two reference years.

The German DLM also forms part of the German contribution to the Copernicus Land Cover product "Coordinated Information on the Environment" (CORINE). This product has become one of the most widely used datasets within European environmental management. It receives regular updates in order to determine the extent to which land that is used, or not used, by humans is changing.

The Earth in 3D

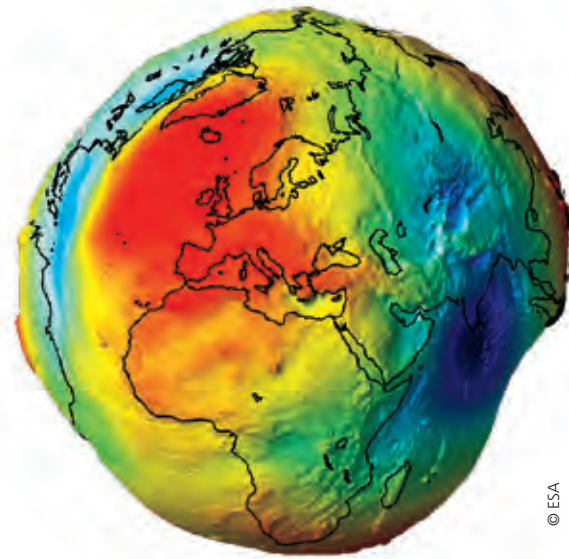
Global mapping is being realised by the twin radar satellites TerraSAR-X and TanDEM-X, which orbit the Earth together at a minimum relative distance of 150 metres, scanning its entire surface with radar pulses. Their primary task is to carry out a complete survey of the Earth's land surface, which amounts to 150 million square kilometres, several times over a period of

„Nordlichter“, „Polarlichter“ und „Aurora borealis“ sind Bezeichnungen für dasselbe Phänomen. Nordlichter entstehen, wenn Teilchen aus dem Sonnenwind auf die oberen Schichten der Atmosphäre treffen und dort Gase zum Leuchten anregen. Das Magnetfeld der Erde schützt uns vor dieser Strahlung aus dem Weltall: Teilchen, die unsere Erde aus dem All bombardieren, prallen ab und werden abgelenkt. Allerdings ist das Magnetfeld nicht einfach immer da, um uns zu beschützen und sieht auch nicht immer gleich aus. Die Position der Nord- und Südpole ändert sich zum Beispiel. Gelegentlich gibt es dort sogar „Risse“ im Magnetfeld. Für einige Stunden kann es dann ein Loch haben, durch das die Teilchen von außen hereinströmen. Sie werden von der oberen Atmosphäre abgehalten – ungefähr 100 Kilometer über uns. Dort werden sie von Luftmolekülen gebremst und werden sichtbar.

'Northern lights', or 'polar lights', or 'aurora borealis' are all terms describing the same phenomenon. Northern lights occur as solar wind particles hit the upper layers of the Earth's atmosphere, causing gases to become luminescent. The Earth's magnetic field shields us against this radiation from outer space. Particles bombarding Earth are deflected, literally 'bouncing' off the planet. However, the magnetic field is not simply there to protect us, and neither does it look the same all the time. For example, the positions of the North Pole and the South Pole tend to shift. Occasionally, the magnetic field has a 'crack', thus providing an opening through which particles may enter. These are held up in the upper atmosphere at an altitude of about 100 metres above us. Decelerated by air molecules, the particles become visible.

Die Form der Erde wird durch das Geoid beschrieben. Die Oberfläche des Geoids ist der angenommene Meeresspiegel - so als ob die gesamte Erde mit Wasser bedeckt und von allen darüber hinausragenden Landmassen und Gebirgen befreit wäre. Wissenschaftlich gesprochen würde der wie eine Kartoffel aussehende Geoid als die Fläche gleicher Schwere beschrieben. Ein exaktes Modell ist Voraussetzung, um genaue Aussagen über Meeresströmungen, Meeresspiegeländerungen und Eisbewegungen zu treffen. Ein besseres Verständnis des Schwerefelds führt auch zu einem tieferen Einblick in das Innere der Erde und liefert Informationen, worin vulkanische Aktivitäten und Erdbeben ihren Ursprung haben.

The shape of the Earth is described by the geoid. Its surface is considered to be the theoretical state of the Earth covered with water without any land masses or mountains protruding above the water. According to a scientific definition, the potato looking geoid is described as an equipotential surface. An accurate model is required to describe ocean currents, changes in sea levels, and ice movements. A better understanding of the Earth's own gravitational field also offers insights into the planet's interior, providing information on the origin of volcanic and seismic events.



Digitale Höhenmodelle sind von grundlegender Bedeutung für ein breites Spektrum von kommerziellen, staatlichen und wissenschaftlichen Anwendungen wie etwa bei der Hochwassermodellierung oder zur Planung von Ingenieurbauwerken. Viele geowissenschaftliche Bereiche wie Hydrologie, Glaziologie, Forstwirtschaft, Geologie, Ozeanografie und Umweltforschung benötigen präzise und aktuelle Informationen über die Erdoberfläche und ihre Topografie. Aktuelle digitale Karten sind auch eine Voraussetzung für eine zuverlässige Navigation.

Eine wichtige Rolle spielen die vom DLR und der amerikanischen Raumfahrtbehörde NASA finanzierten Satelliten CHAMP und GRACE sowie der ESA-Satellit GOCE. Klimaforscher diskutieren

darüber, wie stark der Meeresspiegel in Folge einer globalen Erwärmung steigen wird. Die Messung des Meeresniveaus ist jedoch in dem geforderten Genauigkeitsbereich von etwa einem Zentimeter sehr schwierig, denn bislang fehlte eine genaue Referenzfläche, zu der die relativen Meereshöhen und ihre Veränderungen gemessen werden können. Diese, Geoid genannte, Referenzfläche bildet den theoretischen Zustand ab, wenn sich alle Ozeane ohne jegliche Einflüsse in Ruhe befinden würden. Früher wichen die Werte für dieses „NormalNull“ weltweit zwischen Ländern oder Kontinenten um bis zu einem Meter voneinander ab. Daher konnte bislang die Meeresspiegelhöhe in einem Teil der Welt nicht mit dem in einem anderen verglichen werden. Das ist aber eine notwendige Voraussetzung, um globale Veränderungen nachzuweisen. Mit den geophysikalischen Messungen von CHAMP, GRACE und GOCE konnte dieses Geoid weltweit auf einen Zentimeter, gebietsweise sogar bis auf wenige Millimeter genau, bestimmt werden. Nicht zuletzt dient das neue Referenzsystem auch der Geodäsie und damit dem Erstellen topografischer Karten.

Die Erde vermessen – Veränderungen erfassen Surveying the Earth – monitoring change

three years. The global terrain model of the Earth's surface will become available for scientific and commercial applications in 2014. It will operate on a 12-metre grid at ground level, and a relative vertical accuracy of less than two metres.

Besides its great precision, the future elevation model comes with yet another notable benefit: it will be homogeneous at a global scale. Present models often show discontinuities along national frontiers or across major bodies of water. What makes maps of different origins difficult to match is the fact that they are based on different measuring techniques or involve considerable time variation.

Digital elevation models are of key significance for a wide range of commercial, governmental, and scientific applications, such as flood modelling or scheduling civil engineering projects. Many fields of geoscience, such as hydrology, glaciology, forestry, geology, oceanography, and environmental science require precise and up-to-date information on the topography of the Earth's surface. Up-to-date maps are also necessary for reliable navigation.

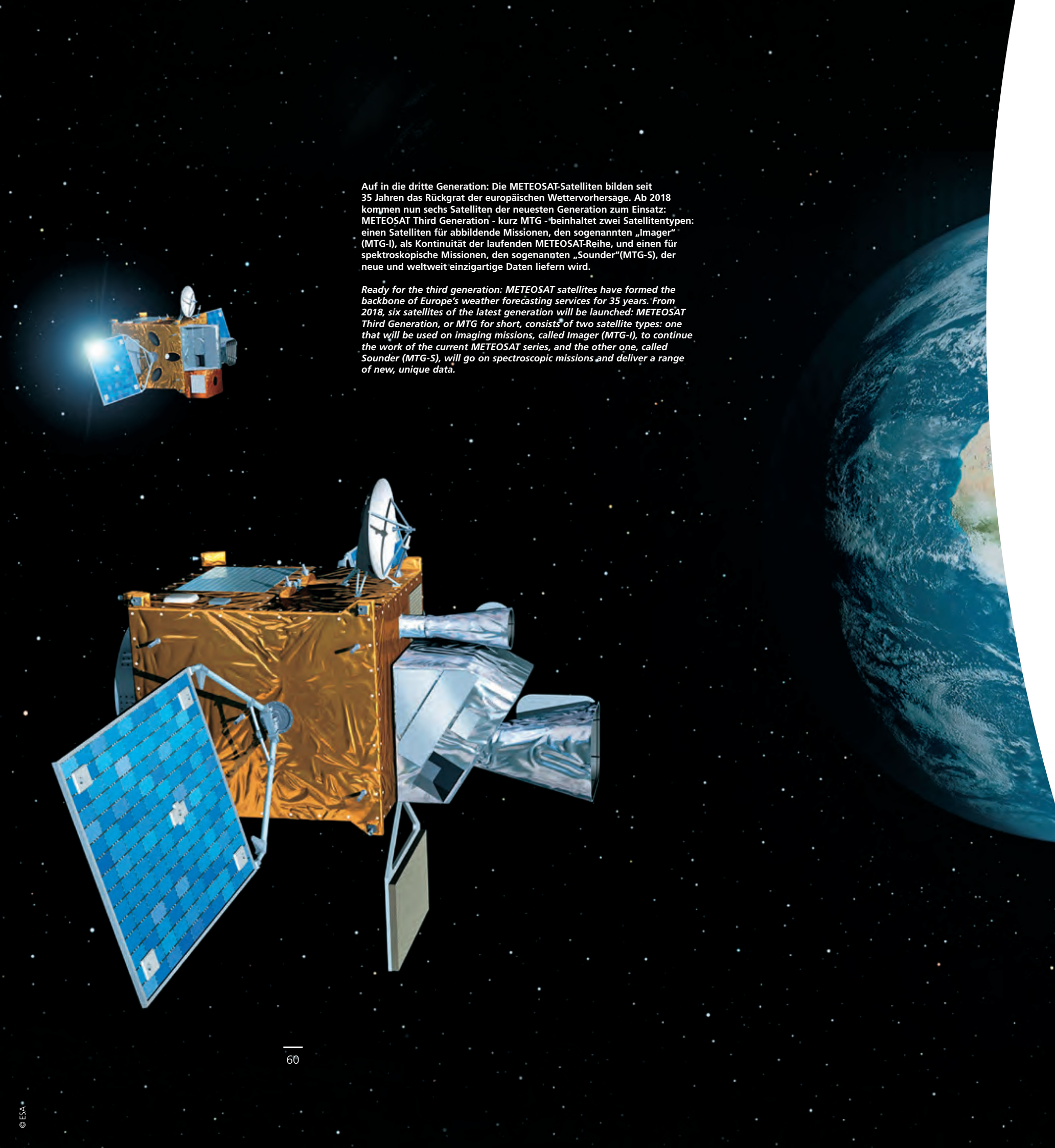
An important part is played by the satellites CHAMP and GRACE, which are funded jointly by DLR and the US Space Administration, NASA, and ESA's GOCE satellite. A current debate among climatologists is about the extent to which sea levels are likely to rise as a consequence of global warming. Measuring sea levels at the required accuracy of about a centimetre is, however, difficult because of a lacking reference surface against which the relative sea levels can be determined. This reference body, called geoid, represents the theoretical state of the Earth if all oceans were at rest without any external influences. In the past, what was considered the 'mean sea level', differed by up to as much as one metre between countries or continents. Hence, sea level data from one part of the world could so far not be compared with those of another, although this would be an urgent necessity to determine any gradual change on a global scale. Thanks to geophysical measurements carried out by CHAMP, GRACE, and GOCE the complete geoid has now been defined down to a centimetre, and in places even down to a few millimetres. The new reference system is obviously also a great help in the work of land surveyors and, thus, in the production of topographical maps.



Bald vom Meer verschluckt? Um auf die Bedrohung der Malediven durch den Klimawandel aufmerksam zu machen, hat der maledivische Präsident Mohamed Nasheed sein Kabinett zu einer aufsehenerregenden Unterwassersitzung einberufen. Dabei unterzeichneten die Minister eine Erklärung, in der eine Verringerung der klimaschädlichen Treibhausgase gefordert wird. Wenn der Meeresspiegel nach UN-Vorhersagen bis zum Jahr 2100 um bis zu knapp 60 Zentimeter stiege, würden weite Teile der rund 200 bewohnten Koralleninseln überflutet.

Soon to be swallowed by the sea? The president of the Maldives, Mohamed Nasheed, called a spectacular underwater cabinet meeting to draw the world's attention to the threat imposed on the Maldives by climate change. At the meeting, ministers signed a declaration demanding a reduction of climate-endangering greenhouse gases. If, as indicated by UN predictions, the sea level should rise by up to nearly 60 centimetres by 2100, a major part of the 200 or so inhabited coral islands would be submerged by the sea.





Auf in die dritte Generation: Die METEOSAT-Satelliten bilden seit 35 Jahren das Rückgrat der europäischen Wettervorhersage. Ab 2018 kommen nun sechs Satelliten der neuesten Generation zum Einsatz: METEOSAT Third Generation - kurz MTG - beinhaltet zwei Satellitentypen: einen Satelliten für abbildende Missionen, den sogenannten „Imager“ (MTG-I), als Kontinuität der laufenden METEOSAT-Reihe, und einen für spektroskopische Missionen, den sogenannten „Sounder“ (MTG-S), der neue und weltweit einzigartige Daten liefern wird.

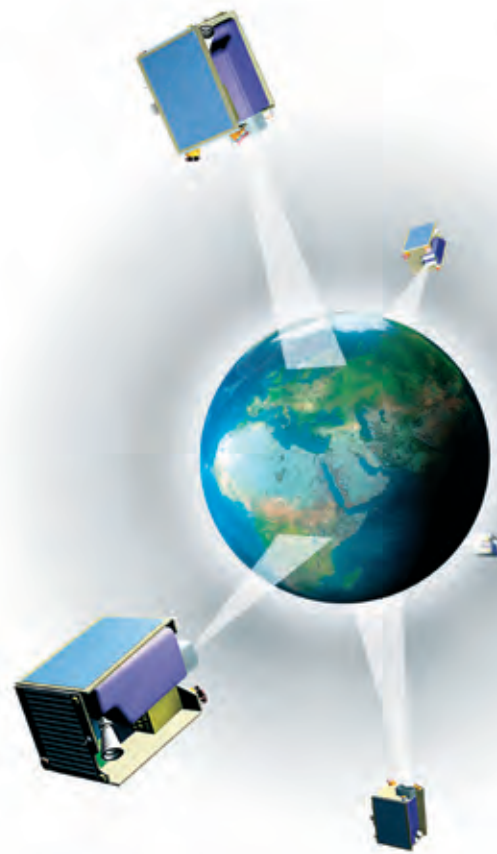
Ready for the third generation: METEOSAT satellites have formed the backbone of Europe's weather forecasting services for 35 years. From 2018, six satellites of the latest generation will be launched: METEOSAT Third Generation, or MTG for short, consists of two satellite types: one that will be used on imaging missions, called Imager (MTG-I), to continue the work of the current METEOSAT series, and the other one, called Sounder (MTG-S), will go on spectroscopic missions and deliver a range of new, unique data.

EO-TECHNOLOGIE

Erdbeobachtungssatelliten arbeiten nach verschiedenen Prinzipien: Die meisten Instrumente empfangen elektromagnetische Strahlung (Licht, Radiowellen etc.). Darunter gibt es passive und aktive Systeme. Passive Instrumente empfangen elektromagnetische Strahlung, die entweder von der Sonne stammt und von der Erdoberfläche, von Atmosphärenbestandteilen und Wolken reflektiert oder von diesen selbst abgestrahlt wurde. Aktive Systeme tasten mit Radar- oder Laserlichtstrahlen die Oberfläche beziehungsweise die Atmosphäre ab und beziehen aus den zurückgestreuten Echos ihre Informationen.

EO TECHNOLOGY

Earth observation satellites work by a variety of principles: most instruments receive electromagnetic radiation (light, radio waves, etc.). Such instruments may be either passive or active. Passive instruments receive electromagnetic radiation that was either emitted by the Sun and reflected by the Earth's surface, elements in the atmosphere and clouds, or actually emitted by them. Active systems use radar or laser beams to scan the surface and/or the atmosphere, extracting information from the echoes that are scattered back.



Mit den fünf Satelliten in dem Projekt RapidEye hatte im Jahr 2008 der Einstieg in eine neue Qualität von Erderkundungsdaten-Diensten begonnen. Die tägliche Bereitstellung gestochen scharfer und hoch aufgelöster Bilder aus dem Weltraum eröffnete beispielsweise für Kunden aus der Land- und Forstwirtschaft, von Versicherungen oder aus der Ernährungsindustrie völlig neue Möglichkeiten.

In 2008, RapidEye marked the beginning of a new quality of remote sensing services. The daily availability of pristine, high-resolution images taken from space opened up entirely new commercial applications, e.g. for clients in agriculture and forestry, the insurance sector, and the food industry.

Beispiel Erfassung der Vegetation: Die chlorophyllhaltigen Pigmente eines Blattes nehmen den roten Anteil des Sonnenlichts auf, während sie den grünen reflektieren. Daher erscheinen Blätter grün. Infrarote Strahlung wird überwiegend von den Zellwänden reflektiert. Diese Rückstrahlung wird um so schwächer, je mehr Chlorophyll abgebaut wird, und je geringer der Innendruck des Gewebes ist. Wasserverlust im Gewebe - ein Maß für den „Gesundheitszustand“ einer Pflanze - äußert sich also besonders stark durch eine abnehmende Reflexion im Infrarotbereich. Das unterschiedliche optische Verhalten zum Beispiel im roten und infraroten Spektralbereich nutzen die Wissenschaftler bei Satellitenaufnahmen, indem sie die unterschiedlichen Reflexionsintensitäten in den beiden Bereichen ins Verhältnis setzen. Auf diese Weise lassen sich Vegetationsarten unterscheiden sowie Wachstum und Zustand von Pflanzen beurteilen.



Im Rahmen des europäischen Copernicus-Programms werden die Sentinel-Satelliten die Erdbeobachtung revolutionieren. Die ersten Satelliten dieser Flotte sollen ab 2013 starten. Sentinel-1 ist ein Duo von Radarsatelliten, Sentinel-2 ein Paar von optischen Erdbeobachtungssatelliten und Sentinel-3 ein Paar von Satelliten mit Sensoren zur Messung der Meeresoberflächentopographie, der Temperatur von Meeres- und Landoberflächen und der Ozeanfarbe. Sentinel-4 und -5 sollen ab 2017 beziehungsweise 2020 als Instrumente an Bord meteorologischer Satelliten die Atmosphäre der Erde untersuchen. Zusätzlich soll 2015 der Sentinel-5 Precursor auf einem eigenen Satelliten starten, um die zeitliche Lücke zwischen Envisat und Sentinel-5 zu überbrücken.

Under the European Copernicus project, Sentinel satellites will revolutionise Earth observation. Satellite launches of the new fleet are to begin in 2013. Sentinel-1 is a duo of radar satellites, Sentinel-2 is a pair of optical Earth observation satellites, and Sentinel-3 is a pair of satellites equipped with sensors to measure the ocean surface topography, ocean and land-mass temperatures, and ocean colours. Sentinel-4 and 5 are to study the Earth's atmosphere as part of the payload of meteorological satellites from 2017 and 2020, respectively. Additionally, a Sentinel-5 precursor is to be launched on a satellite of its own to close the gap between Envisat and Sentinel-5.

Passiv arbeitende, optische Instrumente nehmen eine sehr genaue Farbanalyse vor. Je feiner diese Farbanalyse (man spricht von der „spektralen Auflösung“) wird, desto mehr Unterscheidungskriterien sind möglich: Pflanzen- und Baumarten lassen sich ebenso wie Gesteinsarten und unterschiedliche Bebauungen differenzieren. Im Wasser können Schwebstoffe, Plankton und Sedimente nachgewiesen werden. Das Instrument MERIS an Bord von Envisat beispielsweise bildete die Erde in 15 Farbkämen ab. Der im Bau befindliche Erdbeobachtungssatellit EnMAP (Environmental Mapping and Analysis Program) des DLR wird das Licht vom UV- bis zum kurzwelligen Infrarotbereich sogar in über 200 Kanäle aufspalten, und dies für jeden abgebildeten Pixel von 30 mal 30 Metern Kantenlänge. Das ermöglicht vielfältige Anwendungen in der Land- und Forstwirtschaft sowie für geologische Untersuchungen und die Überwachung von Umweltparametern im Bereich Küste, See und Meer.

Im nahen und mittleren Infrarotbereich senden Objekte selbst Strahlung aus. Je wärmer sie sind, desto kürzer ist die Wellenlänge der abgegebenen Strahlung. Das ermöglicht zum Beispiel, die Meerestemperatur bis auf ein Zehntelgrad genau zu messen oder Brandherde aufzuspüren.

Für die Untersuchung von Spurenstoffen in der Atmosphäre nutzt man Spektrometer mit noch wesentlich höherer spektraler Auflösung, die jedoch räumlich sehr viel geringer auflösen. Wenn das Sonnenlicht die Erdatmosphäre durchquert, hinterlassen die in der Luft enthaltenen Gase im Spektrum charakteristische „Fingerabdrücke“. Das erlaubt den Forschern, deren Konzentrationen zu bestimmen. Mit dem vom DLR co-finanzierten deutsch-niederländischen Instrument SCIAMACHY auf Envisat ließen sich mehr als ein Dutzend klimarelevante Stoffe nachweisen. SCIAMACHY verfügte über mehr als 8.000 Spektralkanäle.

Passiv mit sichtbarem oder ultraviolettem Licht arbeitende Satelliten funktionieren weder bei Bewölkung noch bei Nacht. Hier

The vegetation inventory example: leaf pigments which contain chlorophyll absorb the red fraction of the sunlight and reflect the green fraction. This is why leaves appear green. Infrared radiation is mainly reflected by cell walls. This reflection gradually weakens as chlorophyll deteriorates and the interior pressure of the tissue declines. In other words: when reflection in the infrared declines, this is a particularly meaningful indicator that water is being lost from the tissue of a plant – a standard for measuring its 'state of health'. Benefitting from the differences in optical behaviour between the red and infrared spectral range that show up in satellite images, scientists determine the ratio between the two reflection intensities. In this way, types of vegetation may be distinguished and the growth status and condition of plants assessed.

Passive optical instruments analyse colours extremely precisely. The more refined this colour analysis (commonly called 'spectral resolution'), the more criteria become available for distinguishing species of plants and trees as well as various rocks and crops. In water, suspended matter, plankton, and sediments may be distinguished. The MERIS instrument on board Envisat, for example, shoots images of the Earth in 15 colour channels. DLR's EnMAP (Environmental Mapping and Analysis Programme) Earth-observation satellite which is now under construction will even split light from the UV to the short-wave infrared range into more than 200 channels, and that for each pixel measuring 30 by 30 metres. This facilitates a wide range of applications in agriculture and forestry, in geological studies, and in monitoring environmental parameters on the coast and at sea.

In the near and mid-infrared, objects may themselves emit radiation. The hotter they are, the shorter the wavelength of the radiation emitted. Among other things, this permits measuring the temperature of an ocean to a tenth of a degree, or locating fire sources.

The spectrometers used to investigate trace substances in the atmosphere have a much better spectral and a much poorer spatial resolution. When sunlight passes through the Earth's atmosphere, the gases contained in the air leave characteristic 'fingerprints' in the spectrum, which enable researchers to determine their concentration. SCIAMACHY, a German-Dutch instrument installed on Envisat, which was co-financed by DLR, was able to identify more than a dozen climate-relevant substances. SCIAMACHY had more than 8,000 spectral channels.

Passive satellites using visible or ultraviolet light will not work in cloudy conditions or at night. In this respect, radar and lidar satellites are vastly superior because they actively emit radio and/or light waves that are reflected by the Earth's surface and received by the satellite. Depending on their wavelength, radar waves may even penetrate clouds. At the same time, they are used to measure the water content of clouds and precipitation.

As different materials reflect radar and/or lidar pulses to a different extent, the return signals emitted by them contain a wealth of information about certain physical properties of the surface such as, for instance, its shape, the water content of the soil, and the vegetation growing on it. Lidar pulses yield information about trace substances in the atmosphere between the satellite and the ground.

Launched in 2007, the German TerraSAR-X satellite is equipped with a synthetic aperture radar (SAR) that operates in the X-Band, emitting pulses at the very short wavelength of three centimetres (9.6 gigahertz). This improves the resolution (definition) of its images. Moreover, TerraSAR-X features an active antenna that is capable of tilting its beam between 20 and 60 degrees either along the direction of flight or vertical to it. The point is that this is done on a purely electronic basis, meaning there is no need to move the satellite or turn the antenna mechanically. The radar device works in a variety of modes, with resolutions varying

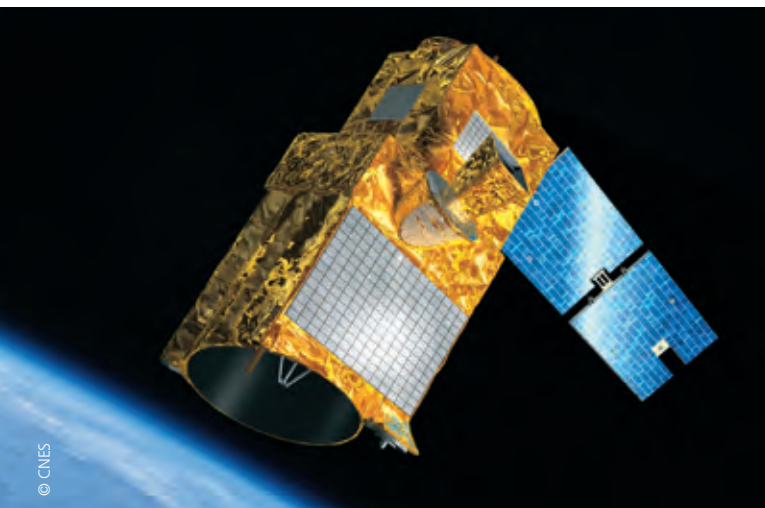
bieten Radar- und Lidarsatelliten einen großen Vorteil. Sie strahlen selbst aktiv Radio- beziehungsweise Lichtwellen aus, die von der Erdoberfläche reflektiert und vom Satelliten wieder empfangen werden. Je nach Wellenlänge durchdringen Radarwellen dabei sogar Wolken. Man setzt sie aber auch zur Messung des Wassergehaltes von Wolken oder des Niederschlages ein.

Da verschiedene Materialien ein unterschiedliches Reflexionsvermögen für die Radar- beziehungsweise Lidarpulse besitzen, enthält das zurückgestrahlte Signal eine Fülle von Informationen über bestimmte physikalische Eigenschaften der Oberfläche, wie zum Beispiel ihre Form oder den Wassergehalt von Böden beziehungsweise deren Bewuchs. Im Fall von Lidarpulsen werden Informationen über Spurenstoffe in der Atmosphäre zwischen Satellit und Erdboden gewonnen.

Der 2007 gestartete deutsche Radarsatellit TerraSAR-X verfügt über ein Synthetic Aperture Radar (SAR) im X-Band, das Impulse mit einer sehr kurzen Wellenlänge von drei Zentimetern (Fre-

Der deutsch-französische Kleinsatellit MERLIN ist eine Klimamission, die das Treibhausgas Methan in der Erdatmosphäre beobachten soll. Mit Hilfe eines LIDAR-Instruments wird MERLIN ab 2016/17 aus einer Höhe von 500 bis 650 Kilometern dieses Gas in der Erdatmosphäre aufspüren und überwachen. Ziel der dreijährigen Mission ist unter anderem die Erstellung einer globalen Weltkarte der Methankonzentrationen.

MERLIN, the Franco-German small satellite is to go on a climate mission. Its job will be to study the concentration of the greenhouse gas methane in the atmosphere. Using a LIDAR instrument, MERLIN will detect and monitor the gas in the Earth's atmosphere from an altitude of 500 to 650 kilometres, starting in 2016/17.



quenz 9,6 Gigahertz) aussendet. Damit erhöht sich die Auflösung (Schärfe) der Bilder. Zudem verfügt TerraSAR-X über eine aktive Antenne. Sie kann den Strahl in der oder auch senkrecht zur Flugrichtung in einem Bereich zwischen 20 und 60 Grad schwenken. Der Clou ist, dass dies auf rein elektronischem Wege geschieht, ohne den Satelliten bewegen oder die Antenne mechanisch drehen zu müssen. Das Radar arbeitet in unterschiedlichen Modi mit Auflösungen zwischen einem und sechzehn Metern. Außerdem lassen sich mit einer Technik namens „Along Track Interferometry“ Bewegungen beispielsweise von Autos oder Schiffen sehr genau messen.

Aus der Laufzeit des ausgesandten und wieder empfangenen Echosignals lässt sich der Abstand vom Satelliten zum Boden bestimmen und somit ein Höhenprofil des überflogenen Gebietes. Noch genauer geht dies mit zwei in Formation fliegenden Satelliten: So wie der Mensch mit seinen beiden Augen räumlich sehen kann, können auch zwei nahe beieinander fliegende Satelliten einen Punkt auf der Erde von zwei unterschiedlichen Blickwinkeln aus erfassen und daraus ein dreidimensionales Bild erstellen. Dieses Ziel verfolgt man mit TanDEM-X, einem zweiten, nahezu baugleichen Zwillingssatelliten zu TerraSAR-X. Beide Satelliten umkreisen die Erde in einem nahezu identischen polaren, sonnensynchronen Orbit auf 514 Kilometern Höhe. Dabei halten sie einen Abstand von etwa 200 Metern voneinander. Während dieses engen Formationsfluges bilden sie die Erde streifenweise ab. Auf diese Weise wird erstmals bis 2014 ein globales digitales 3D-Höhenmodell der gesamten Erde mit bislang unerreichter Genauigkeit und Homogenität erstellt. TerraSAR-X und TanDEM-X sind weltweit anerkannte Spitzenergebnisse jahrelanger Technologieentwicklungen in Deutschland, die auch auf verschiedenen Spaceshuttle-Missionen (zum Beispiel Shuttle Radar Topography Mission SRTM 2000) zum Einsatz kamen und vom DLR auch künftig weiter vorangetrieben werden.

Ein weiterer aktiver Erdbeobachtungssatellit ist MERLIN (Methane Remote sensing Lidar mission). Es handelt sich um ein deutsch-französisches Kooperationsprojekt. Der Start ist für 2016/2017 vorgesehen. MERLIN wird ein vom DLR entwickeltes Light Detection and Ranging (Lidar)-Instrument zur Messung des Spurengases Methan auf einer von der französischen Raumfahrtagentur CNES gestellten Kleinsatellitenplattform vom Typ „MYRIADE Evolutions“ tragen. Methan ist nach Kohlendioxid das zweiteinflussreichste vom Menschen freigesetzte (anthropogene) Treibhausgas mit den höchsten Zuwachsraten aller Spurengase. Ein Lidar funktioniert mit Laserlicht. Im Falle von MERLIN handelt es sich um infrarotes Licht. Für menschliche Augen unsichtbare, ungefährliche Laserlicht-Blitze werden zur

between one and sixteen metres. Lastly, a method called along-track interferometry permits measuring the movements of cars or ships, for example, with high precision.

The run time of a signal between emission and reception may be used to measure the satellite's distance to the ground and thus generate an elevation profile of the terrain across which it travels. When two satellites fly in formation, this can be done with even greater precision: just like man can see in three dimensions thanks to having two eyes, two satellites flying close together can view a random point on Earth from two different angles and thus generate a three-dimensional image. This is the purpose of TanDEM-X, the structurally almost identical twin of TerraSAR-X. Both satellites circle around Earth in a sun-synchronous polar orbit at an altitude of 514 kilometres, keeping a distance of about 200 metres between them. Flying thus in close formation, they take images of the Earth's surface in strips. Working in this way, they will establish a digital 3D elevation model showing the entire globe in hitherto unrivalled precision and homogeneity by 2014. TerraSAR-X and TanDEM-X are top products of technologies developed in Germany over many years which, recognised worldwide, have flown before on various space shuttle missions (e.g. the shuttle radar topography mission SRTM 2000). DLR intends to advance the development of these technologies in the future.

MERLIN (Methane Remote sensing Lidar mission) is yet another Earth observation satellite. This German-French co-operation project is scheduled for launching in 2016/2017. On a small satellite platform of the MYRIADE Evolutions type provided by the French space agency CNES, MERLIN will be equipped with a lidar (light detection and ranging) instrument developed by DLR to measure the trace gas methane. After carbon dioxide, methane is the second most influential anthropogenic greenhouse gas which increases faster than any other trace gas. A lidar device works by laser light – infrared light in the case of MERLIN. Bursts of laser light that are invisible and harmless to the human eye are sent to the surface of the Earth. The pulses that are reflected are caught by a telescope on the satellite and focused on an optical sensor. To measure methane concentrations, a wavelength is used that coincides exactly with a so-called absorption line of methane. This means that the degree to which this light is swallowed up by the atmosphere depends on the amount of methane that is present in the column of air through which the light passes. Obviously, light is also absorbed by the soil, depending on its colour. To make itself independent of the varying reflection properties of the soil, MERLIN uses two different wavelengths. Light pulses of the absorption wavelength are followed by pulses of another, closely related wave-



Die europäische Mission GOCE liefert seit März 2009 Umweltforschern ein globales, homogenes und detailgenaues Bild vom Schwerfeld der Erde. Die Forscher konnten so erstmals die Oberflächenzirkulation der Weltmeere bestimmen. Meeresspiegeländerungen in Australien und Südamerika werden dadurch vergleichbar mit solchen in der Nordsee und im Mittelmeer.

The European GOCE mission has been delivering a global, homogeneous and accurate image of the Earth's gravitational field since March 2009. Based on its findings, scientists were able for the first time to derive a model of the surface circulation of the oceans. This is now making variations in sea levels measured in Australia and in South America comparable with those measured in the North Sea and in the Mediterranean.

length which is not absorbed by methane. Passing through the atmosphere unhindered, it hits the same spot on the ground because the interval is so brief. The ratio between the intensity of the two wavelengths may be used to eliminate the influence of the reflection properties of the ground and compute the concentration of methane. Using the values measured, computer models will then calculate the distribution and effect of (natural and man-made) methane sources and sinks on Earth.

In addition to the large number of sensors that work by electromagnetic radiation, there are a few systems that use the Earth's gravitational or magnetic field for their measurements. As these fields mostly originate far below the surface, these satellites also 'look' at the interior of the Earth.

If the Earth were an exact sphere, i.e. if its mass were evenly distributed between its interior and the surface, the orbit of each satellite would be a mathematically exact ellipse. Reality, however, is different. The Earth is flattened at the poles, and the distribution of mass in its crust is anything but even. What is more, the water in the oceans responds to gravitational

Erdoberfläche gesendet. Die reflektierten Pulse werden mit einem Teleskop auf dem Satelliten aufgefangen und auf einen optischen Sensor fokussiert. Um die Methankonzentration zu messen, benutzt man eine Wellenlänge, die genau mit einer sogenannten „Absorptionslinie“ des Methans zusammenfällt. Das bedeutet, dieses Licht wird mehr oder weniger von der Atmosphäre verschluckt, je nachdem, wie viel Methangas in der durchstrahlten Luftsäule vorhanden ist. Allerdings absorbiert auch der Erdboden – abhängig von seiner Farbe – Licht. Um von den wechselnden Reflexionseigenschaften des Erdbodens unabhängig zu sein, verwendet MERLIN zwei verschiedene Wellenlängen. In kurzem zeitlichem Abstand zu den Pulsen mit dem Licht der Absorptionswellenlänge werden Laserlichtblitze mit einer anderen, eng benachbarten Wellenlänge ausgesandt. Dieses Licht wird vom Methan nicht absorbiert. Es passiert die Atmosphäre ungehindert und trifft wegen des kurzen zeitlichen Abstandes ein zweites Mal denselben Fleck am Erdboden. Aus dem Verhältnis der empfangenen Intensitäten beider Wellenlängen lässt sich der Einfluss der Reflexionseigenschaften des Bodens eliminieren und die Methankonzentration berechnen. Mit den gemessenen Werten sollen Computermodelle Verteilung und Stärke von (natürlichen und anthropogenen) Methanquellen sowie Methansenken auf der Erde berechnen.

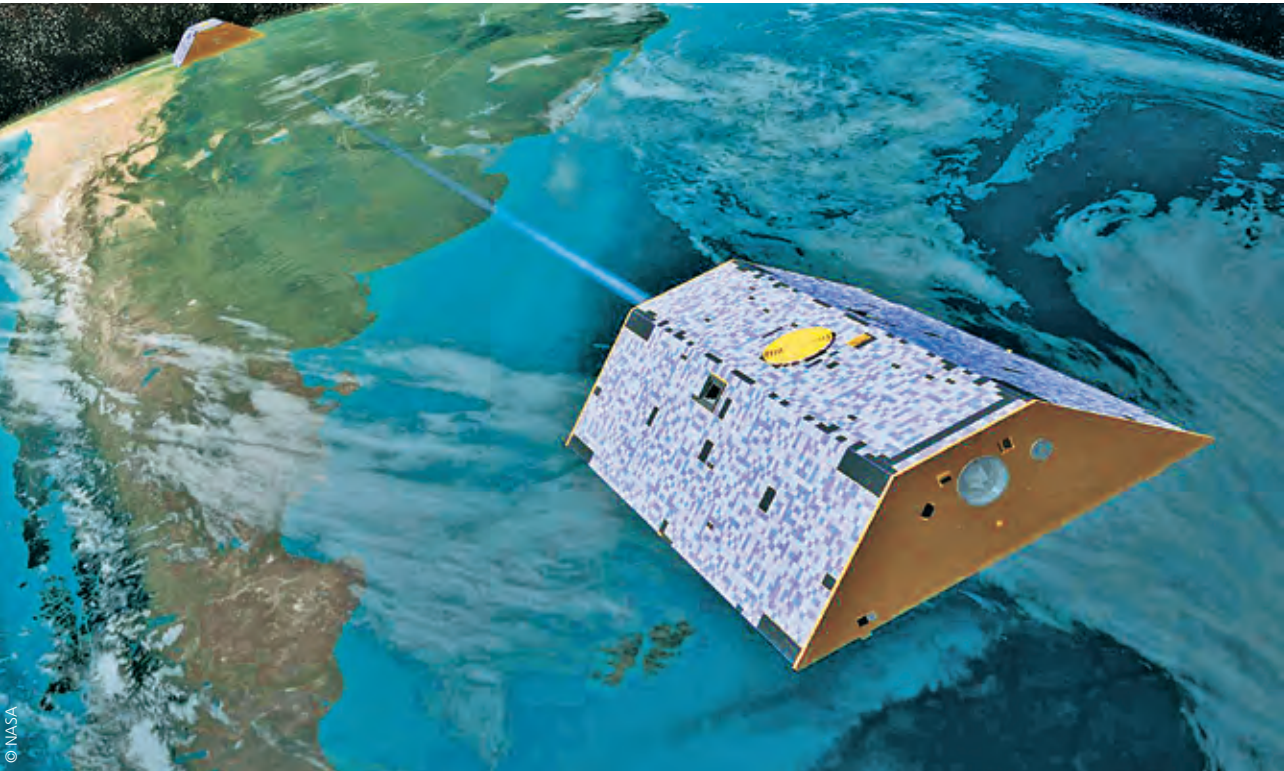
Neben der großen Zahl an Sensoren für elektromagnetische Strahlung gibt es auch einige wenige Systeme, die das Gravitationsfeld oder das Magnetfeld der Erde für ihre Messungen nutzen. Weil die Ursache für diese Felder größtenteils weit unter der Erdoberfläche liegt, richtet sich der „Blick“ dieser Satelliten auch ins Erdinnere.

Wäre die Erde eine exakte Kugel, also ihre Masse gleichmäßig im Erdinneren und auf der Oberfläche verteilt, so wäre die Bahn eines jeden Satelliten eine mathematisch exakte Ellipse. Die Wirklichkeit sieht anders aus. Die Erde ist an den Polen abgeplattet und auch die Massenverteilung der Erdkruste ist keineswegs gleichmäßig. Hinzu kommt, dass das Wasser der Ozeane auf die Massenanziehung reagiert. Es fließt zusammen, wo der Meeresgrund aus besonders schwerem Material besteht und bildet so lokale Wölbungen und Einbuchtungen mit Höhenunterschieden von bis zu 200 Metern. Für die Bestimmung der „Höhe über dem Meeresspiegel“ - etwa beim Bau zweier Brückenteile, die sich in der Mitte treffen sollen - kann das ein Problem sein. Gravitationsunterschiede führen auch bei Satteli-

tenbahnen zu Abweichungen, die der ESA-Satellit Gravity field and steady-state Ocean Circulation Explorer (GOCE) ausnutzt. Mit einem hochgenauen Beschleunigungssensor vermisst er sein eigenes gravitationsbedingtes Schlingern. Aus den Daten etwa eines Jahres schließen Wissenschaftler zurück auf das sogenannte Geoid - die geometrische Gestalt des Meeresspiegel-Niveaus „Normalnull“.

Die Satellitenkonstellation des amerikanisch-deutschen Gravity Recovery And Climate Experiments (GRACE) umfasst gleich zwei baugleiche Satelliten, die in einem Abstand von rund 200 Kilometern hintereinander herfliegen. Auch sie besitzen Beschleunigungssensoren. Zusätzlich messen sie mit einem Mikrowellenstrahl ihren Abstand auf Haaresbreite genau. Der Abstand variiert, weil der vorausfliegende Satellit von einer größeren Masse, etwa von einem Gebirge, ein wenig früher angezogen wird als der nachfolgende. Dieses Messverfahren ist besonders geeignet, die zeitlichen Veränderungen der Massenverteilung zu bestimmen. So „wiegt“ GRACE das Abschmelzen der Grönland-Gletscher (170 Milliarden Tonnen pro Jahr) oder den Rückgang des Grundwassers in Indien (18 Milliarden Kubikmeter pro Jahr).

Die ESA-Mission SWARM (englisch: Schwarm) umfasst drei Satelliten. Es handelt sich um verbesserte Nachbauten des deutschen Einzelsatelliten CHALLENGING Mini-satellite Payload (CHAMP). Sie umkreisen die Erde auf verschiedenen Bahnen und vermessen dabei das Magnetfeld der Erde. Dieses Feld ist für Menschen, Tiere und Pflanzen überlebenswichtig. Es schützt uns vor schädlicher Weltraumstrahlung. Mit SWARM erforschen die Wissenschaftler die Strömungsprozesse tief im flüssigen Erdmantel, die für das Entstehen des Magnetfelds verantwortlich sind und suchen nach den Ursachen, warum es in 30 Jahren um 20 Prozent abgenommen hat. Außerdem kartieren sie das Vorkommen magnetischer Gesteine und Erze in der Erdkruste. Darüber hinaus hatte bereits CHAMP nachgewiesen, dass sich die winzigen Schwankungen des Erdmagnetfeldes, die von der Gezeitenströmung der Ozeane herrühren, beobachten lassen. Die Kombination der drei SWARM-Satelliten steigert nun die Genauigkeit beträchtlich. Damit kann erstmalig aus dem Weltraum die globale Ozeanzirkulation bis hinunter zum Meeresgrund erfasst werden. Der Wärmetransport durch diese globale Zirkulation ist eine bestimmende Größe für das Erdklima. Seine ständige Beobachtung auf etwaige Veränderungen spielt eine Schlüsselrolle bei der Überwachung des Klimawandels.



Die Zwillingssatelliten „Tom & Jerry“ der Mission GRACE erstellten ab März 2002 ein Modell des Erdgravitationsfeldes mit bis dato unerreichter Genauigkeit. Folgende Fragen standen bei den Untersuchungen im Mittelpunkt: Schmelzen die Eiskappen an den Polen? Steigen die Meeresspiegel an? Drohen Überflutungen? Weshalb reichen warme Meeresströmungen wie der Golfstrom so weit in nördliche Gebiete der Erdkugel und welchen Einfluss hat die Gravitation darauf?

Since March 2002, the twin satellites of the GRACE mission, nicknamed 'Tom & Jerry', have made it possible to generate a model of unprecedented accuracy of the Earth's gravitational field. Investigations focused on the following questions: Are the polar ice caps melting? Are sea levels rising? Is there an increased danger of flooding? Why do warm ocean currents like the Gulf Stream reach so far up into the northern hemisphere, and what role does gravitation play in this context?

attraction, gathering where the bottom of the sea is composed of particularly heavy material and forming local bulges and dents featuring altitude differences of up to 200 metres. This might be a problem if the 'altitude above sea level' must be determined when, for example, a bridge is being built in two parts that are to meet in the middle. Differences in gravity also cause variations in the flight paths of the satellites that are used by ESA's GOCE satellite (Gravity field and steady-state Ocean Circulation Explorer). GOCE uses a high-precision acceleration sensor to measure its own gravitation-related wobble. From the data of one year, scientists draw conclusions regarding the so-called geoid – the geometrical shape of the sea level.

The satellite constellation of the American-German Gravity Recovery And Climate Experiment (GRACE) consists of two structurally identical satellites that fly one behind the other at a distance of around 200 kilometres. They, too, are equipped with acceleration sensors. In addition, they use a microwave beam to measure the distance between them to a hair's breadth. This distance varies because the satellite that flies ahead is attracted earlier by a great mass, a mountain range, for example, than the one that follows behind. This process is ideal for detecting temporal changes in mass distribution. Thus,

GRACE 'weighs' the melting of the Greenland glaciers (170 billion tons per year) and the deterioration of underground water in India (18 billion cubic metres per year).

ESA's SWARM mission consists of three satellites, improved rebuilds of the German single satellite CHAMP (CHALLENGING Mini-satellite Payload). Circling around Earth in different orbits, they survey its magnetic field on which the survival of humans, animals, and plants crucially depends: it protects us from harmful cosmic radiation. Scientists use SWARM to explore the flow processes which generate the magnetic field deep within the liquid mantle, looking for what has caused it to diminish by 20 per cent within 30 years. In addition, they map the prevalence of magnetic rocks and ores in the Earth's crust. Furthermore, CHAMP had already demonstrated that it is possible to observe minute fluctuations in the Earth's magnetic field that are caused by tidal flows in the oceans. Now, precision is considerably enhanced by the three SWARM satellites operating in combination so that global ocean circulation right down to the seabed can be examined from space for the first time. Heat transport by this global circulation is a factor that controls the Earth's climate. Continuously observing it to detect any changes plays a crucial role in monitoring climate change.

MISSIONEN MIT DEUTSCHER BETEILIGUNG AUF EINEN BLICK

DLR Missions	Mission Name Full	Mission Agencies	Mission Status	Launch Date	EOL Date
BIRD	Bi-spectral Infrared Detection	DLR	Mission complete	22 Oct. 2001	31 Dec. 2005
CHAMP	Challenging Mini-Satellite Payload for Geophysical Research and Application	DLR	Mission complete	15 July 2000	19 Sept. 2010
EnMAP	Environmental Mapping & Analysis Program	DLR	Approved	2017	2022
METimage on MetOp-SG-a	METimage on Metop-SG (EUMETSAT Polar System, second generation)	DLR	Approved	2019	2027
GRACE	Gravity Recovery and Climate Experiment	NASA, DLR	Currently being flown	17 Mar. 2002	1 Sept. 2013
GRACE FO	Gravity Recovery and Climate Experiment Follow-on	NASA, GFZ, DLR	Approved	2017	2022
MERLIN	Methane Remote Sensing Lidar Mission	CNES, DLR	Approved	2016/2017	2019/20
RapidEye	RapidEye	DLR	Currently being flown	29 Aug. 2008	1 Aug. 2018
TanDEM-X	TerraSAR-X Add-on for Digital Elevation Measurements	DLR	Currently being flown	21 June 2010	Dec. 2017
TerraSAR-X	TerraSAR-X	DLR	Currently being flown	15 June 2007	Dec. 2015, to be continued
TSX-NG	TerraSAR Next Generation	DLR	Considered	2016	2023

ESA Missions	Mission Name Full	Mission Agencies	Mission Status	Launch Date	EOL Date
ADM-Aeolus	Atmospheric Dynamics Mission	ESA	Approved	1 July 2015	1 July 2019
CryoSat-2	CryoSat-2	ESA	Currently being flown	8 Apr. 2010	Dec 2013, to be continued
EarthCARE	Earth, Clouds, Aerosols and Radiation Explorer	ESA, JAXA	Approved	1 Nov. 2015	1 Nov. 2018
Envisat	Environmental Satellite	ESA	Mission complete	1 Mar. 2002	8 Apr. 2012
ERS-1, ERS-2	European Remote Sensing satellite – 1, 2	ESA	Mission complete	17 June 1991 (1), 21 Apr. 1995 (2)	7 Mar. 2000 (1), 4 July 2011 (2)
GOCE	Gravity Field and Steady-State Ocean Circulation Explorer	ESA	Currently being flown	17 Mar. 2009	Oct. 2013
SMOS	Soil Moisture and Ocean Salinity	ESA, CDTI, CNES	Currently being flown	2 Nov. 2009	2013, to be continued
Swarm	The Earth's Magnetic Field and Environment Explorers	ESA, CNES	Approved	October 2013	1 Apr. 2017

MISSIONS WITH GERMAN PARTICIPATION AT A GLANCE

Applications	Instruments	Orbit Type	Mission Site
Small satellite mission with technical (autonomy) and scientific objectives (study of thermal processes on the Earth surface)	HSRS, WAOSS-B	Sun-synchronous	http://spacesensors.dlr.de/SE/bird/
Gravity field, precise geoid, magnetic field, atmospheric physics.	CHAMP GPS Sounder, CHAMP Gravity Package (Accelerometer+GPS), CHAMP Magnetometry Package (1 Scalar + 2 Vector Magnetometers)	Inclined, non-sun-synchro-nous	http://op.gfz-potsdam.de/champ/index_CHAMP.html
Hyperspectral imaging, land surface, geological and environmental investigation.	HSI	Sun-synchronous	http://www.enmap.org/
Meteorology, climatology. Metop-SG-a (3 satellites) carries the METimage instrument	METimage	Sun-synchronous	http://www.dlr.de/rd/en/desktopdefault.aspx/tabid-2440/3586_read-10140/
High precision gravity measurements for generation of gravity field models. Formation of two satellites (Tom & Jerry).	GRACE instrument	Inclined, non-sun-synchro-nous	http://www.csr.utexas.edu/grace/
Continuation of high-precision gravity measurements for generation of gravity field models. Formation of two satellites.	GRACE instrument	Inclined, non-sun-synchro-nous	
Global atmospheric methane concentration.	IPDA LIDAR	Sun-synchronous	http://www.dlr.de/rd/desktopdefault.aspx/tabid-2440/3586_read-31672/
System of 5 satellites for cartography, land surface, digital terrain models, disaster management, environmental monitoring. Daily revisit.	MSI	Sun-synchronous	http://www.dlr.de/dlr/en/desktopdefault.aspx/tabid-10377/565_read-436/
Digital terrain models in addition to TerraSAR-X mission.	X-Band SAR	Sun-synchronous	http://www.dlr.de/dlr/en/desktopdefault.aspx/tabid-10378/566_read-426/
Cartography, land surface, civil planning and mapping, digital terrain models, environmental monitoring.	GPSRO (Terra-SAR), X-Band SAR	Sun-synchronous	http://www.terrasar.de/
Commercial follow-on mission to TerraSAR-X operated by Infoterra. Cartography, land surface, civil planning and mapping, digital terrain models, environmental monitoring.	X-Band SAR	Sun-synchronous	

Applications	Instruments	Orbit Type	Mission Site
Wind profile measurements for global 3D wind field products used for study of atmospheric dynamics, including global transport of energy, water, aerosols, and chemicals.	ALADIN	Sun-synchronous	http://www.esa.int/export/esaLP/aeolus.html
Fluctuations in the mass of the Earth's major land and marine ice fields.	DORIS-NG, Laser Reflectors (ESA), SIRAL	Inclined, non-sun-synchronous	http://www.esa.int/cryosat
Atmospheric cloud & aerosol interactions and of the Earth's radiative balance towards enhancing climate and numerical weather prediction models.	ATLID, BBR (EarthCARE), CPR (EarthCARE), MSI (EarthCARE)	Sun-synchronous	http://www.esa.int/export/esaLP/earthcare.html
Physical oceanography, land surface, ice and snow, atmospheric chemistry, atmospheric dynamics/water and energy cycles.	AATSR, ASAR, ASAR (image mode), ASAR (wave mode), DORIS-NG, ENVISAT Comms, GOMOS, MERIS, MIPAS, MWR, RA-2, SCIAMACHY	Sun-synchronous	http://envisat.esa.int/
Earth resources plus physical oceanography, ice and snow, land surface, meteorology, geodesy/gravity, environmental monitoring, atmospheric chemistry.	AMI/SAR/Image, AMI/SAR/Wave, AMI/Scatterometer, ATSR, ATSR/M, ERS Comms, MWR, RA, GOME (ERS-2 only)	Sun-synchronous	http://www.esa.int/export/esaSA/GGWVBR8RVDC_earth_0.html
Research in steady-state ocean circulation, physics of Earth's interior and levelling systems (based on GPS). Unique data set required for global and regional models of the Earth's gravity field and geoid	EGG, GPS (ESA), Laser Reflectors (ESA), LRR, SSTI	Sun-synchronous	http://earth.esa.int/goce
Overall objectives are to provide global observations of two crucial variables for modelling the weather and climate, soil moisture, and ocean salinity. It will also monitor the vegetation water content, snow cover, and ice structure.	MIRAS (SMOS)	Sun-synchronous	http://earth.esa.int/SMOS/
To provide the best ever survey of the geomagnetic field and its temporal evolution, and gain new insights into improving our knowledge of the Earth's interior and climate.	ACC, ASM, EFI, GPS Receiver (Swarm), Laser Reflectors (ESA), STR, VFM	Inclined, non-sun-synchronous	http://www.esa.int/export/esaLP/swarm.html

MISSIONEN MIT DEUTSCHER BETEILIGUNG AUF EINEN BLICK

EUMETSAT	Mission Name Full	Mission Agencies	Mission Status	Launch Date	EOL Date
Metop-SG-a	Metop second generation, EUMETSAT Polar System, second generation	EUMETSAT, NOAA, DLR, EC, CNES, ESA	Approved	2019	2027
Metop-SG-b	Metop second generation, EUMETSAT Polar System, second generation	EUMETSAT, EC, ESA	Approved	2020	2028
Meteosat-7 (Meteosat First Generation)	Meteosat-7	EUMETSAT, ESA	Currently being flown	3 Sept. 1997	Dec. 2016
Meteosat-8, 9, 10, 11 (Meteosat Second Generation)	Meteosat Second Generation	EUMETSAT, ESA	Currently being flown (Meteosat 8, 9, 10), approved (Meteosat 11)	13 Aug. 2002 (8), 21 Dec. 2005 (9), 5 July 2012 (19), Jan. 2015 (11)	Dec. 2019 (8), 2021 (9), 2022 (10), 2023 (11)
Metop A, B, C	Meteorological Operational Polar Satellite	EUMETSAT, ESA	Currently being flown (A, B), approved (C)	19 Oct. 2006 (A), 17.9.2012 (B), 2016 (C)	2015 (A), 2018 (B), 2022 (C)
MTG-I 1, 2, 3, 4	Meteosat Third Generation – Imaging Satellite	EUMETSAT, ESA	Approved	Dec. 2018 (1), 2022 (2), 2026 (3), 2031 (4)	2026 (1), 2031 (2),2034 (3), 038 (4)
MTG-S 1, 2	Meteosat Third Generation – Sounding Satellite	EUMETSAT	Approved	2019 (1), 2025 (2)	2027 (1), 2032 (2)
Jason-2, 3	Ocean Surface Topography Mission	NASA, NOAA, CNES, EUMETSAT	Currently being flown (2), approved (3)	20 June 2008 (2), 2014 (3)	2014 (2), 2019 (3)

Copernicus Missions	Mission Name Full	Mission Agencies	Mission Status	Launch Date	EOL Date
Sentinel-1 A, B, C	Sentinel-1 A, B, C	ESA, EC	Approved (C-Unit considered)	Oct. 2013 (A), Jan. 2015 (B), 2019 (C)	2020 (A), 2022 (B), 2026 (C)
Sentinel-2 A, B, C	Sentinel-2 A, B, C	ESA, EC	Approved (C-Unit considered)	September 2014 (A), May 2015 (B), 2020 (C)	2021 (A), 2022 (B), 2027 (C)
Sentinel-3 A, B, C	Sentinel-3 A, B, C	ESA, EC	Approved (C-Unit considered)	November 2014 (A), April 2015 (B), 2020 (C)	2021 (A), 2022 (B), 2027 (C)
Sentinel-4 A, B	Sentinel-4 A, B	ESA, EUMETSAT, EC	Approved	2018 (A), 2024 (B)	2027 (A), 2033 (B)
Sentinel-5	Sentinel-5	ESA, EUMETSAT, EC	Approved	2019	2026
Sentinel-5 precursor	Sentinel-5 precursor	ESA, EC	Approved	1 June 2015	01 June 2020
Jason-CS	Jason-CS	ESA, EC, EUMETSAT, NOAA	Approved	2018	2024

MISSIONS WITH GERMAN PARTICIPATION AT A GLANCE

Applications	Instruments	Orbit Type	Mission Site
Meteorology, climatology. Metop-SG-a also carries the Sentinel-5 mission. 3 satellites.	3MI, IASI-NG, METimage, MWS, RO, Sentinel-5	Sun-synchronous	http://www.eumetsat.int/Home/Main/Satellites/index.htm?l=en?
Meteorology, climatology. 3 satellites.	ICI, MWI, MWS, RO, SCA	Sun-synchronous	http://www.eumetsat.int/Home/Main/Satellites/index.htm?l=en?
Meteorology, climatology, atmospheric dynamics/water and energy cycles.	Meteosat Comms, MVIRI	Geostationary	http://www.eumetsat.int/Home/Main/Satellites/index.htm?l=en?
Meteorology, climatology, atmospheric dynamics/water and energy cycles. Meteosat 1-7 are first generation. Meteosat 8-11 are second generation and known as MSG in the development phase.	GERB, MSG Comms, SEVIRI	Geostationary	http://www.eumetsat.int/Home/Main/Satellites/index.htm?l=en?
Meteorology, climatology.	AMSU-A, ARGOS, ASCAT, AVHRR/3, GOME-2, GRAS, HIRS/4, IASI, MHS, S&R (NOAA), SEM (POES)	Sun-synchronous	http://www.eumetsat.int/Home/Main/Satellites/index.htm?l=en?
Meteorology, climatology, Atmospheric dynamics/water and energy cycles.	FCI, LI	Geostationary	http://www.eumetsat.int/Home/Main/Satellites/index.htm?l=en?
Meteorology, climatology, atmospheric dynamics/water and energy cycles. MTG-S also carries the Sentinel-4 mission.	IRS, UVN (Sentinel-4)	Geostationary	http://www.eumetsat.int/Home/Main/What_We_Do/Satellites/Future_Satellites/Meteosat_Third_Generation/index.htm
Radaraltimeter for physical oceanography, geodesy/gravity, climate monitoring, marine meteorology.	AMR, DORIS-NG, GPSP, JMR, LRA, POSEIDON-3	Inclined, non-sun-synchronous	http://www.eumetsat.int/Home/Main/Satellites/Jason-2/index.htm?l=en

Applications	Instruments	Orbit Type	Mission Site
Providing continuity of C-band SAR data for operational applications notably in the following areas: monitoring of sea ice zones and the arctic environment, surveillance of marine environment, monitoring of land surface motion risks and mapping in support of humanitarian aid in crisis situations.	C-Band SAR	Sun-synchronous	http://www.esa.int/esaLP/LPgmes.html
Supporting land monitoring related services, including: generation of generic land cover maps, risk mapping and fast images for disaster relief, generation of leaf coverage, leaf chlorophyll content, and leaf water content.	MSI (Sentinel-2)	Sun-synchronous	http://www.esa.int/esaLP/LPgmes.html
Supporting global land and ocean monitoring services, in particular: sealland colour data and surface temperature, sea surface and land ice topography, coastal zones, inland water and sea ice topography, vegetation products.	OLCI, SLSTR, SRAL	Sun-synchronous	http://www.esa.int/esaLP/LPgmes.html
Supporting European atmospheric composition and air quality monitoring services. The Sentinel-4 mission is carried on MTG-S.	IRS, UVN (Sentinel-4)	Geostationary	http://www.esa.int/esaLP/LPgmes.html
Supporting European atmospheric composition and air quality monitoring services. The Sentinel-5 mission is carried on Metop-SG-a.	UVNS (Sentinel-5)	Sun-synchronous	http://www.esa.int/esaLP/LPgmes.html
Supporting global atmospheric composition and air quality monitoring services. It will bridge the gap between Envisat and Sentinel-5.	UVNS (Sentinel-5 precursor)	Sun-synchronous	http://www.esa.int/esaLP/LPgmes.html
Physical oceanography, geodesy/gravity, climate monitoring, marine meteorology.	SRAL. AMR, GPSP, LRA	Inclined, non-sun-synchronous	

Titelbild: Das erste digitale Höhenmodell aus TanDEM-X Daten, überlagert mit der Phaseninformation, die aus den unterschiedlichen Sichtwinkeln des Satellitenzwillinges TanDEM-X und TerraSAR-X gewonnen wird und die Basis der Höhermittlung ist. Die Daten wurden am 18. Juli 2010 aufgenommen, weniger als einen Monat nach dem Start von TanDEM-X, und zeigen ein Gebiet in der Nähe von Wolgograd, Russland.

Cover picture: The first digital elevation model from TanDEM-X data, overlaid with the phase information which is generated from the different viewing angles of the satellite twin TanDEM-X and TerraSAR-X and forms the basis for the elevation determination. This data was acquired July 18, 2010, less than a month after the launch of TanDEM-X, and shows an area close to the city of Wolgograd, Russia.

Impressum

Erdbbeobachtung – Unseren Planeten erkunden, vermessen und verstehen

Herausgeber:
Deutsches Zentrum für Luft- und Raumfahrt e.V. (DLR)

Sabine Hoffmann, DLR Kommunikation
(V. i. S. d. P.)

Redaktion:
Martin Fleischmann (Redaktionsleitung),
Diana Gonzalez

Druck:
KÖLLEN DRUCK & VERLAG GmbH, Bonn
Drucklegung: März 2013

Gestaltung:
CD Werbeagentur GmbH, Troisdorf

Nachdruck nur mit Zustimmung des Herausgebers und Quellenangabe. Gedruckt auf umweltfreundlichem, chlorfrei gebleichtem Papier.
Bilder DLR, CC-BY 3.0, soweit nicht anders angegeben.

Imprint

Earth Observation – Discovering, Surveying, and Understanding Our Planet

Publisher:
Deutsches Zentrum für Luft- und Raumfahrt e.V. (DLR)

Sabine Hoffmann, DLR Kommunikation
(DLR corporate communications)

Editorial office:
Martin Fleischmann (Editor in Chief),
Diana Gonzalez

Print:
KÖLLEN DRUCK & VERLAG GmbH, Bonn
Press date: March 2013

Layout:
CD Werbeagentur GmbH, Troisdorf

Reprint with approval of publisher and with reference to source only. Printed on environment-friendly, chlorine-free bleached paper. All images are property of DLR and published under a CC-BY 3.0 unported license unless otherwise stated.

Das DLR im Überblick

Das DLR ist das nationale Forschungszentrum der Bundesrepublik Deutschland für Luft- und Raumfahrt. Seine umfangreichen Forschungs- und Entwicklungsarbeiten in Luftfahrt, Raumfahrt, Energie, Verkehr und Sicherheit sind in nationale und internationale Kooperationen eingebunden. Über die eigene Forschung hinaus ist das DLR als Raumfahrt-Agentur im Auftrag der Bundesregierung für die Planung und Umsetzung der deutschen Raumfahrtaktivitäten zuständig. Zudem fungiert das DLR als Dachorganisation für den national größten Projektträger.

In den 16 Standorten Köln (Sitz des Vorstands), Augsburg, Berlin, Bonn, Braunschweig, Bremen, Göttingen, Hamburg, Jülich, Lampoldshausen, Neustrelitz, Oberpfaffenhofen, Stade, Stuttgart, Trauen und Weilheim beschäftigt das DLR circa 7.400 Mitarbeiterinnen und Mitarbeiter. Das DLR unterhält Büros in Brüssel, Paris, Tokio und Washington D.C.

DLR at a glance

DLR is the national aeronautics and space research centre of the Federal Republic of Germany. Its extensive research and development work in aeronautics, space, energy, transport, and security is integrated into national and international cooperative ventures. In addition to its own research, as Germany's space agency, DLR has been given responsibility by the Federal Government for the planning and implementation of the German space programme. DLR is also the umbrella organisation for the nation's largest project execution organisation.

DLR has approximately 7400 employees at 16 locations in Germany: Cologne (headquarters), Augsburg, Berlin, Bonn, Braunschweig, Bremen, Goettingen, Hamburg, Juelich, Lampoldshausen, Neustrelitz, Oberpfaffenhofen, Stade, Stuttgart, Trauen, and Weilheim. DLR also has offices in Brussels, Paris, Tokyo and Washington D.C.



DLR

**Deutsches Zentrum
für Luft- und Raumfahrt**
German Aerospace Center

Kommunikation

DLR Raumfahrtmanagement
Königswinterer Straße 522-524
53227 Bonn
www.dlr.de/rd

Gefördert durch:



Bundesministerium
für Wirtschaft
und Technologie

aufgrund eines Beschlusses
des Deutschen Bundestages

Supported by:



Federal Ministry
of Economics
and Technology

on the basis of a decision
by the German Bundestag