

TERRA SAR X



Missionsbrochure Mission brochure

TerraSAR-X

Das deutsche Radar-Auge im All
The German Radar Eye in Space



TerraSAR-X. Das deutsche Radar-Auge im All

The German Radar Eye in Space



TerraSAR-X ist Deutschlands erster nationaler Fernerkundungssatellit, der in öffentlich-privater Partnerschaft zwischen dem Deutschen Zentrum für Luft- und Raumfahrt (DLR) und der EADS Astrium GmbH mit erheblicher finanzieller Beteiligung der Industrie realisiert wird. Dieser Radarsatellit, der Anfang 2007 mit einer russisch-ukrainischen Trägerrakete gestartet werden soll, wird für die Dauer von mindestens fünf Jahren hochwertige Radardaten für die wissenschaftliche Erdbeobachtung liefern. Gleichzeitig soll der stetig steigende Bedarf der Privatwirtschaft und der öffentlichen Hand nach Fernerkundungsdaten für den kommerziellen Markt befriedigt werden.

TerraSAR-X is Germany's first national remote sensing satellite to be implemented in a public-private partnership between the German Aerospace Center (DLR) and EADS Astrium GmbH, with a significant financial participation from the industrial partner. This radar satellite, which is to be launched early in 2007 using a Russian-Ukrainian launch vehicle, will supply high-quality radar data for purposes of scientific observation of the Earth for a period of at least five years. At the same time it is designed to satisfy the steadily growing demand of the private sector for remote sensing data in the commercial market.

Die Mission TerraSAR-X

In der heutigen Zeit sind Satelliten aus unserem Leben nicht mehr wegzudenken. Sei es der tägliche Wetterbericht mittels meteorologischer Satelliten, die Live-Übertragung eines aktuellen Ereignisses aus entlegenen Teilen der Erde mittels moderner Kommunikationssatelliten oder die Positionsbestimmung von Schiffen auf den Weltmeeren mittels der Navigationssatelliten: Diese inzwischen selbstverständlich gewordenen Dienste sind nur dank technologisch ausgefeilter, im Weltraum operierender Missionen möglich.

Weltraumgestützte Sensoren werden aber auch für die Erdbeobachtung eingesetzt, etwa für die Erforschung von Veränderungen in unserer Atmosphäre, für die Klimaforschung, für die Beobachtung von Vorgängen in unseren Weltmeeren, für geologische Untersuchungen und vieles mehr. Fernerkundungsdaten aus dem All ergänzen und komplettieren dabei erdgestützte Messungen. Unverzichtbar sind sie immer dann, wenn ein globaler Blick auf unsere Erde notwendig ist, wie zum Beispiel beim Wetter oder bei der Beobachtung der Eiskappen der Pole.

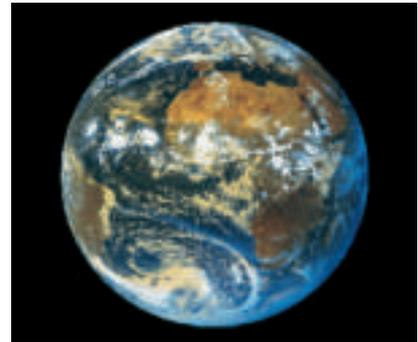
Mit dem neuen Radarsatelliten TerraSAR-X werden insbesondere die Landmassen der Erde in Augenschein genommen. Dazu gehören die Kartierung unserer Waldflächen, die Erstellung und regelmäßige Aktualisierung von Landnutzungskarten, die Erfassung von Feldfruchtarten auf landwirtschaftlich genutzten Flächen sowie die Erforschung und Überwachung geologisch aktiver Gebiete wie Vulkan- und Erdbebenregionen. Mit der zunehmenden technischen Leistungsfähigkeit der Sensoren lassen sich derartige Daten immer präziser von Satelliten aus erheben.

The TerraSAR-X Mission

Today it is difficult to imagine our life without satellites. Whether the daily weather report using meteorological satellites, the live transmission of an ongoing event from remote areas using modern communication satellites or the navigation of ships on the world's oceans by means of global positioning satellites: These services that in recent times have become part of our daily life are only possible thanks to technologically advanced missions operating in space.

Sensors based in space are also used for Earth observation, be it for research into the alterations taking place in our atmosphere, for climate research, for the monitoring of processes in our oceans, for geological investigations, and much more besides. Remote sensing data obtained from space thus complement and complete Earth-based measurements. They are always essential if a global view of our Earth is required, as is the case, for example, with the weather, or with the monitoring of the polar ice caps.

With the new TerraSAR-X radar satellite, the land masses of the Earth will be particularly closely inspected. This includes the mapping of our forests, the generation and current updating of land utilization maps, the recording of derelict land areas and the estimation of the maturity-level of areas in agricultural use, as well as the study and monitoring of geologically active areas such as volcanic and earthquake regions. With the increasing technical capability of these sensors this kind of data can be extracted from satellites with ever more precision.



Planet Erde
Planet Earth



X-SAR Radarbild des Viedma-Gletschers in Patagonien

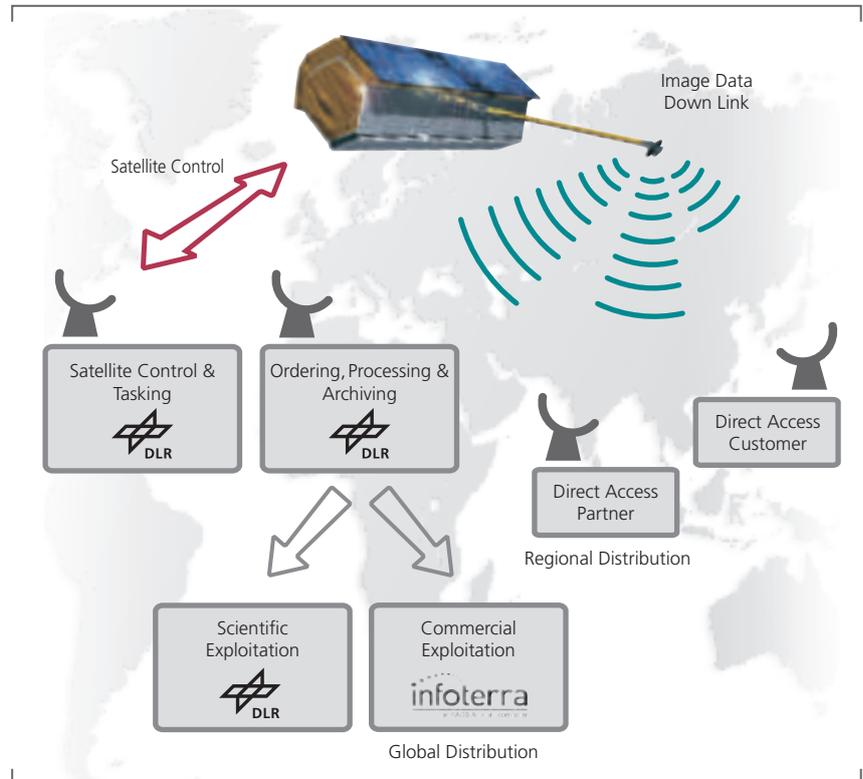
X-SAR Radar Image of the Viedma Glacier in Patagonia

Bei TerraSAR-X wird hierfür ein moderner Radarsensor benutzt, ein so genanntes „Synthetic Apertur Radar“ (SAR). Es ermöglicht hoch auflösende Abbildungen der Erdoberfläche. Ein SAR hat dabei gegenüber optischen Systemen einige Vorteile: Radar ist unabhängig von der Beleuchtung durch die Sonne, sodass Messungen rund um die Uhr durchgeführt werden können. Zudem ist ein Radarsensor weitgehend unabhängig von den Wetterverhältnissen wie zum Beispiel der Wolkenbedeckung. Dies trägt erheblich zur Verlässlichkeit des Systems bei, eine Eigenschaft, die von vielen Nutzern zunehmend verlangt wird, da Daten oft zu einem genau definierten Zeitpunkt benötigt werden.

With TerraSAR-X a modern radar sensor is being used for this purpose, a so-called “Synthetic Aperture Radar” (SAR). It is able to produce high-resolution images of the Earth’s surface, similar to photographic equipment. A SAR has a number of advantages compared with optical systems: for instance, radar is independent of any illumination by the sun, so that measurements can be made around the clock at any time of day or night. Moreover, a radar sensor is to a large extent independent of weather conditions, such as, for example, cloud coverage. This contributes significantly to the reliability of the system, a property that is increasingly requested by many users, since data are often required at a certain point in time.

Missionskonzept

Mission Concept



Derartige Fähigkeiten sind inzwischen nicht mehr nur für wissenschaftliche Anwendungen interessant, auch auf dem kommerziellen Markt werden solche Daten immer häufiger nachgefragt. Aus diesem Grund wird TerraSAR-X als erster deutscher Fernerkundungssatellit in einer so genannten öffentlich-privaten Partnerschaft zwischen dem Deutschen Zentrum für Luft- und Raumfahrt (DLR) und der EADS Astrium GmbH realisiert.

Öffentlich-private-Partnerschaft

In der Vergangenheit wurden Weltraumprojekte wegen ihrer hohen Kosten und globalen Missionsziele fast ausschließlich vom Staat finanziert. Sie dienten primär wissenschaftlichen Zielen, wie der Erforschung der Schwerelosigkeit, von Prozessen in unserer Erdatmosphäre oder des Zustandes der Nachbarplaneten in unserem Sonnensystem. Mit zunehmendem Entwicklungsstand werden spezielle Bereiche der Raumfahrt auch für den privaten Markt interessant, sodass sich inzwischen etwa der Bau von Telekommunikationssatelliten zu einem rein privatwirtschaftlichen Geschäftsfeld entwickelt hat.

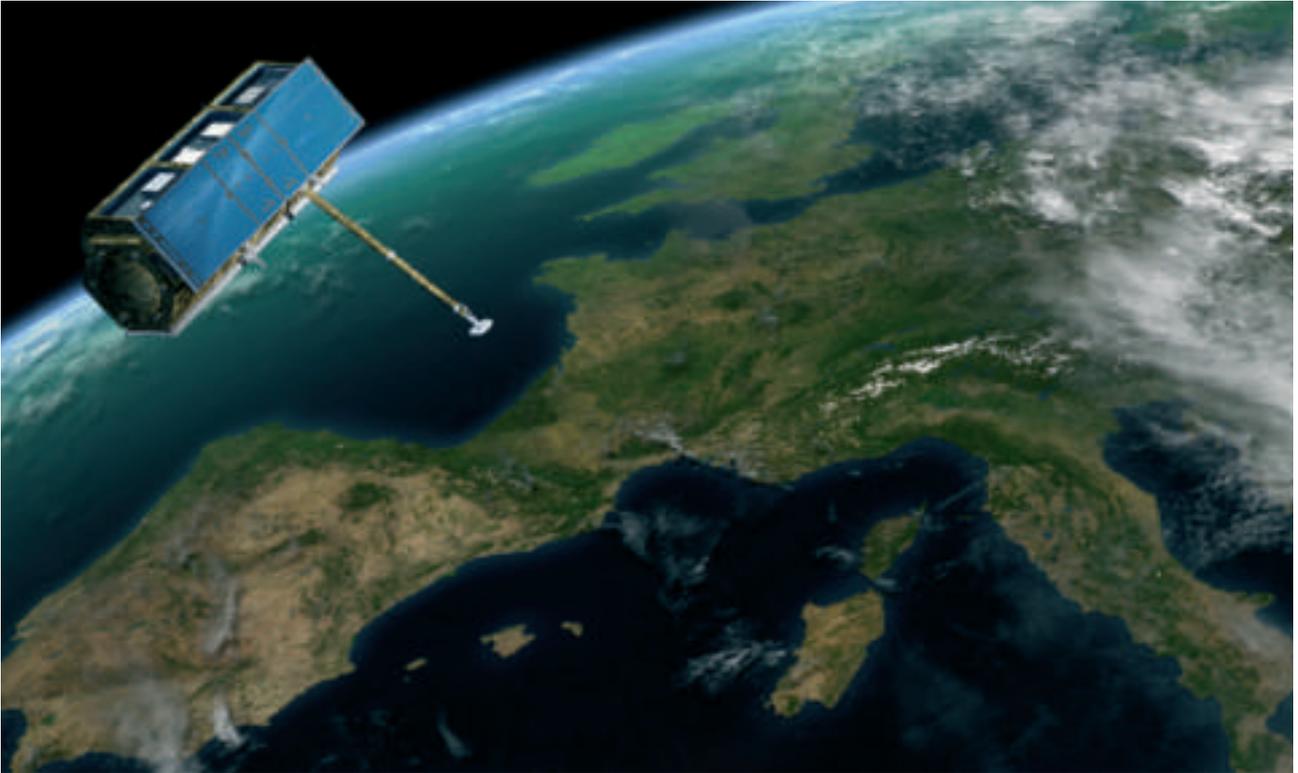
Heute werden auch Fernerkundungsdaten der Erde und daraus gewonnene Informationen neben der wissenschaftlichen Nutzung zunehmend für privatwirtschaftliche Anwendungen benötigt. Daher ist es das Ziel des nationalen Erdkundungsprogrammes, die Erhebung derartiger Daten langfristig in privatwirtschaftliche Hand zu überführen und ein sich selbst tragendes, nachhaltiges Geschäftsfeld zu eröffnen.

Today, these kinds of capabilities are no longer just of interest for scientific applications – such data are also being asked for increasingly on the commercial market. This is the reason why TerraSAR-X, Germany's first national remote sensing satellite, is being implemented in a so-called public-private partnership between the German Aerospace Center (DLR) and EADS Astrium GmbH.

Public-Private Partnership

In the past, space projects have been almost exclusively financed by the state, due to their high costs and global mission objectives. They served primarily scientific objectives, such as research into weightlessness, processes in our Earth's atmosphere, or the state of the neighbouring planets in our solar system. With the further technology development particular areas of space activities have also become of interest for the private market, so that in recent times, for example, the construction of telecommunication satellites has developed to become a purely private business sector.

Today remotely sensed Earth data and the information extracted from this data are also increasingly required for private sector applications alongside scientific utilization. It is therefore the objective of the national Earth remote sensing program to transfer the extraction of this type of data in the long term to the private sector, and to open up a self-supporting, sustainable area of business.



TerraSAR-X wird mindestens fünf Jahre lang hochwertige Informationen über die Erdoberfläche liefern, die sich für eine Fülle wissenschaftlicher wie auch kommerzieller Anwendungen nutzen lassen. Die Mission dient somit sowohl dem Interesse der deutschen Forschungspolitik wie auch dem der Wirtschaft. Daher wird mit TerraSAR-X erstmals in Deutschland ein Raumfahrtprojekt in öffentlich-privater Partnerschaft unter erheblicher finanzieller Beteiligung der Industrie realisiert. Ziel ist die Kooperation gleichberechtigter Partner, in denen jeder einen ausgewogenen Beitrag leistet, um durch das gemeinsame Projekt seinen eigenen Bedarf zu befriedigen.

Dieser Ansatz geht deutlich über die bisher genutzten Möglichkeiten der Auftragsvergabe mit staatlicher Finanzierung hinaus und beruht auf partnerschaftlichem Projektmanagement. Beide Seiten

For at least five years TerraSAR-X will supply high-quality information concerning the Earth's surface that can be used for a wealth of both scientific and commercial applications. The mission is thus serving the interests of both the German research policy and the economy. And with TerraSAR-X a space project is being implemented for the first time in Germany in a public-private partnership with significant financial contribution by the industry. The objective is a cooperation between equal partners in which each provides a balanced contribution in order to satisfy its own requirements through the joint project.

This formula clearly goes beyond the options previously used for placing contracts with state finance and is based on project management conducted in partnership. Both sides contribute resources on the basis of their different objectives,

bringen auf Grund ihrer unterschiedlichen Ziele Ressourcen ein, führen das Projekt gemeinsam durch und nutzen die Ergebnisse. Daraus ergibt sich der Vorteil, dass sich zugleich die Ziele der Wissenschaft erfüllen lassen und parallel die industrielle Vermarktung unterstützt wird. Damit werden Projektinvestitionen gesichert, die ansonsten von einem Partner allein derzeit nicht finanzierbar wären.

Die Basis der Kooperation zwischen Staat und Wirtschaft bildet ein Kooperationsvertrag, den die Raumfahrt-Agentur des DLR und die EADS Astrium GmbH am 25. März 2002 unterzeichnet haben. Das DLR vergab damit den Auftrag für Entwicklung, Bau und Start des Satelliten an EADS Astrium. Die Forschungsinstitute des DLR übernehmen den Aufbau eines Satellitenbetriebsystems sowie des Kalibrierungs- und des Bodensegmentes für den Empfang der Radardaten sowie deren Prozessierung, Archivierung, Kalibrierung und Verteilung. Das DLR ist außerdem verantwortlich für den fünfjährigen Betrieb des Satelliten.

EADS Astrium hingegen verpflichtet sich zum Aufbau eines Vertriebssystems und zur Kommerzialisierung der TerraSAR-X Daten und Produkte durch die Infoterra GmbH, eine 100-prozentige Tochtergesellschaft der EADS Astrium. Gegen Gewährung der exklusiven, kommerziellen Nutzungsrechte für die TerraSAR-X Daten beteiligt sich EADS Astrium an den Entwicklungskosten des Satelliten. Darüber hinaus beteiligt sich EADS Astrium in der Betriebsphase umsatzabhängig an den Satellitenbetriebskosten des DLR und investiert erhebliche Beträge in den Aufbau des Vertriebssystems und die Vermarktung der Satellitendaten und Produkte. Bei Erreichen der heute vorhersehbaren Geschäftsentwicklung wird die EADS Astrium GmbH zudem nach Ablauf der Lebensdauer des Satelliten ein Nachfolgesystem finanzieren und so die Nachhaltigkeit des Geschäftes sichern. Das DLR als Vertreter des Bundes bleibt Eigentümer der TerraSAR-X Daten und koordiniert deren wissenschaftliche Nutzung.

conduct the project jointly and utilize the results. From this the advantage arises that it is possible to fulfil the scientific objectives while the industrial marketing is supported in parallel. In this way project investments are secured which one partner alone would otherwise not be able to finance at the present time.

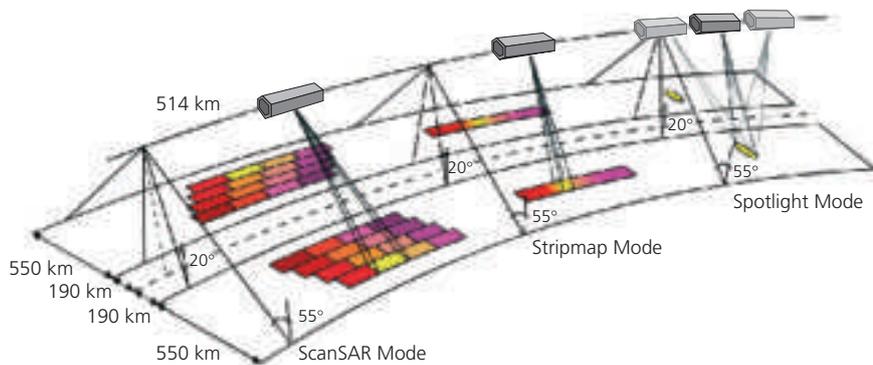
A cooperation agreement forms the basis of the cooperation between the state and the private sector – which was signed on the 25th of March 2002 by the DLR space agency and EADS Astrium GmbH. DLR placed a contract for the development, assembly and launch of the satellite to EADS Astrium. The DLR research institutes are undertaking the development of the satellite operating system as well as the ground segment for reception of the radar data as well as its processing, archiving, calibration and distribution. Moreover, DLR is responsible for the operation of the satellite over a period of five years.

EADS Astrium, on the other hand, has committed itself to the development of a commercial service system and to the commercialization of the TerraSAR-X data and products through Infoterra GmbH, a 100 % owned subsidiary of EADS Astrium. In exchange for the exclusive commercial utilization rights for the TerraSAR-X data EADS Astrium is contributing to the development costs of the satellite. Moreover, in the operation phase EADS Astrium is contributing to the satellite operating costs of DLR and is investing significantly in the development of the service system and the marketing of the satellite data and products. With achievement of the business development as predicted today, EADS Astrium will also finance a follow-up system at the end of the operational life of the first satellite and so secure the sustainability of the business. The DLR as the representative of the state remains the owner of the TerraSAR-X data and coordinates its scientific utilization.



SAR-Technologie und Geschichte

SAR Technology and History



Die Aufnahme-Modi von TerraSAR-X
Scanning Modes of TerraSAR-X

Das Prinzip der SAR-Technologie

Das SAR-Prinzip geht auf das Jahr 1951 zurück. Damals erreichte der Ingenieur Carl Wiley bei Flugaufnahmen zum ersten Mal eine hohe Auflösung mit einem Radarsystem. Um dies zu ermöglichen, fügte er eine Phasenkorrektur für aufeinander folgende Radarimpulse ein, die gemäß dem Doppler-Effekt aus der relativen Bewegung zwischen Radarantenne und Aufnahmeobjekt abgeleitet war.

Bei einem Synthetik Apertur Radar (SAR) wird die Erdoberfläche mit kurzen, von einer Radarantenne abgestrahlten Impulsen „beleuchtet“. Der Radarimpuls wird von der Erdoberfläche reflektiert und das so genannte Radarecho wird wieder mit der Antenne empfangen und aufgezeichnet.

Um eine hohe räumliche Auflösung zu erzielen, wird ein technischer Trick angewendet: Der Satellit mit dem SAR-Instrument bewegt sich mit hoher Geschwindigkeit über der Erdoberfläche. Während des Überflugs werden die Echos vieler abgestrahlter Radarimpulse aufsummiert. Dieses kommt fiktiv einer sehr großen

The Principle of SAR Technology

The SAR principle goes back to the year 1951. At that time the engineer Carl Wiley achieved for the first time high-resolution images with a radar system in flight. To make this possible he introduced a phase correction for successive radar pulses that was derived from the relative movement between the radar antenna and the object to be imaged in accordance with the Doppler effect.

With a Synthetic Aperture Radar (SAR) the Earth's surface is "illuminated" with short pulses radiated by a radar antenna. The radar pulse is reflected from the Earth's surface, and the so-called radar echo is again received by the antenna and recorded.

In order to achieve a high spatial resolution a technical trick is applied: The satellite with the SAR instrument moves at high velocity over the Earth's surface. During the overflight the echoes of many radiated radar pulses are summarized. The result is equivalent to a very large radar antenna (synthetic aperture), proportional to the distance the satellite travelled in this period of time. With this technique the spatial resolution is increased in the flight direction, since it depends upon the size of the antenna.

A SAR system like TerraSAR-X can be operated in different imaging modes, in order to achieve various results. In most cases the so-called Stripmap Mode is used. In this mode a carrier vehicle with a SAR system moves along a flight path, with a fixed radar beam illuminating a target area underneath at an inclined angle. An image is taken within a strip, the length of which corresponds to the distance that has been overflowed. The radar pulses are not radiated vertically downward,



Radarantenne gleich (synthetische Apertur), in Abhängigkeit von der in dieser Zeit zurückgelegten Entfernung. Mit diesem Verfahren wird die räumliche Auflösung in Flugrichtung erhöht, da diese von der Antennengröße abhängt.

Ein SAR-System wie TerraSAR-X kann man in verschiedenen Aufnahmearten betreiben, um unterschiedliche Ergebnisse zu erzielen. In den meisten Fällen benutzt man den so genannten Streifenmodus. In diesem Modus bewegt sich ein Träger mit einem SAR-System auf einer Flugbahn, wobei ein feststehender Radarstrahl ein Zielgebiet schräg nach unten beleuchtet. Es wird ein Streifen abgebildet, dessen Länge der überflogenen Strecke entspricht. Die Radarimpulse werden dabei nicht senkrecht nach unten, sondern schräg zur Erdoberfläche ausgestrahlt. Dadurch können weiter vom Radar entfernt liegende Punkte durch Laufzeitmessungen von nahen Punkten unterschieden werden, da das Radarsignal auf seinem Weg von der Antenne zum Zielpunkt und zurück für die größere Entfernung mehr Zeit benötigt. Die schräge Abbildungsgeometrie erlaubt die Umrechnung der gemessenen Laufzeit in eine Position am Boden. Typische Einfallswinkel liegen im Bereich zwischen 20 und 60 Grad.

Der ScanSAR-Modus wird in satellitengestützten SAR-Systemen eingesetzt, um die dort existierende Beschränkung der Streifenbreite durch alternierendes Abtasten mehrerer Teilstreifen zu überwinden. Dazu wird der Radarstrahl quer zur Flugrichtung gesteuert, wodurch eine größere Streifenbreite bei reduzierter Auflösung erreicht wird.

Der Spotlight-Modus ermöglicht eine sehr hohe geometrische Auflösung in Flugrichtung. Bei diesem Modus wird der Radarstrahl in Flugrichtung so gesteuert, dass während der gesamten Datenaufzeichnung das gleiche Zielgebiet beleuchtet wird. Dadurch erreicht man eine erhöhte Ziel-Beleuchtungszeit und somit eine hohe Auflösung in Flugrichtung.

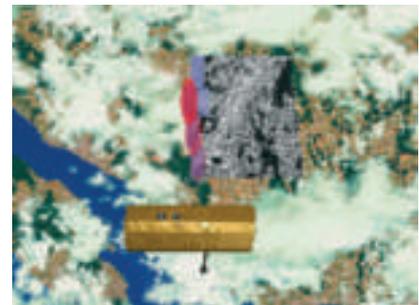
but at an inclined angle to the Earth's surface. This allows to distinguish target points with different distances perpendicular to the flight direction of the radar by transit time measurements. This is because the radar signal travels a longer time for the greater distance on its journey from the antenna to the target point and back. The inclined imaging geometry allows the conversion of the measured transit time into a position on the ground. Typical angles of incidence are lying in the range between 20 and 60 degrees.

The ScanSAR Mode is used in satellite-based SAR systems to overcome the limitation of the strip width by alternately sampling a number of component strips. For this purpose the radar beam is steered perpendicular to the flight direction, which allows to image a wider strip with reduced resolution.

The Spotlight Mode allows to achieve a very high geometric resolution in the flight direction. In this mode the radar beam is steered in flight direction in a way that the same target region is illuminated during the whole of the data recording sequence. In this way an increased target illumination time is achieved and with it a high resolution in the flight direction.



Stripmap Mode



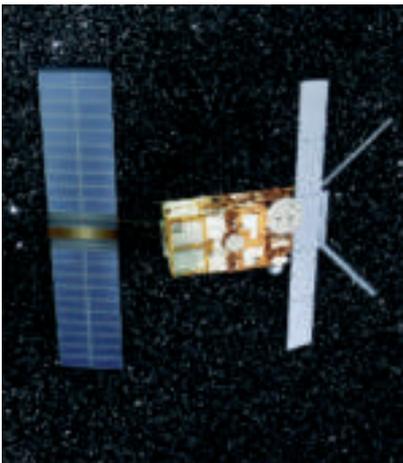
ScanSAR Mode



Spotlight Mode



SEASAT (1978)



ERS-1 (1991–2000)

Geschichte des SAR-Einsatzes

Der erste zivile SAR-Satellit, SEASAT, wurde 1978 von der NASA gestartet, musste aber wegen einer Fehlfunktion seinen Betrieb bereits nach wenigen Wochen wieder einstellen. Seitdem wurde eine Reihe von meist erfolgreichen SAR-Missionen durchgeführt, darunter in den 90er-Jahren die ERS-Missionen der Europäischen Weltraumorganisation ESA, bis hin zum ASAR-Instrument auf dem europäischen ENVISAT-Satelliten, der 2002 gestartet wurde und bis mindestens 2007 in Betrieb sein soll.

Spätestens seit der ESA-Mission ERS-1 ist die Erdbeobachtung mit Radarsensoren auch eine bedeutende Kernkompetenz der deutschen Weltraumwissenschaft. ERS-1 hatte sich bei der Erdbeobachtung noch auf eine einzige Wellenlänge beschränkt. In Kooperation mit Italien und den USA wurde das Radarsystem derart weiterentwickelt, dass eine Beobachtung der Ozeane und Landmassen gleichzeitig mit mehreren Wellenlängen möglich wurde, was sinnbildlich dem Übergang von der Schwarzweiß- zur Farbfotografie oder der Einführung von „Farbradaren“ entspricht. Während die Radarimpulse des amerikanischen Systems SIR-C („Shuttle Imaging Radar-C“) im L-Band (24,2 Zentimeter Wellenlänge) und C-Band (5,7 Zentimeter) beispielsweise in den Waldboden eindringen können und Feuchtigkeitsmessungen ermöglichen, können mithilfe des im X-Band (3,1 Zentimeter) arbeitenden deutsch-italienischen X-SAR („X-Band Synthetik Apertur Radar“) Baumkronen sondiert werden, um etwa ihren Verdunstungsgrad zu messen. Damit konnte das Gerät, das von den Firmen Dornier System und Alenia Spazio gebaut wurde, im Rahmen des internationalen Programms „Mission zum Planeten Erde“ besonders zur Untersuchung der Vegetation und ihrer Veränderungen eingesetzt werden.

History of SAR Use

The first civil SAR satellite, SEASAT, was launched in 1978 by NASA, but due to a malfunction its operation had to be terminated after just a few weeks. Since that time a series of SAR missions have been conducted, most of which have been successful, amongst them the ERS missions of the European Space Agency (ESA) in the 1990s, and including the ASAR instrument on the European ENVISAT satellite, which was launched in 2002 and should be in operation until at least 2007.

Since ESA's ERS-1 mission at the latest, Earth observation using radar sensors has also been an important core capability of German space science. ERS-1 was, however, limited in its observation of the Earth to a single wavelength, and radar systems have since been developed further in collaboration with Italy and the USA to feature multiple wavelengths, comparable to a step from black & white to coloured photography or "coloured radar waves". With this system, named SIR-C/X-SAR ("Shuttle Imaging Radar-C/X-band synthetic aperture radar"), it has been possible to investigate oceans and landmasses at several wavelengths at the same time. The radar pulses of the American SIR-C system in the L-band (24.2 cm wavelength) and C-band (5.7 cm) can, for example, penetrate to the forest floor and provide moisture measurements, while with the aid of the German-Italian X-SAR working in the X-band (3.1 cm) treetops can be probed in order to measure their levels of evaporation, for example. Thus the equipment that was built by the Dornier System and Alenia Spazio companies could be used within the framework of the international "Mission to Planet Earth" programme, in particular, for the investigation of vegetation and the changes that it undergoes.

Getestet wurden die Instrumente erstmals auf einer zehntägigen Shuttle-Mission im April 1994 (SIR-C/X-SAR; STS-59), als aus der Ladebucht des Raumtransporters die zwölf Meter lange und rund vier Meter breite Radarantenne auf die Erdoberfläche gerichtet wurde. Forschungsgebiete waren hierbei der globale Kohlenstoffzyklus, also die Veränderung der Vegetationsdecke, der Wasser-Zyklus, die ozeanische Zirkulation und schließlich der Austauschprozess zwischen Ozeanen und Atmosphäre. Für die wissenschaftlich-technische Erprobung stellte die NASA den Mitflug auf dem Space Shuttle und die Mitbenutzung ihrer Radareinrichtung kostenlos zur Verfügung. Ein zweiter Flug fand im Oktober desselben Jahres statt (STS-68), sodass vergleichende Messungen zu unterschiedlichen Jahreszeiten durchgeführt werden konnten.

Fortgesetzt und wesentlich erweitert wurde die Radarbeobachtung der Erde im Februar 2000 mit der „Shuttle Radar Topography Mission“ (SRTM; STS-99), bei der ein digitales, dreidimensionales Höhenmodell der Erde zwischen dem 60. nördlichen und südlichen Breitengrad mit hoher Auflösung erstellt wurde. Bis zum Start des Space Shuttles Endeavour gab der beste globale Datensatz nur alle 1.000 Meter einen auf 100 Höhenmeter genauen Punkt an. Die SRTM-Sensoren sollten dies auf 30 Meter bei einer Genauigkeit von sechs Höhenmetern verbessern. Hierfür wurde die Erdoberfläche erstmals gleichzeitig aus zwei unterschiedlichen Perspektiven durch das deutsch-amerikanische Radar-System ins Visier genommen, zum einen aus der Ladebucht des Raumtransporters, zum anderen durch eine zusätzliche, am Ende eines 60 Meter langen Mastes angebrachte Radar-Antenne. Aufgabe der sechs an Bord befindlichen Astronauten, unter ihnen der Deutsche Dr. Gerhard Thiele, war hierbei die präzise Ausrichtung der Radarsensoren sowie die Überwachung der Datenaufzeichnung mit einem Umfang von gut zwölf Terabyte.

The instruments were tested for the first time on the 10-day shuttle mission in April 1994 (SIR-C/X-SAR; STS-59), as from the cargo bay of the shuttle the radar antenna, 12 metres long and about 4 metres wide, was directed towards the Earth's surface. The research fields here were the global carbon cycle, or in other words the changes to vegetation cover, the water cycle, the oceanic circulations and finally the exchange processes between the oceans and the atmosphere. For the scientific-technical investigation NASA offered the flight opportunity on the Space Shuttle and joint use of its radar equipment. A second flight took place in October of the same year (STS-68) so that comparative measurements could be carried out for the different seasons.

The radar observation of the Earth was progressed and significantly expanded in February 2000 with the "Shuttle Radar Topography Mission" (SRTM; STS-99), in which a digital three-dimensional height model of the Earth was generated between the 60° latitudes north and south with high-resolution. Before the launch of the Space Shuttle Endeavour the best global data set provided only one measurement point every 1,000 m with a height accuracy of 100 m. The SRTM sensors were to improve this to 30 m with a height accuracy of 6 m. To allow this, the Earth's surface was targeted for the first time from two different perspectives by the German-American radar system – on the one hand from the cargo bay of the shuttle, on the other hand by an additional radar antenna fitted to the end of a 60 metre long mast. Here the task of the six astronauts on board, amongst them the German Dr. Gerhard Thiele, was the precise alignment of the radar sensors as well as the monitoring of the data recording with a capacity of a good 12 terabytes.



SIR-C/X-SAR (1994)



ERS-2 (seit/since 1995)



SRTM-Instrument mit Mast in der Ladebucht des Space Shuttle

SRTM Radar Including Mast in the Shuttle Cargo Bay

Mit der Teilnahme an der SRTM-Mission wurde Deutschland der frühzeitige Zugang zu dem neuen Datensatz, der für alle Zweige der Erderkundung von höchstem Interesse war, ermöglicht. Die Mission stellte einen Meilenstein auf dem Weg zu operationellen SAR-Systemen und deren kommerziellen Nutzung dar: etwa in den Bereichen Mobilfunk (Funkwellenausbreitung), Navigation, Wasserwirtschaft, Katastrophenmanagement (Vorsorge, Einsatz, Bilanz), Verkehrsinfrastrukturplanung, Wettervorhersage oder Klimamodellierung.

Dank exakter Informationen über die Kontur der Erde können Wissenschaftler beispielsweise vorhersagen, entlang welcher Wege das Wasser auf der Oberfläche unseres Planeten fließt. Durch „virtuelles Fluten“ der digitalen Landschaft am Computer lassen sich die Auswirkungen lang andauernder Regenfälle simulieren und Überschwemmungen beziehungsweise deren Auswirkungen auf die Umwelt vorhersagen. Mit Computermodellen von Flüssen und ihren Stromgebieten können auch Voraussagen über die Verfügbarkeit von Wasser getroffen werden – eine Möglichkeit, die Lebenssituation in den wasserarmen Regionen dieser Welt zu verbessern.

Die Kombination von genauen Höhen- und Daten mit Informationen über den Bewuchs und vom Menschen erschaffene Oberflächenstrukturen wie Straßen und Gebäude hilft Konstruktionsfirmen, beispielsweise Stromleitungen, Öl-Pipelines, aber auch Eisenbahnlinien oder Brücken am Computer zu planen. Die digitale

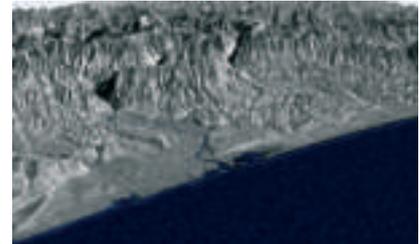
With this participation on the SRTM mission Germany was able to gain early access to the new dataset that was of the greatest interest for all branches of Earth observation. The mission represented a milestone on the way to operational SAR systems and their commercial utilization: for example in the sectors of mobile telephone systems (propagation of radio waves), navigation, water management, disaster management (provision of resources, deployment, balance), traffic infrastructure planning, weather forecast or climate modelling.

Thanks to exact information concerning the contours of the Earth, scientists can, for example, predict along which routes the water flows on the surface of our planet. By means of "virtual flooding" of the digital landscape on the computer it is possible to simulate the effects of long duration rainfalls and to predict flooded areas and their effects on the environment. With computer models of rivers and their basins predictions of water availability can also be made – one possible means for improving the life situation in the regions of this world that suffer from water shortage.

The combination of exact height data with information concerning the natural cover and the surface structures created by people, such as streets and buildings, helps construction companies for example to plan power lines, oil pipelines, and also railway lines and bridges on the computer. Here the digital map replaces or supports the land surveyor on site. With the aid of a landscape model mobile telephone companies can simulate the propagation of the radio waves and determine the optimum positions for their antenna masts. While still in the planning phase it is possible to expose "radio holes" and remove these by careful positioning of the masts.

Karte unterstützt damit den Landvermesser vor Ort. Mobilfunkunternehmen können mithilfe eines Geländemodells die Ausbreitung der Funkwellen simulieren und die optimale Position ihrer Antennenmasten bestimmen. Schon in der Planungsphase lassen sich „Funklöcher“ aufdecken und durch eine günstige Positionierung der Masten beseitigen. Störungen entstehen etwa durch Reflexionen der Radiowellen an Bauwerken oder Bergen. Sie verhindern den Empfang der Signale, die sich geradlinig ausbreiten. Schon heute warnen Navigationssysteme den Piloten, wenn sein Flugzeug sich unbeabsichtigt dem Erdboden oder einem Hindernis nähert. Je präziser die Geländemodelle, die diesen Systemen zu Grunde liegen, desto früher und zuverlässiger ist eine Warnung möglich. Wissenschaftler des DLR arbeiten zurzeit an Systemen, die im Cockpit eine künstliche Außensicht schaffen. Damit sehen die Piloten auf ihren Bildschirmen auch bei Nacht oder in dichter Bewölkung jedes Detail der überflogenen Landschaft, die zuvor auf Basis von digitalen Höhenmodellen im Bordcomputer gespeichert wird.

Disturbances are caused, for example, by the reflections of radio waves from buildings or hills. They prevent reception of the signals, which propagate in straight lines. Today navigation systems already warn the pilot if his aircraft unintentionally approaches the ground or an obstacle. The more precise the landscape model that forms the basis of these systems, the earlier and more reliable is the warning that is possible. Scientists of the DLR are working at the present time on systems that can generate an artificial external view in the cockpit. With such systems the pilots can see on their screens every detail of the landscape which they are overflying, even at night or in thick cloud cover, the landscape having previously been stored in the on-board computer on the basis of digital height models.



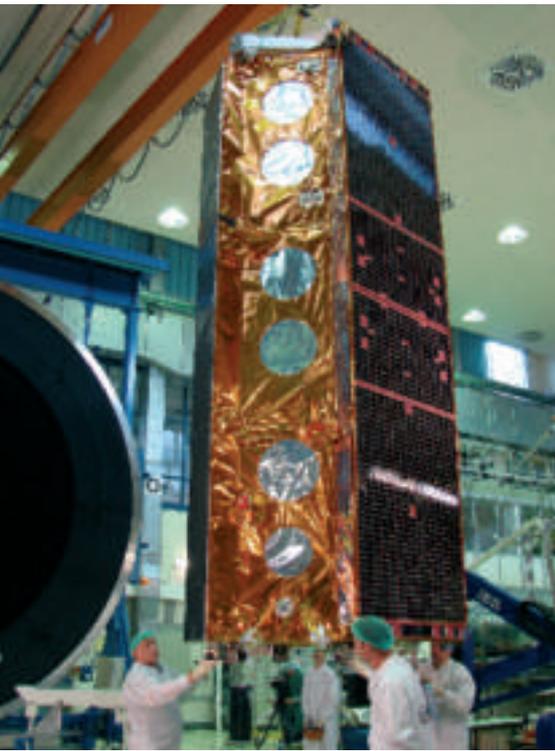
Höhenmodell der neuseeländischen Küste aus SRTM-Daten

Digital Elevation Model of the New-Zealand Coast from SRTM-Data

SAR-Missionen

SAR Missions

Mission	Name	Agency	Frequency Band	Dates
SEASAT	SEASAT	NASA (USA)	L-band	1978
ERS-1	European Remote Sensing Satellite-1	ESA (Europe)	C-band	1991-2000
J-ERS-1	Japanese Remote Sensing Satellite	NASDA (J)	L-band	1992-1998
SIR-C/X-SAR	Spaceborne Imaging Radar-C/ X-Band Synthetic Imaging Radar	NASA/DLR/ASI	L-, C-, X-bands	1994
RADARSAT-1	RADARSAT-1	CSA (CAN)	C-band	1995-present
ERS-2	European Remote Sensing Satellite-2	ESA	C-band	1995-present
SRTM	Shuttle Radar Topography Mission	NASA/DLR	C-, X-bands	2000
ENVISAT/ASAR	ENVISAT	ESA	C-band	2002-present
ALOS/PALSAR	Advanced Land Observing Satellite	JAXA (J)	L-band	2005
SAR-Lupe	SAR-Lupe	BMVg (D)	X-band	2006
TerraSAR-X	TerraSAR-X	DLR/Astrium (D)	X-band	2007
CosmoSkymed	CosmoSkymed	ASI (I)	X-band	2007
RADARSAT-2	RADARSAT-2	CSA	C-band	2007



TerraSAR-X Satellit während der Testkampagne
TerraSAR-X Satellite during Test Campaign

Der Satellit *The Satellite*

Der etwa 1,3 Tonnen schwere TerraSAR-X Satellit baut auf dem Flexbus-Konzept der EADS Astrium GmbH auf und nutzt weitestgehend die Erfahrungen aus den erfolgreichen Missionen CHAMP und GRACE.

Der ca. 5 Meter hohe und 2,4 Meter durchmessende Satellitenbus weist eine Struktur mit sechseckigem Querschnitt auf. Eine der sechs Seiten trägt die 5 Meter lange und 80 Zentimeter breite Radarantenne. Die Elektronikboxen des SAR-Instrumentes sowie des Satellitenbusses sind ebenfalls auf den Seitenflächen der Struktur untergebracht, genauso wie der 5,25 Quadratmeter große Solargenerator des Satelliten, der die Energieversorgung über Gallium-Arsenit-Solarzellen sicherstellt.

Die vom SAR-Instrument aufgezeichneten Daten werden über eine Downlink-Antenne zu einer Empfangsstation am Boden übertragen. Diese ist an einem 3,3 Meter langen Mast befestigt, um Störungen durch die Radar-Antenne zu vermeiden. Dieser Mast ist während des Starts eingeklappt und wird erst nach Aussetzen des Satelliten in der Umlaufbahn ausgefahren. Er erlaubt die gleichzeitige Datenaufnahme und -weiterleitung zum Boden.

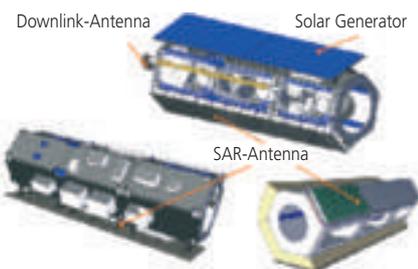
Die hochgenaue Lageregelung des Satelliten wird über Sternsensoren realisiert, die nahe der Radarantenne montiert sind, sodass die geforderte hohe Ausrichtgenauigkeit der Antenne von 65 Bogensekunden erreicht werden kann. Eine präzise Orbitbestimmung wird über einen an Bord befindlichen GPS-Empfänger ermöglicht.

The approximately 1.3-ton TerraSAR-X spacecraft is based on the EADS Astrium Flexbus-concept and has an extensive heritage from the successful CHAMP and GRACE missions.

The 5 m long and 2.4 m wide satellite bus features a structure with a hexagonal cross-section. One of the six sides carries the 5 metres long and 80 cm wide radar antenna. The electronic boxes of the SAR instrument and the satellite bus are also fitted on the side faces of the structure, in just the same way as the satellite's solar generator, 5.25 square metres in size, which ensures the supply of energy by means of gallium arsenide solar cells.

The data recorded by the SAR instrument are transferred via a downlink antenna to the ground receiving station. The antenna is secured to a 3.3 metres long mast in order to avoid interferences caused by the radar antenna. The mast is folded up during the launch and is only extended after positioning of the satellite into its orbit. It allows simultaneous acquisition of new data by the radar and transmission of previously stored data to the ground.

The high accuracy position control of the satellite is implemented by means of star sensors that are installed near the radar antenna, so that the required high accuracy of the antenna alignment of 65 arcsecs can be achieved. A GPS receiver located on board enables a precise determination of the orbit.



Konstruktionszeichnung, TerraSAR-X
Technical Drawing, TerraSAR-X

Primäre Nutzlast: Das Synthetic Apertur Radar (SAR)

Primäre Nutzlast ist ein Synthetic Apertur Radar (SAR) mit aktiver Antenne, welche die Verwendung verschiedener Aufnahmefrequenzen erlaubt und sehr flexibel einsetzbar ist. Mit Radarinstrumenten können unterschiedliche Frequenzbereiche des Radarspektrums beobachtet werden, so genannte Bänder. TerraSAR-X wird im X-Band betrieben, das bei einer Frequenz von 9,65 GHz liegt, was einer Wellenlänge von etwa 3 Zentimetern entspricht.

Die Technologie der aktiven, phasen-gesteuerten Antenne ermöglicht eine hohe Flexibilität und Missionseffizienz. Während bei passiven Systemen der gesamte Satellit gedreht werden muss, um die Antenne auf das Zielgebiet auszurichten, kann die aktive Antenne von TerraSAR-X die Radarimpulse gezielt in eine bestimmte Richtung lenken und empfangen. Die Antenne ist 4,80 Meter lang und 80 Zentimeter breit. Der Satellit ist so konstruiert, dass er mitsamt Antenne in voller Größe auf der Trägerrakete montiert werden kann. Dadurch kann auf einen aufwändigen Entfaltungsmechanismus verzichtet werden.

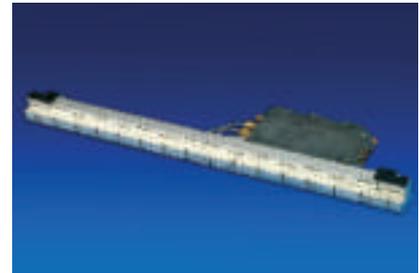
Die TerraSAR-X Antenne kann in zwei Polarisationen, H (horizontal) und V (vertikal) operieren und besteht aus zwölf Paneelen mit jeweils 32 Hohlleiterschlitzelementen. Jeder dieser Strahler ist mit einem Transmit/Receive Modul (TRM) ausgestattet, sodass die Gesamtantenne aus 384 TRMs besteht. Dies erlaubt eine Steuerung des Radarstrahls um 0,75 Grad in Flugrichtung und 20 Grad quer zur Flugrichtung. Die aufgenommenen Daten werden in einem Massenspeicher mit 256 Gbit Kapazität abgelegt, bevor sie über ein 300 Mbit/s X-Band System zur Bodenstation übertragen werden.

Primary Payload: the Synthetic Aperture Radar (SAR)

The primary payload is a Synthetic Aperture Radar (SAR) with an active antenna that allows for the utilization of different imaging modes and can be used in a very flexible manner. With radar instruments various frequency ranges of the radar spectrum can be observed, the so-called bands. TerraSAR-X is operated in the X-band, which is lying at a frequency around 9.65 GHz, corresponding to a wavelength of about 3 cm.

The technology of the active, phase-controlled antenna enables a high flexibility and mission efficiency. While in case of passive systems the whole radar antenna or even the satellite must be rotated in order to align the antenna onto the target area, the active antenna of TerraSAR-X can steer its radar pulses in a certain direction. The antenna is 4.80 m long and 80 cm wide. The satellite is designed in a way that it can be installed, together with its antenna at its full size, on the launch vehicle. In this way a complex unfolding mechanism can be avoided.

The TerraSAR-X radar can operate in two polarizations, H (horizontal) and V (vertical) and consists of 12 antenna panels, each equipped with 32 slotted waveguide radiators. Each of these waveguides is fitted with a transmit/receive module (TRM), so that the whole antenna consists of 384 TRMs.



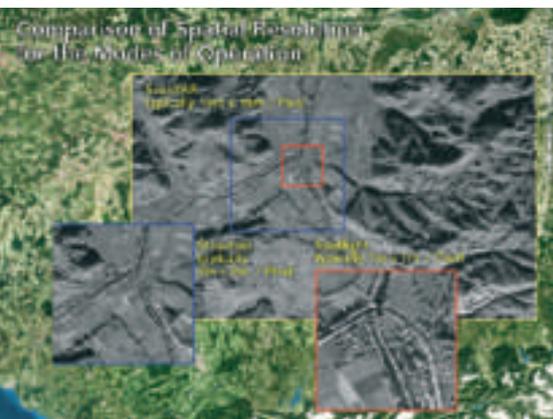
Einer von 384 Hohlleiterschlitzelementen der Radarantenne

One of 384 Slotted Waveguide Elements of the Radar Antenna



Eins von zwölf Elementen der Radarantenne

One of 12 Modules of the Radar Antenna



Vergleich der Auflösung der verschiedenen Aufnahmemethoden

Comparison of the Spatial Resolution for the Modes of Operation

Die aktive Antenne erlaubt es, unterschiedliche Aufnahmemethoden zu nutzen, zwischen denen sehr schnell umgeschaltet werden kann:

- Im Spotlight-Modus erfasst das Radarbild ein Gebiet von 5 bis 10 mal 10 Kilometern Größe. Dabei wird eine maximale Auflösung von bis zu einem Meter erreicht.
- Im Stripmap-Modus tastet der Satellit einen Streifen von 30 Kilometern Breite und einer maximalen Länge von 1.500 Kilometern ab. Die Auflösung beträgt 3 Meter.
- Im ScanSAR-Modus wird ein Streifen von 100 Kilometern Breite und 1.500 Kilometern maximaler Länge mit einer Auflösung von 16 Metern abgetastet.

Die Elemente des SAR-Instrumentes sind redundant ausgelegt, das heißt, es existieren zwei voll funktionale Elektronikketten. Dies erlaubt ein neues Konzept, das die gleichzeitige Aktivierung beider Ketten vorsieht. Dieses experimentelle Betriebsszenario wird „Dual Receive Antenna“ (DRA) Mode genannt, wobei die Antenne elektrisch in zwei Hälften geteilt wird und die empfangenen Daten separat aufgezeichnet und ausgewertet werden. Hierdurch wird es möglich, interessante neue Techniken anzuwenden, wie die Along Track Interferometrie, die voll-polarimetrische Datenerfassung oder die Steigerung der geometrischen Auflösung. Die Along Track Interferometrie erlaubt unter anderem das Erkennen von bewegten Objekten, wie zum Beispiel von Autos oder Schiffen. Diese Anwendung ist besonders interessant für die Verkehrsforschung, aber auch für die Untersuchung etwa von Meeresströmungen.

This allows the control of the radar beam by 0.75° in the flight direction and 20° perpendicular to the flight direction. The data received are stored in a mass storage system with a 256 Gbit capacity before they are transmitted via a 300 Mbit per second X-band system to the ground station.

The active antenna enables different imaging methods to be used with very fast switching between them:

- *In the spotlight mode the radar image records an area of 5 to 10 by 10 km size. In this manner a maximum resolution of up to one metre is achieved.*
- *In the strip map mode the satellite images a strip of 30 km width and a maximum length of 1,500 km. The resolution is 3 metres.*
- *In the ScanSAR mode a strip of 100 kilometres width and 1,500 km maximum length is scanned with a resolution of 16 metres.*

The elements of the SAR instrument are designed fully redundant, which means that two fully functional sets of electronic boxes exist. This allows to utilize a new concept that envisages the simultaneous activation of both chains. This experimental operating scenario is called "Dual Receive Antenna" (DRA) mode, in which the antenna is electrically separated into two halves, and the data received are independently recorded and evaluated. In this way it is possible to apply interesting new techniques such as Along Track Interferometry, fully polarimetric data recording, or an increase in geometric resolution. Along Track Interferometry allows, amongst other things, the detection of moving objects such as, for example, cars or ships. This application is of particular interest both for traffic research, and also for the investigation of ocean currents, for example.

Sekundäre Nutzlasten: LCT und TOR

Neben dem SAR-Instrument fliegen zwei sekundäre Nutzlasten auf TerraSAR-X.

Das Laser Communication Terminal (LCT)

Das LCT ist ein Technologie-Demonstrator, der zur In-Orbit Verifikation einer schnellen optischen Datenübertragung im Weltraum eingesetzt werden soll. Mit dem vom DLR finanzierten und von der Firma TESAT gebauten Instrument soll eine Verbindung zwischen TerraSAR-X und einer Bodenstation hergestellt werden. Später wird man über dieses neuartige Lasersystem große Datenmengen zum Boden übertragen können. Geplant ist zudem, mit einer Gegenstation auf dem Satelliten NFIRE testweise eine Satelliten-Satelliten-Verbindung herzustellen. Diese Technologie ermöglicht prinzipiell einen extrem schnellen Datenaustausch über Relaisstationen rund um die Welt.

Das Tracking, Occultation and Ranging Experiment (TOR)

Das TOR-Experiment wird vom Geo-ForschungsZentrum Potsdam (GFZ) in Zusammenarbeit mit dem Center for Space Research der Universität Texas (UT-CSR) zum Mitflug auf TerraSAR-X bereitgestellt. Es besteht aus dem Zweifrequenz-GPS (Global Positioning System) Empfänger IGOR sowie einer Laser Reflektor Einheit. IGOR erlaubt eine hoch-exakte Bahnbestimmung des Satelliten mit bis zu 10 Zentimetern Genauigkeit, was der Qualität der Radarbilder zu Gute kommt. Zudem wird IGOR für die Durchführung von Radio-Okkultationsmessungen in der Atmosphäre und Ionosphäre eingesetzt. Hierbei werden die Signale der am Erdhorizont auf- oder untergehenden GPS-Satelliten von IGOR aufgezeichnet. Die Auswertung dieser Messungen erlaubt Aussagen über

Secondary Payloads: LCT and TOR

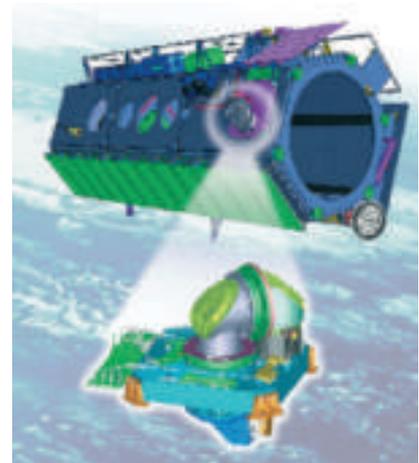
Alongside the SAR instrument two secondary payloads are flying on TerraSAR-X.

The Laser Communication Terminal (LCT)

The LCT is a technology demonstrator that is to be used for in-orbit verification of rapid optical data transfer in space. With the instrument, financed by DLR and built by the TESAT Company, a link is to be established between TerraSAR-X and a ground station. Later on, by means of this new type of laser system large quantities of data can be transferred to the ground. Moreover, it is intended to establish a satellite-to-satellite link by means of a corresponding station on the satellite NFIRE for test purposes. This technology basically enables an extremely rapid data exchange via relay stations around the world.

The Tracking, Occultation and Ranging Experiment (TOR)

The TOR experiment is being prepared by the Geosciences Research Center in Potsdam (GFZ) in collaboration with the Center for Space Research of the University of Texas (UT-CSR) for a flight on TerraSAR-X. It consists of the IGOR dual frequency GPS receiver together with a laser reflector unit. IGOR allows a highly accurate determination of the satellite's orbit with an accuracy up to 10 cm that enhances the quality of the radar images. IGOR is also used for the conduct of radio occultation measurements in the atmosphere and the ionosphere. Here IGOR records the signals of the GPS satellites that are appearing or disappearing on the Earth's horizon.



Laser Communication Terminal



DNEPR-1 Start-Rakete
DNEPR-1 Launch Vehicle (Kosmotras)

Druck, Temperatur, Wasserdampfgehalt und Elektronendichte in der Atmosphäre, die beispielsweise für die Verbesserung numerischer Wettermodelle oder Untersuchungen zum Klimawandel genutzt werden können. Mit der Laser Reflektor Einheit lässt sich mittels eines auf der Erde installierten Laser-Messnetzwerkes der genaue Abstand des Satelliten zu den einzelnen Empfangsstationen messen, was ebenfalls eine genaue Bahnbestimmung unterstützt.

Start und Orbit

TerraSAR-X soll Anfang 2007 auf einer russisch-ukrainischen DNEPR-1 Trägerrakete vom Weltraumbahnhof Baikonur in Kasachstan gestartet werden. Diese ehemals als SS-18 bekannte Interkontinentalrakete wurde in Folge des START-II Vertrages in eine zivile Träger-rakete umgewandelt. Sie wird TerraSAR-X in einen 514 Kilometer hohen, nahezu polaren Orbit bringen. Die Umlaufbahn wird so gewählt, dass der Satellit in einem sonnen-synchronen, dusk-dawn Orbit fliegt. Das bedeutet, dass der Satellit entlang der Tag-Nacht-Grenze der Erde fliegt und der Sonne immer dieselbe Seite zuwendet. Dies dient insbesondere einer optimalen Energieversorgung durch die Solarzellen. Während TerraSAR-X die Erde umkreist, kann der Satellit alle Regionen der unter ihm rotierenden Erde streifenweise aufnehmen, bis er nach jeweils elf Tagen wieder seine ursprüngliche Position erreicht und ein neuer Zyklus beginnt. Mit unterschiedlichen Blickwinkeln kann jeder Punkt der Erde innerhalb von zwei bis vier Tagen ins Visier genommen werden.

Gesteuert wird der Satellit von der DLR-Bodenstation in Weilheim. Hierbei werden sowohl der Kommandokanal als auch die Datenübertragung verschlüsselt, um sie vor unberechtigtem Zugriff zu schützen.

Evaluation of these measurements allows conclusions to be drawn concerning pressure, temperature, water vapour content, and electron density in the atmosphere, which can be used, for example, in the improvement of numerical weather models, or investigations into climate change. With the laser reflector unit it is possible by means of a laser measuring network installed on the Earth to measure the exact distance of the satellite to the individual receiving stations, which similarly supports an exact determination of the orbit.

Launch and Orbit

TerraSAR-X is to be launched early in 2007 on a Russian/Ukrainian DNEPR-1 launch vehicle from the Baikonur cosmodrome in Kazakhstan. The intercontinental ballistic missile, previously known as the SS-18, has been converted as a consequence of the START II treaty into a civilian launch vehicle. It will deliver TerraSAR-X into a 514 km high, near-polar orbit. The orbit is selected such that the satellite flies in a sun-synchronous, dusk-dawn orbit. This means that the satellite moves along the day-night boundary of the Earth and always presents the same face to the sun. In this way an optimum energy supply via the solar cells is ensured. While TerraSAR-X circles the Earth, the satellite can take images of all regions of the Earth in a strip-wise manner, until after each 11 days it returns back to its original position and begins a new cycle. With different angles of view each point of the Earth can be targeted within two to four days.

Die gewonnenen Daten werden auf dem Satelliten in einem 256 GBit großen Speicher abgelegt und über der DLR-Datenempfangsstation in Neustrelitz zum Boden übertragen. Zusätzlich können Daten auch zu weiteren Direktempfangsstationen gesendet werden, die insbesondere von kommerziellen Kunden betrieben werden.

The satellite is controlled from the DLR ground station in Weilheim. Both the command channel and the data transfer will be encrypted to prevent unauthorized access.

The data obtained will be stored on the satellite in a 256 GBit large memory and transferred via the DLR data receiving station in Neustrelitz to the ground. In addition data can also be sent to other direct receiving stations that are operated by commercial customers.



DNEPR-1, Startsequenz
 DNEPR-1, Launch Sequence

Technische Daten

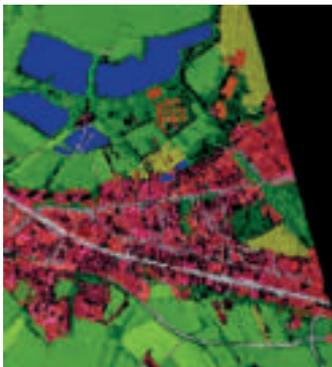
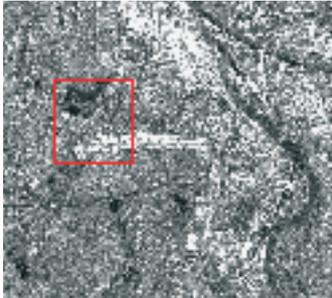
TerraSAR-X	
Start	Anfang 2007
Ort	Baikonur, Kasachstan
Trägerrakete	DNEPR-1
Orbithöhe	514 Kilometer
Inklination	97,44 Grad
Satellitenmasse	ca. 1.230 Kilogramm
Satellitengröße	5 m Höhe x 2,4 m Durchmesser
Radarfrequenz	9,65 GHz
Energieverbrauch	800 Watt (gemittelt)
Missionsbetrieb	Deutsches Raumfahrtkontrollzentrum, Oberpfaffenhofen
Satellitenkommandierung	DLR-Bodenstation Weilheim
Datenempfang	DLR-Bodenstation Neustrelitz
Lebensdauer	mindestens 5 Jahre

Technical Data

TerraSAR-X	
Launch	early in 2007
Site	Baikonur, Kazakhstan
Launch vehicle	DNEPR-1
Orbit height	514 km
Inclination	97.44°
Satellite mass	approx. 1,230 kg
Satellite size	5 m height by 2.4 m diameter
Radar frequency	9.65 GHz
Energy consumption	800 W (Average)
Mission operation	German Space Operations Center, Oberpfaffenhofen
Satellite command	DLR Ground Station, Weilheim
Data reception	DLR Ground Station, Neustrelitz
Operational life	at least 5 years

TerraSAR-X – Nutzung

TerraSAR-X – Utilization



Vergleich ERS-Daten mit 25 Metern Auflösung (oben), simulierte TerraSAR-X Daten (Mitte) und die entsprechende Klassifizierung (unten) von Ludwigshafen am Rhein
Comparison of ERS Data with 25 m Resolution (top), Simulated TerraSAR-X Data (center) and the Corresponding Classification Map (bottom) of Ludwigshafen/Rhine

Wissenschaftliche Nutzung

Mit TerraSAR-X können aus früheren SAR-Missionen gewonnene Techniken und Erkenntnisse ausgebaut und systematische Langzeitbeobachtungen durchgeführt werden. So ist etwa die Beobachtung der Vegetation von herausragender Bedeutung für menschliches Leben. Präzise und aktuelle Information über die Verteilung, Zusammensetzung und Änderung von Vegetationsarten ist die Basis für viele Anwendungen. Sie werden benötigt für Studien zum globalen Klimawandel, die Erfassung und Beobachtung von Habitaten, die Risikoabschätzung, die Schaffung von soliden Planungsgrundlagen sowie die Einführung und Durchsetzung von internationalen und nationalen Konventionen, etwa dem Kyoto-Protokoll.

Aus Forschungssicht stehen dabei die Verfahrensentwicklung und die Vertiefung der Kenntnisse der die Umwelt beeinflussenden Faktoren im Vordergrund. Eines der herausragenden Merkmale von TerraSAR-X ist die hohe räumliche Auflösung, die bisher bei keinem zivilen Radarsystem erreicht wurde. Diese ermöglicht die Einbeziehung von detaillierten Bodenmerkmalen für eine bessere Klassifizierung, zum Beispiel die Trennung verschiedener Feldfrüchte. Bei einer parallelen Auswertung mit L-Band-Daten, wie sie der japanische ALOS-PALSAR liefern wird, kann die Entwicklung der Pflanzen über verschiedene Wachstumsstadien hinweg beobachtet und analysiert werden.

Völlig neue Perspektiven wird TerraSAR-X für die Beobachtung städtischer Räume bieten. Rund 40 Prozent der Menschen in den Entwicklungsländern und über 75 Prozent der Menschen in den Industrienationen leben in Ballungszentren. Somit wohnt – mit rund drei Milliarden Menschen – etwa die Hälfte der Weltbevölkerung in Städten. Nach neuesten Schätzungen wird sich dieser Anteil in den nächsten drei Jahrzehnten sogar auf rund zwei Drittel erhöhen. Mit einer solchen

Scientific Utilization

With TerraSAR-X, techniques and experience gained from earlier SAR missions can be utilized and systematic long-term observations can be carried out. Thus, for example, the monitoring of vegetation is of exceptional importance to human life. Precise and up-to-date information for the distribution, constitution and variation of vegetation-types forms the basis for many applications. They are required for studies into global climate change, the recording and monitoring of habitats, risk assessment, the provision of a solid basis for planning as well as the introduction and achievement of international and national conventions, such as the Kyoto protocol.

From the research point of view the development of techniques and the deepening of knowledge of the factors influencing the environment have high priority. One of the outstanding features of TerraSAR-X is the high spatial resolution that has not previously been achieved by any civilian radar system. This enables the inclusion of detailed ground features for better classification, for example the separation of different types of trees or crops. With a parallel evaluation using L-band data, of the kind that the Japanese ALOS-PALSAR will deliver, the development of plants can be monitored and analyzed over their various stages of growth.

TerraSAR-X will offer completely new perspectives for the monitoring of urban environments. Around 40 % of the people in the developing countries, and over 75 % of the people in the industrial nations, live in population centers. Thus with around 3,000 million people approximately half the world's population lives in urban areas. According to latest estimates this proportion will increase over the next three decades to around two thirds. Such a concentration of population is accompanied by an enormous dynamic in terms of alterations in the regions concerned, the results of which are often serious economic, ecological or social conflicts.

Bevölkerungskonzentration geht eine enorme Dynamik an Veränderungen in den entsprechenden Regionen einher, deren Folge oftmals schwer wiegende ökonomische, ökologische oder soziale Konflikte sind.

Um diese Konfliktpotenziale frühzeitig zu erkennen und Methoden zu deren Vermeidung und Lösung entwickeln zu können, bedarf es einer nachhaltigen Erhebung aktueller, raumbezogener Informationen. Heutige SAR-Sensoren bieten eine Auflösung von etwa 25 Metern, welche die Trennung von bebauten Flächen und anderer Landnutzung ermöglicht. Die hohe Auflösung von TerraSAR-X wird den Detaillierungsgrad deutlich verbessern, sodass einzelne Gebäude, Stadtstrukturen und Infrastruktur wie Straßen und Eisenbahnlinien erkannt und kartiert werden können.

Eines der Hauptanwendungsfelder heutiger SAR-Systeme ist die so genannte SAR-Interferometrie. Ähnlich dem Stereoprinzip werden hier zwei Aufnahmen kombiniert. Dabei werden die Unterschiede der Schrägentfernungen zwischen dem Bodenpunkt und den Antennenpositionen ausgewertet.

Diese Technik kann zur Ableitung von Höhenmodellen – wie etwa bei SRTM – oder zur Messung von Bodenbewegungen zwischen zwei zeitlich versetzten Aufnahmen herangezogen werden. Unter günstigen Bedingungen können heutige Systeme Bewegungen bis zu einem Zentimeter verlässlich messen. Die hohe Auflösung und Frequenz von TerraSAR-X lassen eine Verbesserung vom Faktor 10 erwarten, das heißt Bewegungen von einem Millimeter werden messbar.

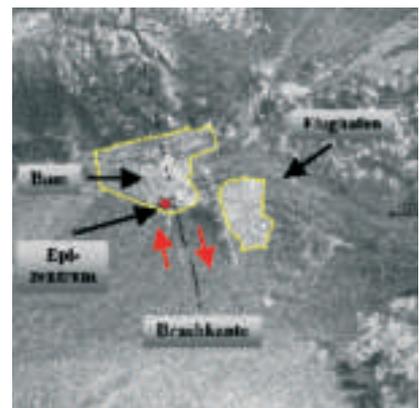
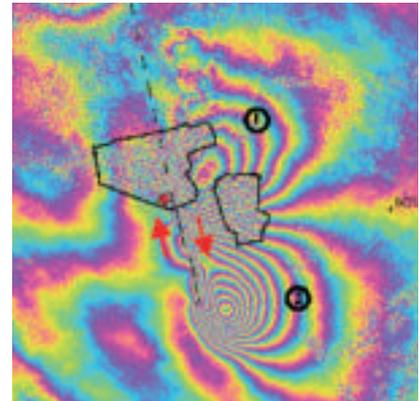
Für die Analyse von Bewegungen der Erdoberfläche sind die kurzen Wiederholungs-raten der Überflüge ein weiterer Vorteil, da dies eine optimale Abstimmung der Messungen auf die Art und Geschwindigkeit der Bewegung zulässt. TerraSAR-X

In order to be able to detect these potentials for conflict at an early stage and to be able to develop methods for their avoidance and solution, there is a need for a sustainable survey of up-to-date information related to the geographical environment. Today's SAR sensors offer a resolution of about 25 metres that enable the separation of built-up areas from other types of land usage. The high resolution of TerraSAR-X will significantly improve the level of detailing, so that individual buildings, urban layouts and infrastructure, such as streets and railway lines, can be detected and mapped.

One of the main application fields of today's SAR systems is the so-called SAR interferometry. Here in a similar manner to the stereo principle two images are combined. The difference of the distances between the ground point and the two antenna positions is then evaluated.

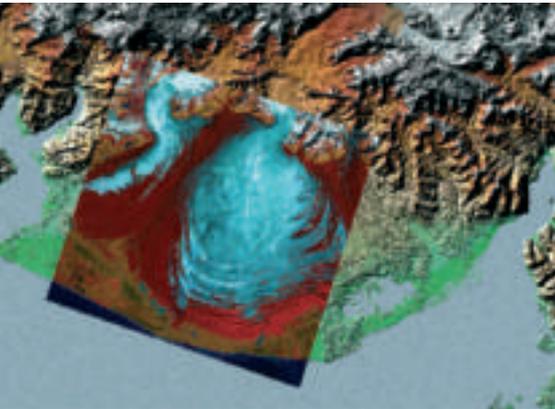
This technique can be used for the derivation of height models – as for example with SRTM – or for the measurement of ground movements between two images displaced in time. Under favourable conditions today's systems can reliably measure movements up to one centimetre. The high resolution and frequency of TerraSAR-X allows to expect an improvement by a factor 10, that is to say, movements of one millimetre will become measurable.

For the analysis of movements of the Earth's surface the short repetition rates of the overflights are a further advantage since this permits an optimum adjustment of the measurements to the type and velocity of the movement. Thus, TerraSAR-X is an interesting instrument for the investigation of tectonic displacements, the monitoring of volcanic activity, and also other application areas in which previously only Earth-bound measurements could be carried out.



Auswirkungen des Bam-Erdbebens vom 26.12.2003. Oben ist das Interferogramm aus zwei Aufnahmen von Envisat-ASAR zu sehen, unten die Radaraufnahme des Gebiets um Bam

Consequences of the Bam-Earthquake in December 2003: Interferogram from two Images of Envisat-ASAR (top), Radar Image of the Bam Area (bottom)



Kombination von SRTM-Daten und optischen Satellitenaufnahmen des Malaspina-Gletschers in Alaska

Combination of SRTM- and Optical Satellite-Data of the Malaspina-Glacier in Alaska

ist damit ein interessantes Instrument für die Untersuchung tektonischer Verschiebungen, die Vulkanbeobachtung, aber auch andere Einsatzbereiche, in denen bisher nur erdgebundene Messungen durchgeführt werden konnten.

Die Fernerkundung gewinnt zudem immer mehr an Bedeutung bei der Abschätzung von Gefahren für Städte. Diese Gefahren können natürlich bedingt sein wie in Erdbebenregionen, aber auch vom Menschen erzeugt werden wie durch Bautätigkeiten oder Entnahme von Grundwasser und Erdöl. Die Vorteile der Radarf fernerkundung, unabhängig von Wetter und Sonnenstand beobachten zu können, sind für den Katastrophenfall von entscheidender Bedeutung. Hier ist die schnelle Erfassung der betroffenen Fläche sowie des Grads der Zerstörung erforderlich.

Ein weiteres wissenschaftliches Anwendungsfeld für TerraSAR-X ist die Beobachtung der Ozeane und der Küstenregionen. Die Ozeane bedecken etwa 70 Prozent der Erdoberfläche und spielen eine wichtige Rolle im globalen Klimasystem. Sie sind zudem von vielen menschlichen Aktivitäten betroffen, wie beispielsweise Off-Shore Förderung, Schifffahrt und Fischerei.

Wichtige Indikatoren für den globalen Klimawandel sind die Ausdehnung und Verteilung von Meereis wie auch das Volumen von Eisbergen. Für die Beobachtung des Polarbereichs sind die Allwettertauglichkeit und Unabhängigkeit vom Sonnenstand von großem Vorteil. Zudem ist das X-Band besonders gut geeignet für die Erkennung von jungem Seeis, da es eine Trennung mit offenen Wasserflächen ermöglicht.

Mit TerraSAR-X können zudem Stärke und Richtung von Windfeldern vermessen werden. Diese sind nicht nur wichtig für die Wettervorhersage, sondern auch für die Verbesserung der Kenntnisse der dynamischen Prozesse im Ozean. Zur Beobachtung von Meeresströmungen kommt bei TerraSAR-X ein neues Verfahren zum Einsatz: Durch Teilung der Antenne in

Moreover, remote sensing is gaining more and more in significance in the risk assessment for urban areas. These risks can be natural in origin as in the case of earthquake regions, but can also be produced by people through building activities or the extraction of ground water and oil. The advantages of radar remote sensing – the ability to monitor independently of the weather and the state of the sun – are decisive in importance for the event of a disaster. Here the rapid recording of the area affected as well as the degree of destruction is required.

A further scientific field of application for TerraSAR-X is the monitoring of the oceans and coastal regions. The oceans cover about 70 % of the Earth's surface and play an important role in the global climate system. Moreover, they are affected by many human activities such as, for example, offshore drilling, shipping and fishing.

Important indicators for the global climate change are the extent and distribution of sea ice and also the volume of icebergs. For the monitoring of the polar regions the all-weather capability and the independence of the state of the sun are a great advantage. Moreover the X-band is particularly well suited for the detection of newly formed sea ice since it can differentiate between the ice and open areas of water.

Moreover, with TerraSAR-X the strength and direction of wind fields can be measured. These are not only important for weather forecasting, but also for the improvement of our knowledge of the dynamic processes in the ocean. For the monitoring of ocean currents a new technique comes into use for TerraSAR-X. By the electrical separation of the antennas in the flight direction two images close to each other in time are taken. By means of the so-called Along Track Interferometry it is possible to detect movements taking place during the overflight, which allows, for example, to record and measure ocean currents.

Flugrichtung werden zwei zeitlich nahe beieinander liegende Aufnahmen gemacht. Durch die so genannte Along-Track-Interferometrie können Bewegungen, die während des Überflugs stattfinden, erfasst und so beispielsweise Meeresströmungen vermessen werden.

Kommerzielle Nutzung

Der Kooperationsvertrag zu TerraSAR-X sieht die kommerzielle Vermarktung der TerraSAR-X Daten durch den Industriepartner EADS Astrium GmbH vor. Dieser ist im Gegenzug verpflichtet, neben der finanziellen Beteiligung am Projekt ein Spektrum innovativer TerraSAR-X basierter Produkte und Dienstleistungen zu entwickeln, sowie ein weltweites Vertriebssystem aufzubauen. Diese Aufgaben werden von der Infoterra GmbH wahrgenommen, einer 100-prozentigen Tochtergesellschaft der EADS Astrium, die 2001 eigens zu diesem Zwecke gegründet wurde.

Das Infoterra-Portfolio umfasst Datenprodukte, Anwendungen und Vertriebspartnerschaften.

Datenprodukte

Die Infoterra GmbH bietet kommerziellen Nutzern TerraSAR-X Daten in verschiedenen Veredelungsstufen an. Dies beginnt mit so genannten Basic Image Products, einfachen Bildprodukten, deren Aufnahmemodus, Polarisationen und geometrische Projektion der Kunde entsprechend seiner Bedürfnisse spezifizieren kann. Aufwändiger sind die Enhanced Image Products, etwa orthorektifizierte, das heißt topografisch entzerrte, Aufnahmen oder Mosaik aus verschiedenen Szenen. Schließlich bietet Infoterra Geoinformationsprodukte an, die bereits aussagekräftige Informationen wie beispielsweise Veränderungskartierungen enthalten.

Commercial Utilization

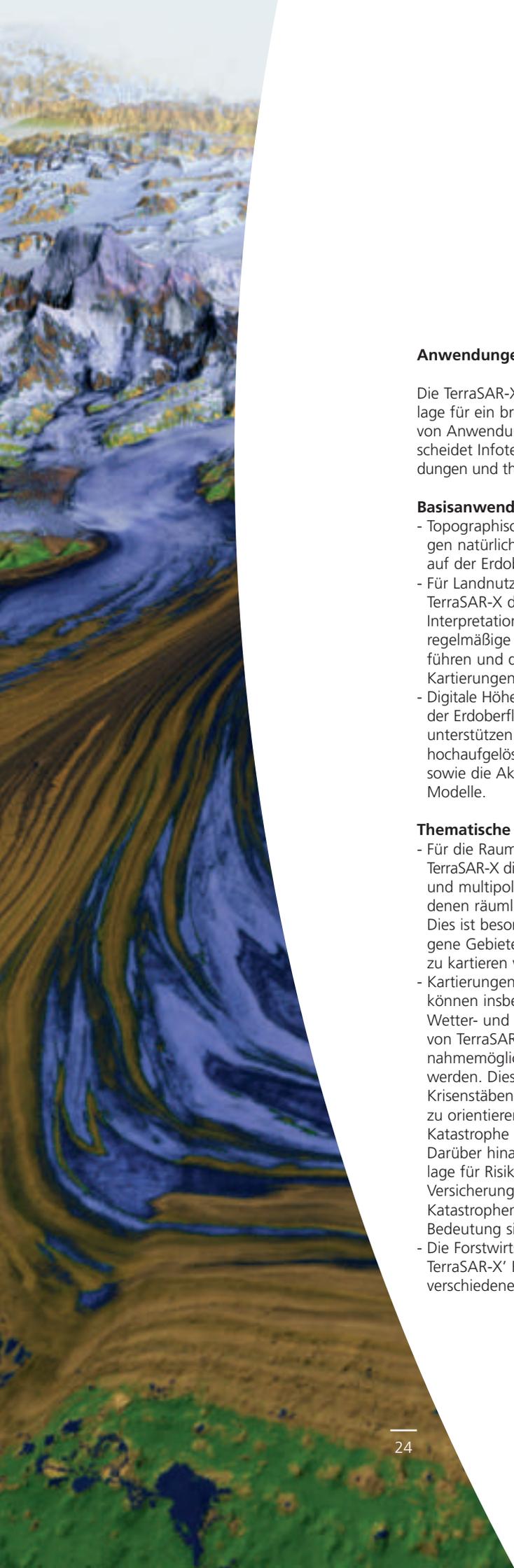
The public-private partnership agreement arranges for a commercial exploitation of the TerraSAR-X data by the industry partner, EADS Astrium GmbH. Apart from the direct financial contribution to the project, the partner is obliged to develop a portfolio of innovative TerraSAR-X-based products and services and to establish a global distribution network. For this purpose, EADS Astrium has founded its 100 % subsidiary Infoterra GmbH in 2001.

Infoterra's portfolio comprises of data products, applications, and distribution partnerships.

Data Products

Infoterra offers TerraSAR-X data in different levels of refinement. They are ranging from Basic Image Products, raw image data that can be acquired in different imaging modes, polarizations, and geometric projections according to clients' specifications, to Enhanced Image Products, i.e. orthorectified images or mosaics from several scenes, all the way to Geoinformation Products, i.e. products that contain significant information such as change detections.





Anwendungen

Die TerraSAR-X Daten werden die Grundlage für ein breit gefächertes Portfolio von Anwendungen bilden. Hierbei unterscheidet Infoterra zwischen Basisanwendungen und thematischen Anwendungen:

Basisanwendungen

- Topographische Basiskartierungen zeigen natürliche und künstliche Objekte auf der Erdoberfläche.
- Für Landnutzungskartierungen bietet TerraSAR-X die Möglichkeit, bestehende Interpretationsmethoden zu verfeinern, regelmäßige Aktualisierungen durchzuführen und damit die Qualität der Kartierungen bedeutend zu verbessern.
- Digitale Höhenmodelle stellen das Relief der Erdoberfläche dar. TerraSAR-X Daten unterstützen die effiziente Produktion hochaufgelöster globaler Höhenmodelle sowie die Aktualisierung existierender Modelle.

Thematische Anwendungen

- Für die Raumplanung ermöglicht TerraSAR-X die Erfassung multitemporaler und multipolarisierter Daten in verschiedenen räumlichen Auflösungsstufen. Dies ist besonders wichtig für abgelegene Gebiete, die bisher nur schwer zu kartieren waren.
- Kartierungen im Katastrophenfall können insbesondere auf Grund der Wetter- und Tageslichtunabhängigkeit von TerraSAR-X sowie der flexiblen Aufnahmemöglichkeiten schnell erstellt werden. Diese Kartierungen helfen Krisenstäben und Helfern vor Ort, sich zu orientieren und das Ausmaß der Katastrophe besser einzuschätzen. Darüber hinaus bieten sie eine Grundlage für Risikoabschätzungen, die für Versicherungen, Rückversicherer und Katastrophenschützer von großer Bedeutung sind.
- Die Forstwirtschaft profitiert von TerraSAR-X' Fähigkeit, Daten in verschiedenen räumlichen Auflösungs-

Applications

TerraSAR-X data will be the basis for a versatile portfolio of applications, differentiated into Basic Applications and Thematic Applications.

Basic Applications

- *Topographic Base Maps provide information about the Earth's surface on an artificial and natural level. Extracted linear, point, and spatial thematic features of TerraSAR-X data are a valuable input to topographic base mapping.*
- *Land Use/Land Cover Maps provide land surface information on different thematic levels. TerraSAR-X data deliver new input parameters that improve existing interpretation methods and thus the quality of land use and land cover maps.*
- *Digital Elevation Models describe the relief information of the Earth's surface. TerraSAR-X data will be an important support of the efficient production and update of Digital Elevation Models. In addition, the possible implementation of TanDEM-X – an additional spacecraft – would allow the generation of high-quality DEMs of any area on the globe.*

Thematic Applications

- *Spatial Planning: TerraSAR-X supports the use of other Earth observation data through its multiscale, multitemporal and multipolarized observations of remote areas that were formerly almost impossible to map. The backscatter intensity and textural information of the TerraSAR-X data provide information on the observed surface features in an area.*
- *Risk Diagnostics: The weather independent TerraSAR-X data is an important basis for rapid mapping activities in the case of natural disasters. Such maps significantly support crisis management groups and helpers on the scene. In addition, they support insurance services as well as liability and reinsurance businesses.*
- *Forestry: TerraSAR-X will support overview forest mapping activities thanks to*

stufen zu erfassen: So werden forstliche Kartierungen sowohl in großen als auch in sehr kleinen Maßstäben unterstützt.

- Für die Landwirtschaft bietet TerraSAR-X multitemporale und multipolarisierte Aufnahmen, die großflächige Kartierungen ermöglichen. Diese Daten erlauben in Kombination mit Zusatzinformationen effiziente Auswertungen und Synergieentwicklungen für kundenspezifische Agraranwendungen.

Infoterra wird die entwickelten Produkte und Services einem breiten Spektrum an Nutzern zugänglich machen, denn sowohl öffentliche Einrichtungen als auch Kunden aus der Privatwirtschaft haben Bedarf an geometrisch, radiometrisch und zeitlich hochauflösenden Satellitendaten. Nationale und regionale Behörden und Ämter können TerraSAR-X Daten etwa in den Bereichen Kartographie, Raum- und Infrastrukturplanung, Umweltschutz, Land- und Forstwirtschaft einsetzen. Ebenso können nationale Sicherheitskräfte, der Katastrophenschutz und die Streitkräfte im Rahmen ihrer Einsätze auf Informationen, die aus TerraSAR-X Daten abzuleiten sind, zurückgreifen. Aber auch gewerbliche Nutzer, beispielsweise aus Land- und Forstwirtschaft, werden zum Kundenkreis Infoterras gehören.

Das Vertriebskonzept

Das kommerzielle Vertriebskonzept sieht vor, dass Infoterra Lizenzen zum Direktempfang von TerraSAR-X Daten vermarktet. Es werden so genannte „Direct Access Services“ angeboten, in denen Bilddaten sowohl zur direkten Nutzung durch einen Endkunden, den „Direct Access Customer“, als auch zum regional begrenzten Vertrieb durch einen „Direct Access Partner“ von Bodenstationen auf der ganzen Welt direkt empfangen werden können.

Die Infoterra GmbH wird in Deutschland ihre Vertriebszentrale aufbauen, von der aus Kunden aus aller Welt mit spezifischen Geo-Informationsprodukten versorgt werden.

its relatively large swath, which facilitates large area assessments, but will also allow an assessment of small scale issues due to its high spatial resolution products.

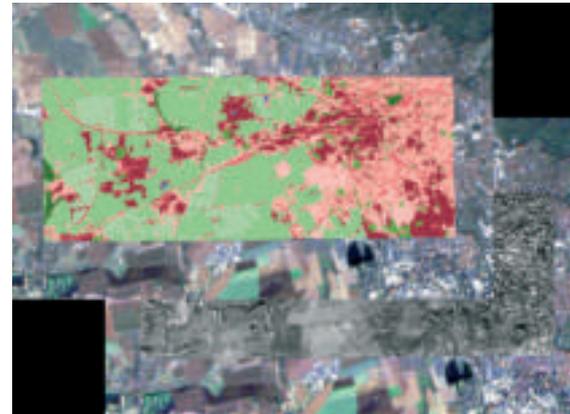
- Agriculture: TerraSAR-X supports agricultural mapping services through multitemporal and multipolarization observations and facilitates large area assessments. Agricultural applications can be generated from TerraSAR-X data and auxiliary data through synergistic exploitation and will be developed task-specifically.

Infoterra will provide these products and services to a wide spectrum of users, as both private industry and public sector have a strong need for geometric, radiometric and timely high-resolution radar data. National and regional authorities and offices will use TerraSAR-X data for example in cartography, spatial- and infrastructure planning, nature protection, agriculture, and forestry. In addition, security forces, civil protection organizations and the armed forces may use TerraSAR-X-based information in the course of their assignments and duties. Besides that, commercial users from various industry sectors will be part of Infoterras' clientele.

Distribution Concept

The concept for the commercial exploitation of TerraSAR-X arranges for the marketing of so-called Direct Access Services. These either provide TerraSAR-X imagery for the immediate use by an end user, the Direct Access Customer, or for further distribution in a specific region of the world by a Direct Access Partner. Direct Access Customers and Direct Access Partners around the globe will operate their own ground stations and be able to receive the data directly from the spacecraft.

Infoterra GmbH establishes its distribution headquarters in Germany and provides data, specific geo-information, and TerraSAR-X applications to clients worldwide.



Klassifikationskarte auf der Basis von Radardaten
Classification Map Based on Radar Data

Missionsbetrieb

Mission Control



Datenempfangsantenne der TerraSAR-X Bodenstation in Neustrelitz

Antenna for Data Reception of the TerraSAR-X Ground Station in Neustrelitz

Das TerraSAR-X Bodensegment

Um die Mission erfolgreich durchzuführen, sind verschiedene Einrichtungen auf der Erde nötig, das so genannte Bodensegment. Das TerraSAR-X Bodensegment nimmt die Datenbestellungen auf und plant die entsprechenden Operationen des Satelliten. Es steuert die Instrumente auf TerraSAR-X, verarbeitet die Radar-daten zu Bildern, archiviert diese und leitet sie an die Nutzer weiter. Somit stellt das Bodensegment eine Schnittstelle dar zwischen dem Satelliten sowie den wissenschaftlichen und kommerziellen Nutzern.

Die wissenschaftlichen Anträge zur Nutzung von TerraSAR-X werden vom Wissenschaftlichen Koordinator des DLR bewertet. Dieser prüft die Anfragen hinsichtlich des wissenschaftlichen Nutzens, weist die Prioritäten für die Aufnahmen zu und gibt den Wissenschaftlern den Zugriff auf die so genannte Orderschnittstelle frei. Über diese Schnittstelle geben die Forscher ihre Datenbestellungen ein und werden nach erfolgter Datenaufnahme und Prozessierung beliefert.

Die kommerziellen Nutzer werden von der kommerziellen Service-Einrichtung, der TerraSAR-X Exploitation Infrastructure, bedient. Diese wird von der Infoterra GmbH entwickelt und aufgebaut. Die kommerziellen Nutzer wenden sich mit ihren Bestellwünschen an Infoterra, welche die Bestellungen verwaltet und weiterleitet. Die Auslieferung der Daten erfolgt ebenfalls über die Infoterra GmbH. Eine Ausnahme stellen die Kunden und Partner dar, die über eigene Empfangsstationen verfügen: Sie erhalten ihre Daten direkt vom Satelliten.

The TerraSAR-X Ground Segment

In order to carry out the mission successfully, various facilities are required on Earth, the so-called ground segment. The TerraSAR-X ground segment receives the orders for data and plans the corresponding operations of the satellite. It controls the instruments on TerraSAR-X, processes the radar data into images, calibrates and archives these, and distributes them to the users. Thus, the ground segment represents an interface between the satellite and both the scientific and commercial users.

The scientific proposals for utilization of TerraSAR-X will be evaluated by the DLR Scientific Coordinator. The latter checks the requests with regard to their scientific benefits, allocates the priorities for the data acquisition, and provides access to the so-called order interface for the scientists. Via this interface the researchers can input their data requests and be supplied with the results after data acquisition and processing has taken place.

The commercial users' interests are represented by the commercial service segment, the TerraSAR-X Exploitation Infrastructure. This will be brought into operation by Infoterra GmbH. The commercial users approach Infoterra with their order requirements – the latter manages the orders and forwards them to the TerraSAR-X ground segment. Delivery of the data also takes place via the TerraSAR-X Exploitation Infrastructure. Exceptions are customers, who make use of their own receiving stations for the radar data and the option of image processing. They obtain their data directly from the satellite.

The coordination and monitoring of the satellite operation, as well as the management of the Strategic Planning Group that coordinates the payload activities, is the responsibility of the Missions Manager, who is also appointed by DLR.



Die Koordination und Überwachung des Satellitenbetriebs sowie die Leitung der Strategischen Planungsgruppe, die über die Nutzlastaktivitäten befindet, obliegt dem Missions Manager, der ebenfalls vom DLR gestellt wird.

Das TerraSAR-X Bodensegment gliedert sich in drei Teile, die von DLR-Einrichtungen in Oberpfaffenhofen, Weilheim und Neustrelitz aufgebaut und betrieben werden:

Missionsbetrieb

Das Deutsche Raumfahrt-Kontrollzentrum in Oberpfaffenhofen ist verantwortlich für den Satellitenbetrieb und die Missionsplanung. Dies betrifft

- die Generierung von Telekommandos, die über die Bodenstation in Weilheim zum Satelliten übertragen werden
- den Empfang von Telemetriedaten in Weilheim, deren Überwachung, weitere Verarbeitung und Archivierung
- die Überwachung des Zustands des Satelliten und des Radarinstruments sowie deren Steuerung
- die Kontrolle des Orbits und der Lage des Satelliten
- die Bereitstellung von Orbit- und Lagedaten für die Bildprozessierung
- die Planung und Durchführung von Orbitmanövern
- die konfliktfreie Planung der Radaraufnahmen unter Berücksichtigung unterschiedlicher Parameter wie beispielsweise Aufnahmemodus, -ort und -zeit, Dringlichkeit, Priorität, Verbrauch von Satellitenressourcen

Instrumentenbetrieb und Kalibrierung

Die Aufgabe des Betriebs und der Kalibrierung des Radarinstruments wird vom Institut für Hochfrequenztechnik und Radarsysteme (IHR) in Oberpfaffenhofen wahrgenommen. Im Einzelnen umfasst dies

- die Festlegung dauerhafter Grundeinstellungen des Radarinstruments

The TerraSAR-X ground segment is divided into three parts that are put together and operated by DLR facilities in Oberpfaffenhofen, Weilheim and Neustrelitz.

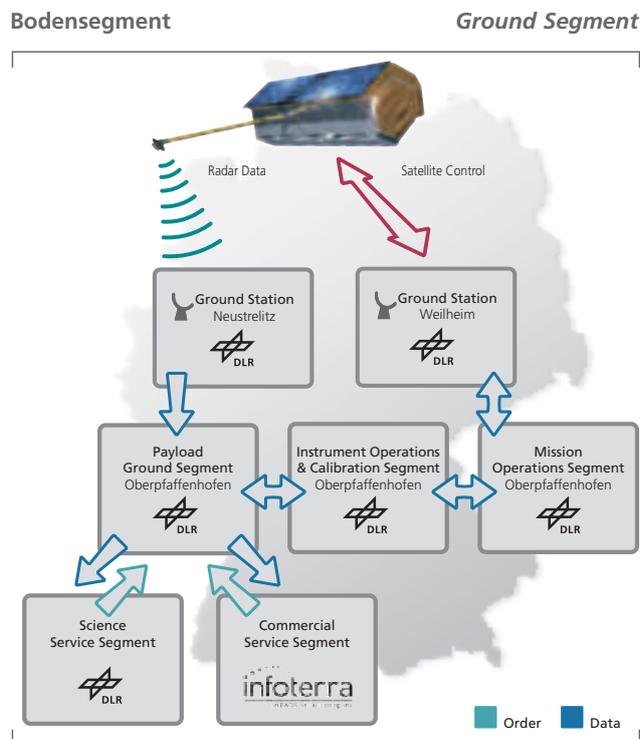
Mission Operation

The German Space Operations Center in Oberpfaffenhofen is responsible for the operation of the satellite and the mission planning. This includes:

- generation of tele-commands that are transmitted to the satellite via the ground station in Weilheim
- reception of telemetry data in Weilheim, their monitoring, further processing and archiving
- monitoring of the condition of the satellite and the radar instrument as well as their control
- control of the orbit and the attitude of the satellite
- preparation of orbit and location data for the image processing
- planning and execution of orbit manoeuvres



Deutsches Raumfahrt-Kontrollzentrum in Oberpfaffenhofen
 German Space Operations Center in Oberpfaffenhofen



- die Ermittlung der Instrumenteinstellungen vor jeder Einzelaufnahme, um eine optimale Produktqualität zu erzielen, und die Erzeugung der entsprechenden Kommandos für das Radarinstrument
- die ständige Überwachung der Leistung des gesamten Systems
- die Durchführung von Korrekturmaßnahmen im Falle verminderter Leistung
- die Durchführung von Kalibriermaßnahmen
- die Bereitstellung von Instrument- und Kalibrierdaten für die Bildprozessierung

Nutzlastbodensegment

Das Institut für Methodik der Fernerkundung (IMF) und das Deutsche Fernerkundungsdatenzentrum (DFD) zeichnen zunächst verantwortlich für die Entwicklung und den Betrieb der Empfangsstation in Neustrelitz. Beide in Oberpfaffenhofen ansässigen DLR-Einrichtungen beschäftigen sich weiterhin mit der Bildprozessierung, Archivierung und Verteilung der Daten.

Das Aufgabenspektrum umfasst

- den Empfang der Nutzlastdaten: Daten, die während einer Erdumrundung vom Radarinstrument erzeugt und an Bord des Satelliten gespeichert wurden, werden bei jedem Überflug von Neustrelitz zur dortigen Empfangsstation gesendet.
- die Verarbeitung der empfangenen Daten zu Bildprodukten inklusive Qualitätskontrolle
- die Archivierung und Katalogisierung der Radardaten
- die Auslieferung der Produkte an die Nutzer
- die Bereitstellung eines Nutzerservices und des Datenkatalogs
- die Entgegennahme und die Abwicklung von Datenbestellungen

- *conflict-free planning of the data acquisitions taking into account different parameters such as, for example, imaging mode, location and time, urgency, priority, utilization of satellite resources*

Instrument Operation and Calibration

Operation and calibration of the radar instrument are performed by the Microwaves and Radar Institute (IHR) in Oberpfaffenhofen. This includes in detail:

- *definition of robust base settings for the radar instrument*
- *determination of the instrument settings for each individual image, in order to achieve an optimum product quality, and the generation of the corresponding commands for the radar instrument*
- *continuous monitoring of the performance of the whole system*
- *execution of corrective measures in the event of reduced performance*
- *execution of calibration activities*
- *preparation of instrument and calibration data for the image processing*

Payload Ground Segment

The Remote Sensing Technology Institute (IMF) and the German Remote Sensing Data Center (DFD) are responsible for the development and operation of the receiving station in Neustrelitz. In addition, both DLR facilities based in Oberpfaffenhofen will be in charge for the image processing as well as the archiving and distribution of the data.

The spectrum of tasks includes:

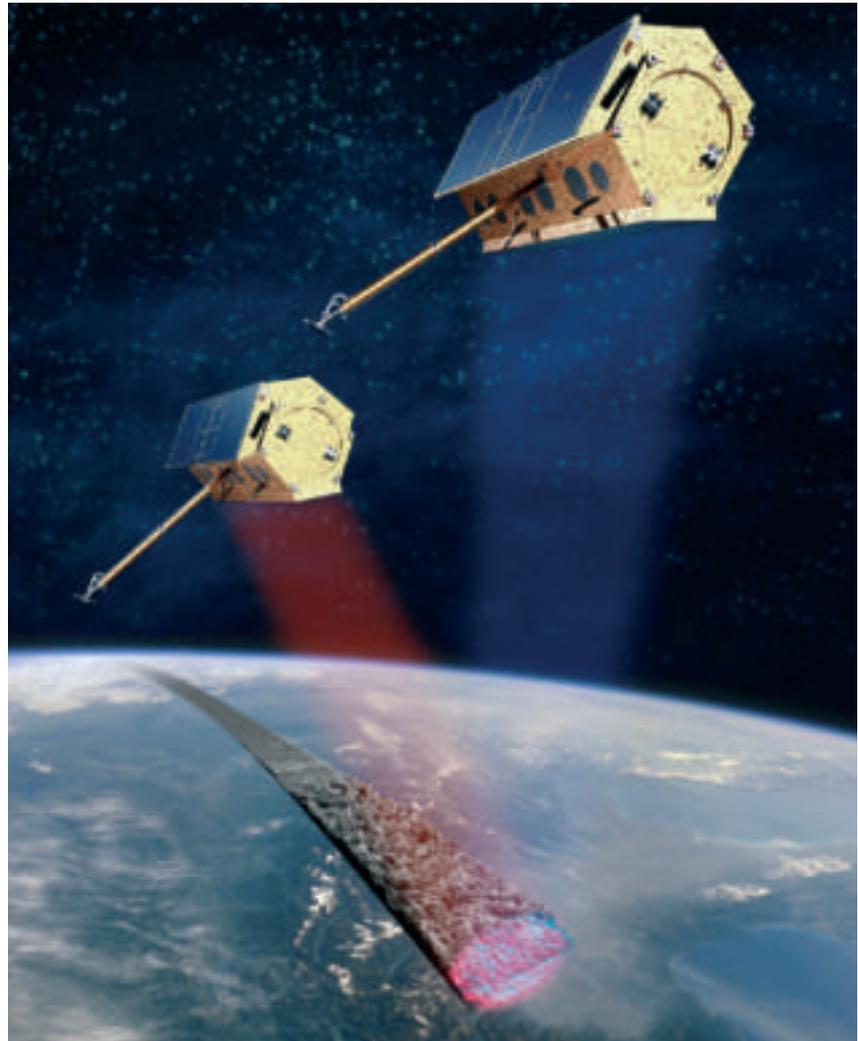
- *receipt of the payload data – data that are generated during an orbit by the radar instrument and have been stored on board the satellite are transmitted with each overflight of Neustrelitz to the receiving station located there.*
- *processing of the data received into image products, including quality control*
- *archiving and cataloging of the radar data*
- *delivery of the products to the users*
- *preparation of a user service and data catalogue*
- *receipt and handling of data orders*

Future Prospects

Mit TerraSAR-X wird erstmals in Deutschland ein Raumfahrtprojekt in öffentlich-privater Partnerschaft unter erheblicher finanzieller Beteiligung der Industrie realisiert. Damit wird eine Projektinvestition gesichert, die ansonsten durch staatliche Investition allein derzeit nicht finanzierbar wäre. Die TerraSAR-X Mission wird wertvolle Daten für die wissenschaftliche Nutzung liefern und zugleich auch die nachhaltige Kommerzialisierung von Erdbeobachtungsdaten erlauben.

Bereits jetzt wird über ein Nachfolgesystem nachgedacht, das den Satelliten zum Ende seiner Lebensdauer ersetzen soll, sollte TerraSAR-X kommerziell erfolgreich sein. Dieses Nachfolgesystem soll dabei allein aus Mitteln der Industrie aus den mit TerraSAR-X erzielten Gewinnen finanziert werden.

Darüber hinaus wurde inzwischen der Vertrag für das Projekt TanDEM-X (TerraSAR-X add-on for Digital Elevation Measurement) unterzeichnet. TanDEM-X soll ein globales, digitales Geländemodell aller Landmassen der Erde mit einer bisher nicht erreichten Genauigkeit erstellen. Dies soll durch die Ergänzung von TerraSAR-X durch einen weiteren nahezu baugleichen Satelliten (TanDEM-X) in einer Tandem-Orbitkonfiguration erreicht werden. Beide Satelliten werden dabei in einer engen Konstellation mit nur wenigen hundert Metern Abstand in nahezu demselben Orbit fliegen. Dadurch wird nicht nur ein paralleler, unabhängiger Betrieb von TerraSAR-X möglich, sondern auch ein synchronisierter Betrieb realisierbar. Die Missionszeit für TanDEM-X ist auf fünf Jahre ausgelegt.



TanDEM-X

With TerraSAR-X a space project is being implemented in a public-private partnership for the first time in Germany, with significant financial contribution by the industry. In this way a project investment is being secured which otherwise state investment on its own would not be able to finance at the present time. The TerraSAR-X Mission will deliver valuable data for scientific use and at the same time will also enable sustainable commercialization of Earth observation data.

Auch TanDEM-X wird einer öffentlich-privaten Partnerschaft realisiert. Das wissenschaftliche Nutzungsspektrum lässt sich unterteilen in hochgenaue digitale Höhenmodelle (z. B. für die Hydrologie), Along-Track-Interferometrie (z. B. zur Messung von Meeresströmungen) und innovative bistatische Anwendungen (z. B. polarimetrische SAR-Interferometrie). Das kommerzielle Nutzungspotenzial entsteht durch eine erhebliche Effizienzsteigerung der TerraSAR-X Produktionsketten, eine hoch effiziente und qualitativ hochwertige Kartierungsfähigkeit sowie die operationelle Umsetzung der Experimental-Modi und -Dienste. TanDEM-X stellt den ersten Schritt in Richtung einer Formation von Radar-Satelliten dar und wird die führende Rolle Deutschlands auf dem Gebiet der SAR-Technologie im X-Band nachhaltig stützen.

A follow-up system is already being foreseen that will replace the satellite at the end of its operational life, if TerraSAR-X turns out to be commercially successful. It is foreseen that this follow-up system will be financed solely by the industry from the profits achieved with Terra-SAR-X.

In addition, the contract for the project TanDEM-X (TerraSAR-X add-on for Digital Elevation Measurement) was signed in the meantime. TanDEM-X is to generate a global digital elevation model of all terrestrial landmasses with an accuracy that has not been reached so far. This can be achieved by complementing TerraSAR-X with an additional satellite of nearly the same design (TanDEM-X) in a tandem orbit configuration. Both satellites will fly in a tight formation with only a few hundred metres separation in approximately the same orbit. In this way not only parallel operation independent of TerraSAR-X is possible, but also synchronized operation can be implemented. The mission duration for TanDEM-X is designed for a period of five years.

TanDEM-X is also realized in a public-private partnership. The range of scientific utilization options can be divided into high-accuracy digital elevation models (e.g. for hydrology), Along-Track Interferometry (e.g. for the measurement of ocean currents) and innovative bistatic applications (e.g. Polarimetric SAR Interferometry). The commercial utilization potential emerges from significant improvement in the efficiency of the TerraSAR-X production sequence, a highly efficient and high-quality mapping capability as well as operational implementation of the experimental modes and services. TanDEM-X represents the first step in the direction towards a formation of radar satellites and will sustainably support Germany's leading role in the field of SAR technology in the X-band.

Herausgeber
Published by Deutsches Zentrum für Luft-
und Raumfahrt e.V.

German Aerospace Center

Raumfahrt-Agentur
Space Agency

Anschrift
Address Bonn-Oberkassel
Königswinterer Straße 522-524
53227 Bonn
Germany

Redaktion
Editor Dr. Niklas Reinke

Gestaltung
Design CD Werbeagentur GmbH,
Troisdorf

Druck
Printing Druckerei Thierbach KG,
Mülheim/Ruhr

Drucklegung
Press date Köln, Januar 2007

Abdruck (auch von Teilen) oder sonstige
Verwendung nur nach vorheriger
Absprache mit dem DLR gestattet.

*Reproduction in whole or in part or any
other use is subject to prior permission
from the German Aerospace Center
(DLR).*

www.DLR.de

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, Verkehr und Energie 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 sowie für die internationale Interessenswahrnehmung zuständig. Das DLR fungiert als Dachorganisation für den national größten Projektträger.

In 27 Instituten und Einrichtungen an den acht Standorten Köln-Porz, Berlin-Adlershof, Bonn-Oberkassel, Braunschweig, Göttingen, Lampoldshausen, Oberpfaffenhofen und Stuttgart beschäftigt das DLR ca. 5.100 Mitarbeiterinnen und Mitarbeiter. Das DLR unterhält Außenbüros in Brüssel, Paris und Washington, D.C.

DLR at a Glance

DLR is Germany's national research center for aeronautics and space. Its extensive research and development work in Aeronautics, Space, Transportation and Energy is integrated into national and international cooperative ventures. As Germany's space agency, DLR has been given responsibility for the forward planning and the implementation of the German space program by the German federal government as well as for the international representation of German interests. Furthermore, Germany's largest project-management agency is also part of DLR.

Approximately 5,100 people are employed in DLR's 27 institutes and facilities at eight locations in Germany: Koeln-Porz (headquarters), Berlin-Adlershof, Bonn-Oberkassel, Braunschweig, Goettingen, Lampoldshausen, Oberpfaffenhofen, and Stuttgart. DLR also operates offices in Brussels, Paris, and Washington, D.C.



DLR

**Deutsches Zentrum
für Luft- und Raumfahrt e.V.**

German Aerospace Center

**Raumfahrt-Agentur
Space Agency**

Bonn-Oberkassel
Königswinterer Straße 522–524
53227 Bonn
Germany

www.DLR.de