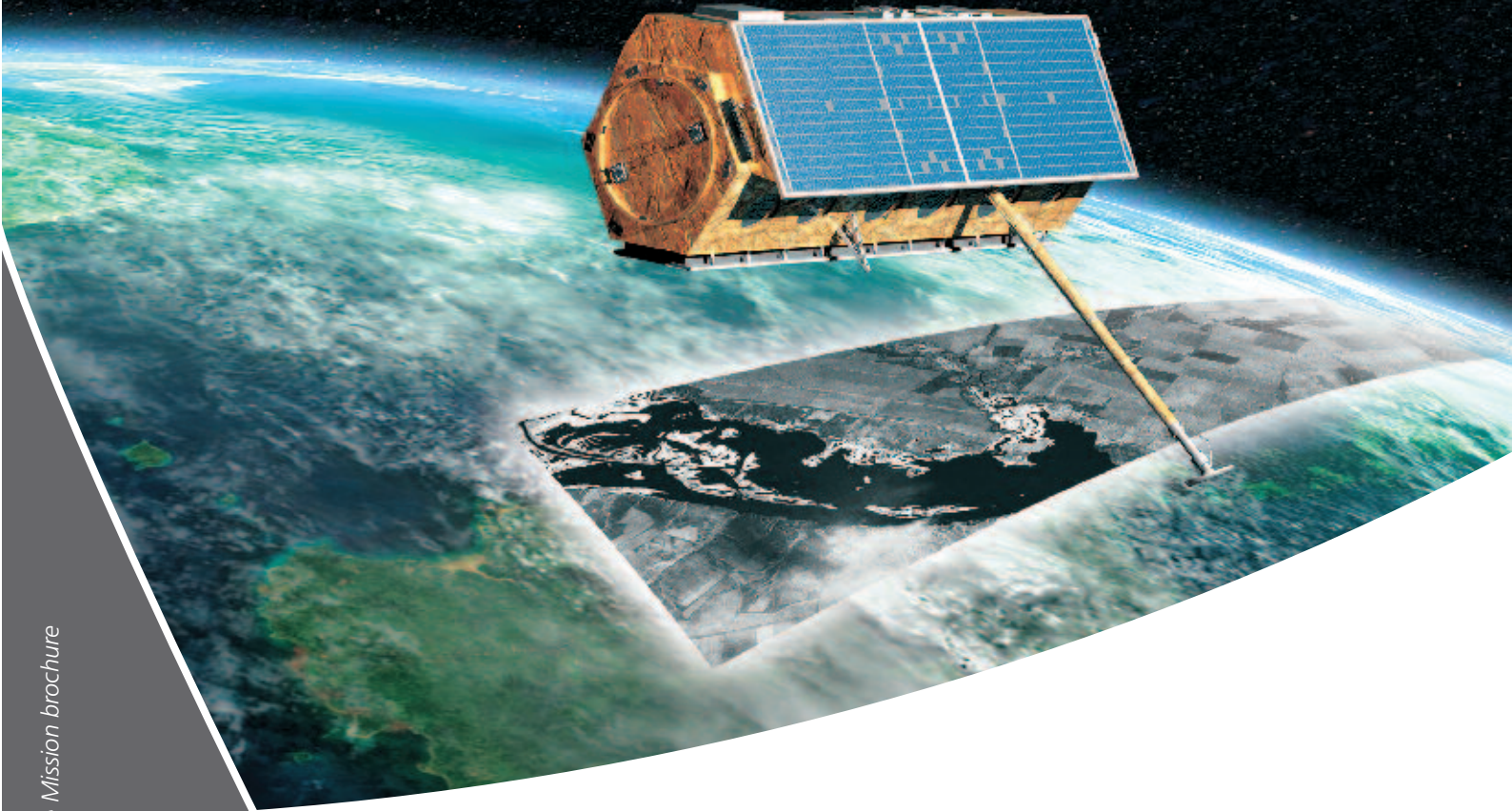


TERRA SAR X



Missionsbroschüre Mission brochure

## TerraSAR-X

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



# Inhalt

## Content

<b>TerraSAR-X. Das deutsche Radar-Auge im All</b> <b><i>The German Radar Eye in Space</i></b>	<b>3</b>
<i>Erste Ergebnisse</i> <i>First Results</i>	4
<i>Anwendungsbeispiele und experimentelle Modi</i> <i>Examples of Application and Experimental Modes</i>	9
Die Mission TerraSAR-X <i>The TerraSAR-X Mission</i>	15
Öffentlich-Private Partnerschaft <i>Public-Private Partnership</i>	17
<b>SAR-Technologie und Geschichte</b> <b><i>SAR Technology and History</i></b>	<b>20</b>
Das Prinzip der SAR-Technologie <i>The Principle of SAR Technology</i>	20
Geschichte des SAR-Einsatzes <i>History of SAR Use</i>	22
SAR-Missionen <i>SAR Missions</i>	25
<b>Der Satellit</b> <b><i>The Satellite</i></b>	<b>26</b>
Primäre Nutzlast: Das Synthetic Apertur Radar (SAR) <i>Primary Payload: the Synthetic Aperture Radar (SAR)</i>	27
Sekundäre Nutzlasten: LCT und TOR <i>Secondary Payloads: LCT and TOR</i>	29
Start und Orbit <i>Launch and Orbit</i>	30
Technische Daten <i>Technical Data</i>	31
<b>TerraSAR-X – Nutzung</b> <b><i>TerraSAR-X – Utilization</i></b>	<b>32</b>
<i>Wissenschaftliche Nutzung</i> <i>TerraSAR-X – Utilization</i>	32
<i>Kommerzielle Nutzung</i> <i>Commercial Utilization</i>	35
<b>Missionsbetrieb</b> <b><i>Mission Control</i></b>	<b>38</b>
Das TerraSAR-X-Bodensegment <i>The TerraSAR-X Ground Segment</i>	38
<b>Ausblick</b> <b><i>Future Prospects</i></b>	<b>41</b>



# 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 wurde. Er 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.

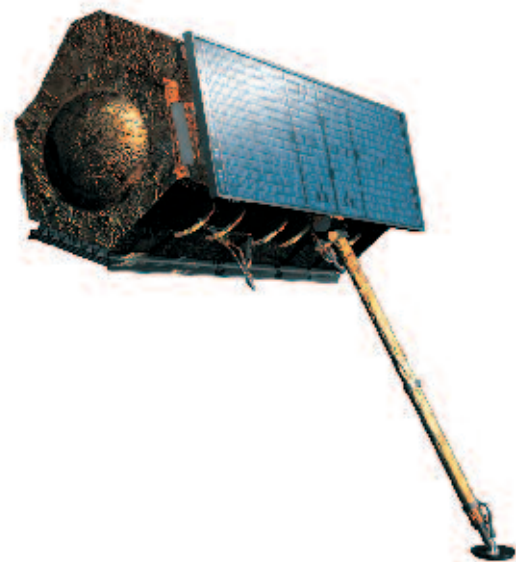
Der TerraSAR-X-Satellit wurde am 15. Juni 2007 vom russischen Weltraumbahnhof Baikonur aus erfolgreich gestartet. Kurz danach konnten die Inbetriebnahme des Satelliten sowie des Radar-Instrumentes planmäßig abgeschlossen werden, so dass TerraSAR-X Anfang 2008 den operativen Betrieb aufnahm. Seitdem haben der Satellit und das Instrument ihre außerordentliche Leistungsfähigkeit vielfach unter Beweis gestellt: Es wurden viele tausend Aufnahmen erfolgreich durchgeführt und zu Bildprodukten weiter verarbeitet, deren Qualität die ursprünglichen Anforderungen oft deutlich überschreitet. Besonders hervorzuheben ist die hohe Stabilität des Sensors, die große Genauigkeit der Kalibrierung sowie die extrem gute Positionsgenauigkeit der Produkte. Das erste Bildprodukt konnte in Rekordzeit von 4 Tagen nach dem Start vorgelegt werden, seitdem zeichnet sich die Mission durch einen reibungslosen Betriebs- und Produktionsablauf aus.

Die folgenden Radaraufnahmen zeigen beispielhaft einige der ersten Ergebnisse der TerraSAR-X-Mission.

*TerraSAR-X is Germany's first national remote sensing satellite that has been 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. It 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.*

*The TerraSAR-X satellite was successfully launched from the Russian spaceport Baikonur on June 15th, 2007. Shortly after, the commissioning of the satellite and the radar instrument could be completed according to schedule thus enabling TerraSAR-X to start its operational service at the beginning of 2008. Since then the satellite and the instrument have proven their extraordinary performance in many cases. Many thousand data takes were successfully acquired and further processed into image products, the quality of which often significantly exceeds the original requirements. The high stability of the sensor, the high precision of calibration as well as the extremely good position accuracy must be emphasized. The first image could be presented in record time four days after launch, since then the mission can be characterized by its smooth operation and production process.*

*The following radar images exemplify some of the first results of the TerraSAR-X mission.*







Aufnahmedatum: 19. Juni 2007  
Originalauflösung: 3 Meter  
Modus: Stripmap Mode  
Polarisation: HH  
Einfallswinkel: 51,7 Grad

Erste TerraSAR-X-Aufnahme:  
Tsimlyanskoye-Stausee in Russland

*First TerraSAR-X image:  
Tsimlyanskoye Impounding Reservoir in Russia*

## Erste Ergebnisse

### Russland – westlich von Wolgograd

Das erste TerraSAR-X-Bild, das vom Deutschen Zentrum für Luft- und Raumfahrt (DLR) in Oberpfaffenhofen am 19. Juni 2007 prozessiert wurde, zeigt eine Region in der südrossischen Steppe, etwa 500 Kilometer nordöstlich des Schwarzen Meeres und circa 50 Kilometer westlich von Wolgograd.

Im Zentrum des Bildes ist der Tsimlyanskoye-Stausee zu erkennen. Hier wird der Fluss Don aufgestaut und das Wasser zur Stromgewinnung genutzt. Etwa in der Mitte der Aufnahme gibt es eine Eisenbahnbrücke über den aufgestauten Fluss Don. Von dort zieht sich eine Bahnlinie entlang dem linken Seeufer durch das Bild.

Während der obigen Aufnahme herrschte dichte Bewölkung. Mit optischen Sensoren wären unter diesen Bedingungen keine Bilder entstanden. Außergewöhnlich starker Niederschlag, etwa heftige Gewitterschauer, können aber selbst Radaraufnahmen beeinträchtigen. Ein derartiges Ereignis ist im oberen rechten Bildbereich als heller Schleier zu erkennen.

## First Results

### Russia – west of Wolgograd

*The first TerraSAR-X image processed by the German Aerospace Center (DLR) in Oberpfaffenhofen on June 19th, 2007 shows a region in the South Russian steppe, approx. 500 kilometers north-east of the Black Sea and approx. 50 kilometers west of Wolgograd.*

*In the center of the image the Tsimlyanskoye reservoir can be seen. Here the river Don is impounded and the water is used for power generation. Approximately in the center of the image a railroad bridge crosses the impounded river Don. From there, a railroad line alongside the left lakeside crosses the image.*

*The above image was taken at thick cloud coverage. No images could have been generated with optical sensors under these conditions. However, extraordinarily heavy precipitation like heavy thunder showers could even compromise radar images. Such a result can be seen as a light fog in the upper right section of the image.*





Aufnahmedatum: 21. Dezember 2007 (grün)  
1. Januar 2008 (blau)  
12. Januar 2008 (rot)

Originalauflösung: 1 Meter  
Modus: HR Spotlight Mode  
Polarisation: HH  
Einfallswinkel: 21 Grad

TerraSAR-X-Aufnahme von Sydney, Australien  
*TerraSar-X image of Sydney, Australia*

### Sydney, Australien

Zu den besonderen Fähigkeiten des TerraSAR-X-Satelliten gehört der Spotlight-Modus, mit dem Bilder der Erdoberfläche mit hoher Auflösung von bis zu einem Meter aufgenommen werden können. Hier wird eine hochaufgelöste „Spotlight repeat pass“-Szene von Sydney gezeigt. Die Farben im Bild setzen sich aus Aufnahmen vom 12. Januar 2008 (rot), 21. Dezember 2007 (grün) und 1. Januar 2008 (blau) zusammen. Objekte, die sich zwischen den Aufnahmen nicht verändert haben, erscheinen weiß. Objekte, die nur auf einer der drei Aufnahmen erfasst wurden – wie das (grüne) Schiff nahe der Brücke – erscheinen in der jeweiligen Farbe für den entsprechenden Aufnahmezeitpunkt. Die Radar-Reflexion der Wasseroberfläche ist bei den drei Aufnahmen unterschiedlich, was die besonderen Farbeffekte zur Folge hat. In der Bildmitte ist die beeindruckende Harbour Bridge in Sydney zu sehen.

### Sydney, Australia

*One of the special features of the TerraSAR-X satellite is the Spotlight Mode, providing images of the Earth's surface with a high resolution of up to one meter. The image shows a high-resolution "Spotlight repeat pass" scene of Sydney. The colors shown on the image are composed of images taken on January 12th, 2008 (red), December 21st, 2007 (green), and January 1st, 2008 (blue). Objects that did not change between the data takes appear in white. Objects having been present only in one of the three takes – like the (green) ship near the bridge – appear in the respective color used for this day. The radar reflection of the water surface is different for the three takes, which results in the special color effects. In the center of the image the impressive Harbour Bridge in Sydney can be seen.*





300 MHz – High Resolution Spotlight-Aufnahme des Flughafens Frankfurt

300 MHz – High Resolution Spotlight Image of the Frankfurt Airport

### Frankfurter Flughafen

Ein weiteres Beispiel für die Fähigkeiten des Spotlight Modus ist die hier abgebildete Aufnahme des Frankfurter Flughafens. Für das Bild wurden drei Aufnahmen zu unterschiedlichen Zeitpunkten kombiniert, die jeweils unterschiedlich farblich verschlüsselt waren (18. September 2007 (rot), 29. September 2007 (blau), 10. Dezember 2007 (grün)).

Im Bild sind die Flughafengebäude, die Start- und Landebahnen sowie die Taxiways gut erkennbar. Die am Flughafen herrschende Aktivität ist insbesondere durch die farbig erscheinenden beweglichen Objekte wie Flugzeuge, Autos und Container zu erkennen.

### Dubai, The World Islands

Vor der Küste Dubais, vier Kilometer entfernt von Jumeirah, entstehen seit einigen Jahren „The World Islands“. Zwischen dem Siebensternehotel Burj Al Arab und Port Rashid nahe der ersten, ebenfalls künstlichen Palmeninsel „The Palm Jumeirah“ entstehen auf einer Fläche von 9 mal 6 Kilometern 300 kleinere, in Form einer Weltkarte angeordnete Inseln. Die Aufnahme des TerraSAR-X-Satelliten der „World Islands“ dokumentiert den Ausbauzustand zum Zeitpunkt der Aufnahme im Sommer 2007. Sehr gut sind insbesondere auch Wellenstrukturen auf dem Meer zu erkennen. Die obere Abbildung der „Palm Jumeirah“ ist eine Überlagerung zweier Aufnahmen zu unterschiedlichen Zeitpunkten vom Juni 2007 (rot) und April 2008 (grün). Unterschiede sind blau dargestellt und geben die Veränderungen in der Zwischenzeit wieder.

### Frankfurt Airport

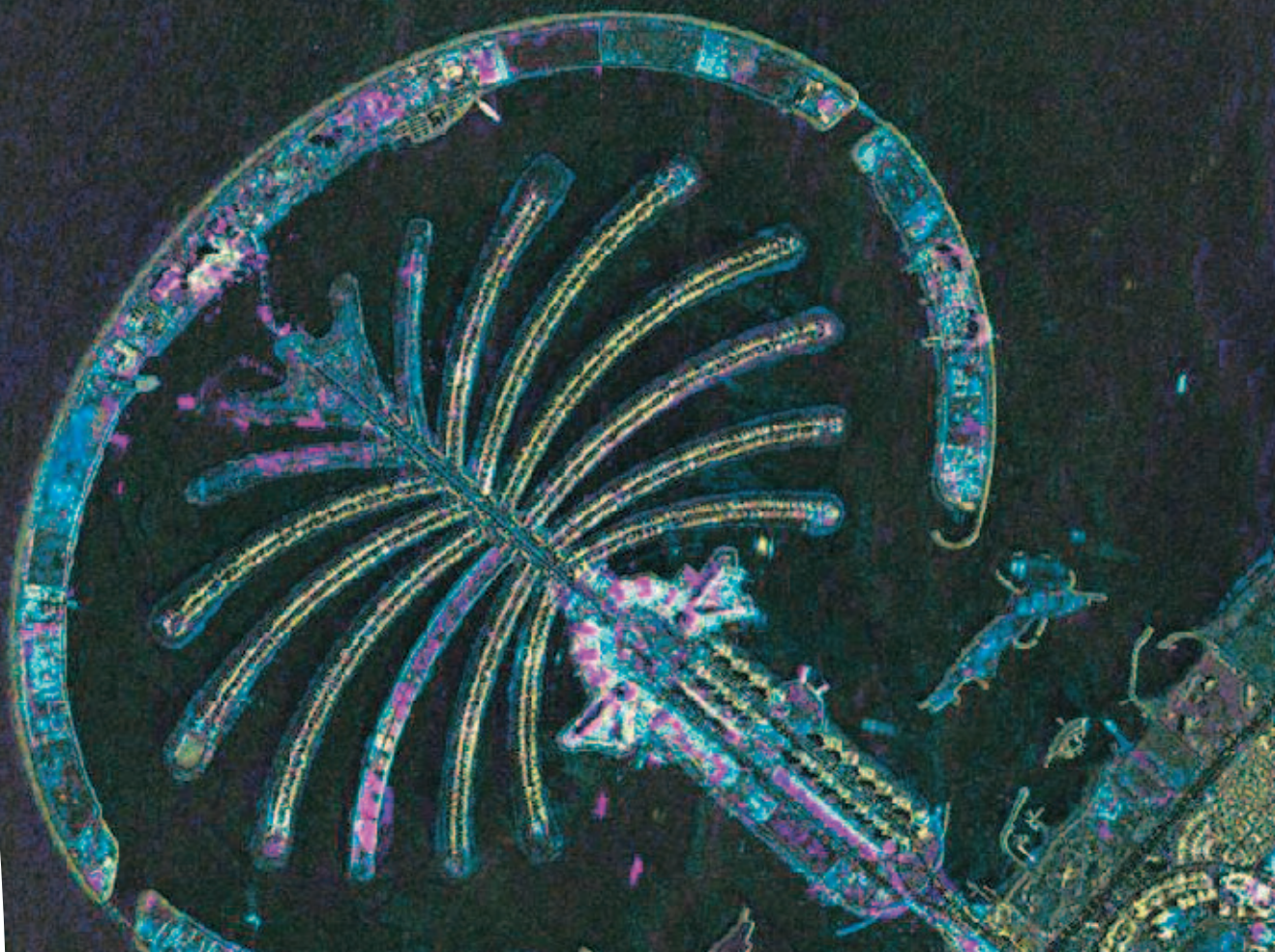
*Another example for the capabilities of the Spotlight Mode is the image of the Frankfurt Airport as shown here. The image represents a combination of three data takes at different points in time, each being encoded in a different color (September 18th, 2007 (red), September 29th, 2007 (blue), and December 10th, 2007 (green)).*

*The airport terminals, airstrips and taxiways are clearly visible on the image. The prevailing activities at the airport are depicted by the color-coded objects, like aircraft, cars, and containers.*

### Dubai, The World Islands

*Off the coast of Dubai, at a distance of four kilometers to Jumeirah, "The World Islands" have been built for some years. Between the 7-star hotel Burj Al Arab and Port Rashid near the first, also artificial palm island "The Palm Jumeirah", 300 smaller islands, arranged in the shape of a world map, are being created on an area of 9 by 6 kilometers. The images of the "World Islands" taken by the TerraSAR-X satellite document the state of construction at the time of the data take in summer 2007. In particular, the wave structures at sea are clearly visible. The upper image of the "Palm Jumeirah" is an overlay of two data takes at different times in June 2007 (red) and April 2008 (green). The differences are shown in blue and represent the changes that occurred in between.*





Aufnahmedatum: 26. Juni 2007 (rot),  
7. April 2008 (grün)  
Differenz (blau)  
Modus: Stripmap Mode  
Polarisation: VV

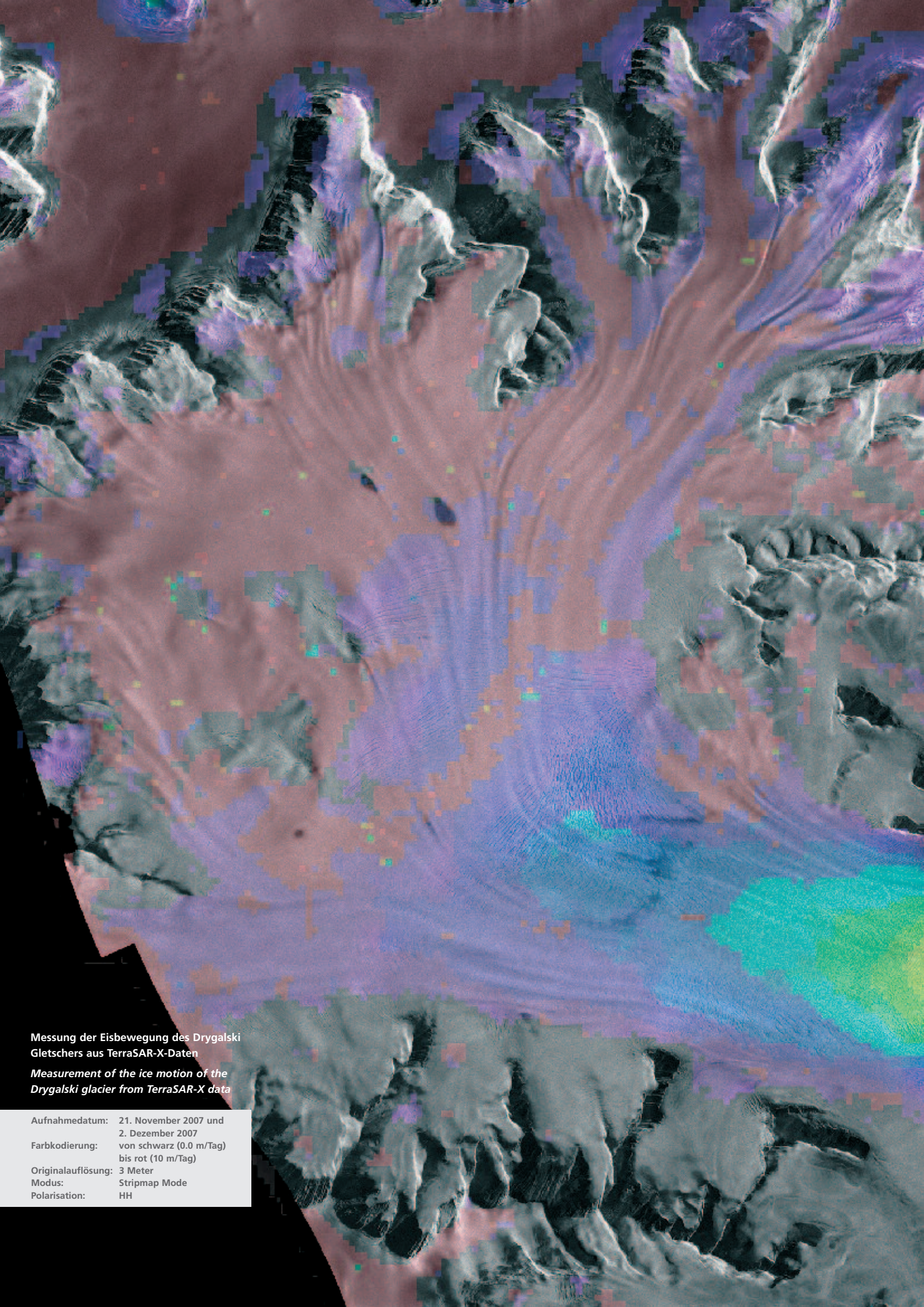
TerraSAR-X-Aufnahme der Palmeninsel „Palm Jumeirah“, Dubai  
*TerraSAR-X image of the palm island "Palm Jumeirah", Dubai*

Aufnahmedatum: 7. Juli 2007  
Originalauflösung: 2 Meter  
Modus: Spotlight Mode  
Polarisation: HH

TerraSAR-X-Aufnahme der „World Islands“, Dubai  
*TerraSAR-X image of the "World Islands", Dubai*





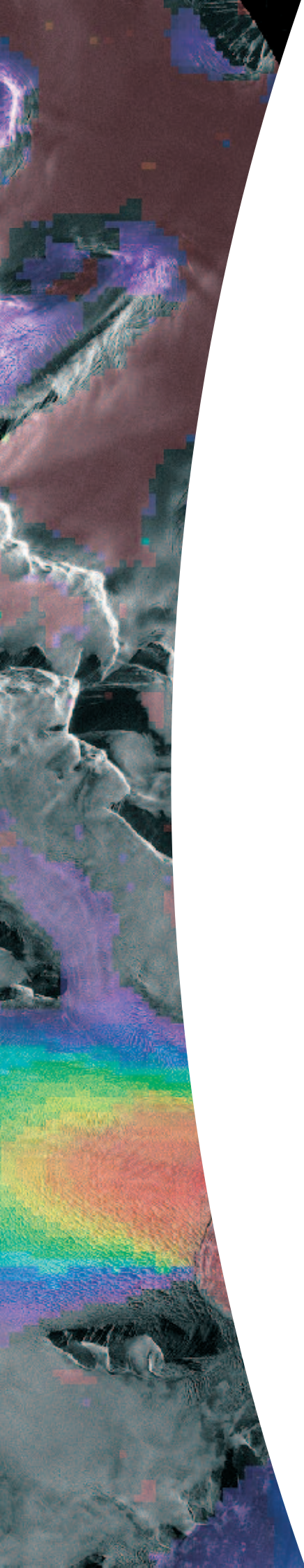


Messung der Eisbewegung des Drygalski  
Gletschers aus TerraSAR-X-Daten

*Measurement of the ice motion of the  
Drygalski glacier from TerraSAR-X data*

Aufnahmedatum: 21. November 2007 und  
2. Dezember 2007  
Farbkodierung: von schwarz (0.0 m/Tag)  
bis rot (10 m/Tag)  
Originalauflösung: 3 Meter  
Modus: Stripmap Mode  
Polarisation: HH





## Anwendungsbeispiele und experimentelle Modi

TerraSAR-X-Produkte können für eine Vielzahl von Anwendungen genutzt werden. Darüber hinaus konnten inzwischen aber auch erste experimentelle Testaufnahmen erfolgreich durchgeführt werden: Dazu gehören Aufnahmen im sogenannten Dual-Receive Antenna Mode, mit dem u. a. Bewegungsmessungen gemacht als auch voll-polarimetrische Daten erhoben wurden. Zudem konnte erstmals der sogenannte TOPS-Mode demonstriert werden, ein neues Verfahren, um Aufnahmen in besonders breiten Streifen mit hoher Qualität aufzunehmen.

### Beispiel Eisforschung

Der Drygalski Gletscher (1.050 Quadratkilometer) befindet sich an der Ostküste der Antarktis oberhalb des früheren Larsen-A Eisschelfs, das im Januar 1995 auseinanderbrach. Die Änderungen der Eisdynamik in der Region nach diesem Vorfall sind von besonderem Interesse. TerraSAR-X ermöglichte erstmals seit 1995 die Messung der Eisbewegung des Drygalski Gletschers, die eine deutliche Zunahme des Eistransports zeigte.

TerraSAR-X trägt mit Datenaufnahmen über den Polen im Rahmen verschiedener wissenschaftlicher Vorhaben zum Internationalen Polarjahr 2007-2008 bei, die durch einzelne Wissenschaftler oder größere Gruppen wie die World Meteorological Organization (WMO) koordiniert werden.

## Examples of Application and Experimental Modes

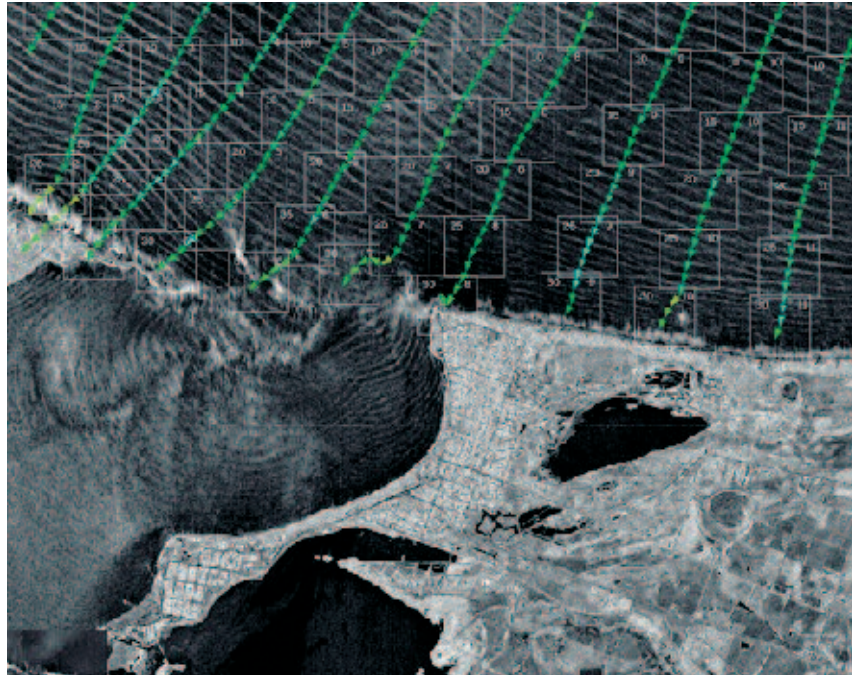
*TerraSAR-X products can be used for a variety of applications. Moreover, the first experimental data acquisitions have been successfully completed, among them data takes in the so-called Dual-Receive Antenna Mode, which allows motion measurements as well as fully polarimetric data acquisitions. In addition, the so-called TOPS-Mode could be demonstrated for the first time, a new method for imaging particularly wide swathes with high quality.*

### Example Glaciology

*The Drygalski glacier (1,050 square kilometers) is located on the east coast of the Antarctic Peninsula above the previous Larsen-A ice shelf which collapsed in January 1995. The changes of ice dynamics in the region after this event are of particular interest. For the Drygalski glacier TerraSAR-X enabled for the first time since 1995 the mapping of ice motion down to the glacier front showing a significant increase of ice export.*

*TerraSAR-X contributes to the International Polar Year (IPY) 2007-2008 with data acquisitions over polar sites carried out within various science proposals, coordinated by individual scientists or larger groups like the World Meteorological Organization (WMO).*

Beugung von Seegang an der Einfahrt in die Bucht von Melbourne  
*Diffraction of swell at the entrance of the Bay of Melbourne*



#### Beispiel Meeresforschung

Mit TerraSAR-X-Bildern kann der Seegang küstennah bis zu einer Wellenlänge von zehn Metern vermessen werden. Damit kann unter anderem das Auflaufen des Seegangs verfolgt werden, wodurch Rückschlüsse auf vorhandene Unterwasserwälle möglich sind. Auf diesen bricht sich der Seegang, damit kann die Unterwassertopographie bestimmt werden. Die Interaktion von Seegang mit der Strömung kann bis in Flussmündungen hinein verfolgt werden.

Die Abbildung zeigt eine Spotlight-Aufnahme des Eingangs in die Bucht von Melbourne. Auf die Küste läuft eine etwa 250 Meter lange Dünung zu. Der Seegang verkürzt sich durch seine Interaktion mit der Bodentopographie und wird auf die Küste zu gebeugt. In der Einfahrt zur Bucht sind die Beugungsmuster des Seegangs erkennbar.

Dem TerraSAR-X-Bild überlagert sind die Beugungsstrahlen des Seegangs. An Küstenabschnitten, an denen sich die Seegangenergie konzentriert, ist die Verstreuung im TerraSAR-X-Bild durch Brechung höherer Wellen messbar.

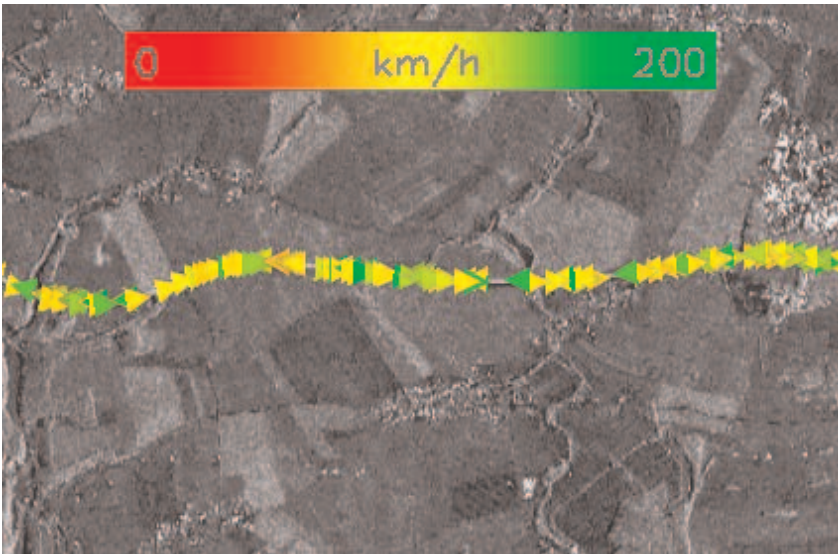
#### Example Oceanography

*Using TerraSAR-X images, the offshore swell can be measured up to a wavelength of 10 meters. This allows, among other things to track the accumulation of the swell, thus enabling conclusions to existing underwater walls. On these walls the swell is broken and thus the underwater topography can be determined. The interaction of swell and current can be tracked into the estuaries.*

*The picture shows a Spotlight Image of the entrance of the Bay of Melbourne. A groundswell of approx. 250 meters is approaching the coast. The swell is reduced by its interaction with the ground topography and is diffracted towards the coast. The diffraction patterns of the swell can be seen at the entrance of the bay.*

*The diffraction rays have been layed over the TerraSAR-X image. At coast sections, where the swell energy is concentrated, the streaking in the TerraSAR-X image caused by breaking of higher waves can be measured.*





Verkehrsströme auf der A4 mit farblich kodierter Geschwindigkeitsverteilung von Fahrzeugen  
*Traffic flows on the A4 with color coded velocity distribution of vehicles*

### Beispiel Verkehrsdatenerfassung

In vielen Industrieländern sind heute Verkehrsinformationssysteme im Einsatz, die den Verkehrsteilnehmern eine Optimierung der Routenwahl erlauben. Da die zugrunde liegenden Sensoren wie Induktionsschleifen, Kameras und Floating Cars jedoch oft nur lückenhaft bzw. punktuell zur Verfügung stehen, ist eine Verifizierung dieser Systeme von Interesse. Hier kann der TS-X wichtige Informationen liefern. Ebenso bei Naturkatastrophen, wo es um die Frage geht, welche Straßen noch befahrbar sind. Durch die weltweite Abdeckung des Satelliten besteht kein Mangel an Einsatzgebieten.

Der hier abgebildete Szenen-Ausschnitt liegt westlich von Dresden und wurde mit einem speziellen TerraSAR-X-2-Kanalmode (Dual-Receive Antenna Mode) aufgenommen. Die Radardaten des rund 15 x 4 Kilometer großen Gebiets sind mit dem TerraSAR-X-Traffic Processor (TTP) automatisch verarbeitet worden. Er erlaubt eine Aufspürung und Vermessung von bewegten Objekten. In diesem Beispiel beschränkte sich die Verkehrsmessung auf die in Ost-West-Richtung verlaufende Autobahn A4. Es wurden 293 Fahrzeuge, in der Mehrzahl LKWs, automatisch erkannt und deren Geschwindigkeit bestimmt. Der insgesamt verarbeitete Streifen war mehr als 40 Kilometer lang. Die Aufnahme entstand am Mittwoch, 22. April 2009 um 7:17 Uhr Ortszeit.

### Example Traffic Monitoring

*Today many industrial countries make use of traffic information systems allowing the traffic participants to optimize their selected route. Since the sensors they are based on, like induction loops, cameras and floating cars, are often limited or only sporadically available, a verification of these systems is required. Here, TS-X can provide valuable information. The same applies to natural disasters where it is important to know, which roads are still fit for traffic. Due to the worldwide access of the satellite there is no lack of application areas.*

*The scene detail depicted here is located west of Dresden and has been taken by means of the special TerraSAR-X Dual-Receive Antenna Mode. The radar data of the area covering about 15 x 4 kilometers have been automatically processed with the TerraSAR-X Traffic Processor (TTP). It allows tracking and measurement of moving objects. In this particular example the traffic measurement was limited to the freeway A4 in east-west-direction. 293 vehicles, mostly trucks, were automatically recognized and their velocity was determined. The total strip processed was more than 40 kilometers long. The image was taken on Wednesday, April 22nd, 2009 at 7:17 a.m. local time.*





Aufnahmedatum: 6. August 2008  
Originalauflösung: 3 Meter  
Modus: Stripmap, voll polarimetrischer Modus  
Polarisation: rot=HH, grün=VV, blau=(HV+VH)/2

Voll polarimetrische TerraSAR-X-Aufnahme  
nördlich von München

*Fully polarimetric TerraSAR-X image north  
of Munich*



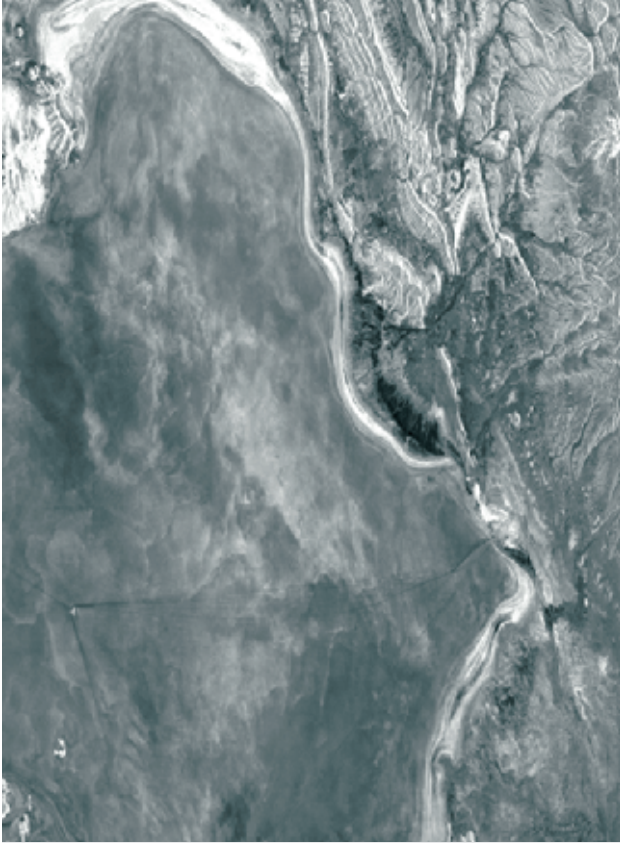


### Beispiel vollpolarimetrischer Modus

Eine der ersten TerraSAR-X-Aufnahmen im experimentellen, voll polarimetrischen Modus wurde ungefähr 130 Kilometer nördlich von München in der Region Deggendorf aufgenommen (das Bild ist im Norden begrenzt durch die Donau und im Südosten durch die Isar). Das Gebiet repräsentiert eine typische landwirtschaftlich genutzte Gegend mit einigen kleinen Wäldern und kleineren Dörfern. Die Nutzung der SAR Polarimetrie verbessert den Informationsgehalt der Aufnahme, da es so möglich wird, verschiedene Streumechanismen innerhalb einer Auflösungszelle zu unterscheiden. Außerdem ist das Verfahren sensitiv für die Geometrie und die Materialeigenschaften der aufgenommenen Objekte. Dies kann sehr gut an dem farbigen Bild gezeigt werden, wo die verschiedenen Polarisationskanäle durch unterschiedliche Farben dargestellt sind (rot=HH, grün=VV und blau=(HV+VH)/2). Die landwirtschaftlichen Gebiete werden durch eine Vielzahl unterschiedlicher Farben wiedergegeben, die verschiedenen Fruchtständen entsprechen: grüne Felder sind nicht bewachsen, rote Felder werden durch Wechselwirkung zwischen dem Boden und den Pflanzenhalmen verursacht und blaue Felder sind dicht bewachsen. Felder, in denen alle genannten Eigenschaften in einer Auflösungszelle auftreten, erscheinen weiß.

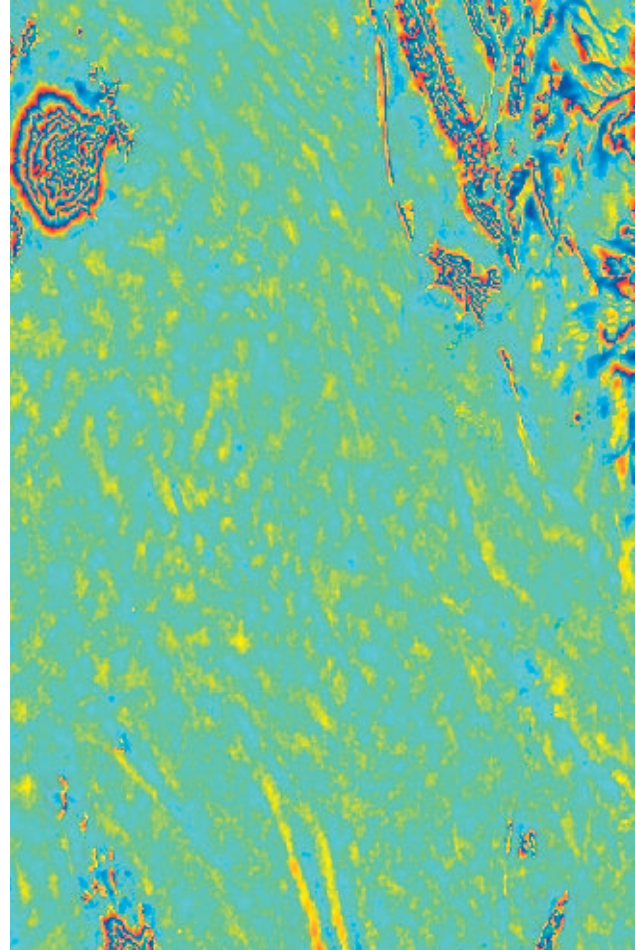
### Example Fully Polarimetric Mode

*One of the first TerraSAR-X images acquired in the experimental fully polarimetric mode has been taken in the region of Deggendorf, approximately 130 kilometers north of Munich (the image is bordered in the north by the river Danube and in the south-east by the river Isar). The area represents a typical region for agricultural use with some small forests and smaller villages. Using SAR polarimetry enhances the information content of the image, since it is possible to differentiate between the different scattering mechanisms within one resolution cell. Moreover, the method is sensitive to geometries and material properties of the illuminated objects. This can be shown very well by the colored image where the different polarization channels are represented by different colors (red=HH, green=VV, and blue=(HV+VH)/2). The agricultural regions are depicted by a variety of different colors representing the different crop growth status: green fields are not covered with vegetation, red fields are caused by interactions between the soil and the plant spears, and blue fields are abundantly covered with vegetation. Fields where all properties are present in one resolution cell appear in white.*



Aufnahme­datum: 10. Oktober 2007  
 Originalauflösung: 16 Meter  
 Szenengröße: 74 Kilometer x 110 Kilometer  
 Modus: experimentell TOPS

**TOPS Amplitudenbild des Uyuni Salz­sees in Bolivien**  
*TOPS amplitude image of the Uyuni salt lake, Bolivia*



**TOPS interferometrisches Phasenbild über dem Uyuni Salz­see, Bolivien**  
*TOPS interferometric phase image over the Uyuni salt lake, Bolivia*

### Beispiel TOPS-Modus

Der TOPS (Terrain Observation with Progressive Scan) Modus ist ein neuer und viel versprechender SAR Modus zur Aufnahme von sehr breiten Szenen, der viele Vorteile gegenüber dem bisher dafür verwendeten Standard-Modus ScanSAR besitzt. TOPS ist daher von der Europäischen Weltraumorganisation (ESA) auch für ihr zukünftiges SAR System Sentinel-1 als der Standard-Modus ausgewählt worden. Zwei TOPS-Aufnahmen wurden über einem flachen Gebiet mit hoher Übereinstimmung aufgenommen. Das Gebiet zeigt den Uyuni-See in Bolivien, einer der größten Salzseen der Erde. Die Aufnahmen wurden am 10. und 21. Oktober 2007 durchgeführt. Die erste Aufnahme ist im linken Bild gezeigt. Das Bild rechts zeigt das aus der Kombination der beiden Aufnahmen erstellte Interferogramm. Mit TerraSAR-X wurden TOPS-Modus sowie TOPS-Interferometrie zum ersten Mal demonstriert.

### Example TOPS Mode

*The TOPS (Terrain Observation with Progressive Scan) mode is a new and promising mode of wide swath SAR operation for future SAR satellite missions which overcomes the drawbacks of the actual standard wide swath mode ScanSAR. TOPS has been selected as the baseline mode for ESA's coming Sentinel-1 SAR system. Two TOPS data takes have been acquired over a flat and high coherent region. The chosen area is the Uyuni salt lake, Bolivia, one of the largest in the world. The data takes were recorded on October 10th, 2007 and October 21st, 2007. The first data take is shown on the image on the left. The image on the right shows the interferogram generated by combining both acquisitions. With TerraSAR-X the TOPS mode and TOPS interferometry were demonstrated for the first time.*



## 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 are 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.*



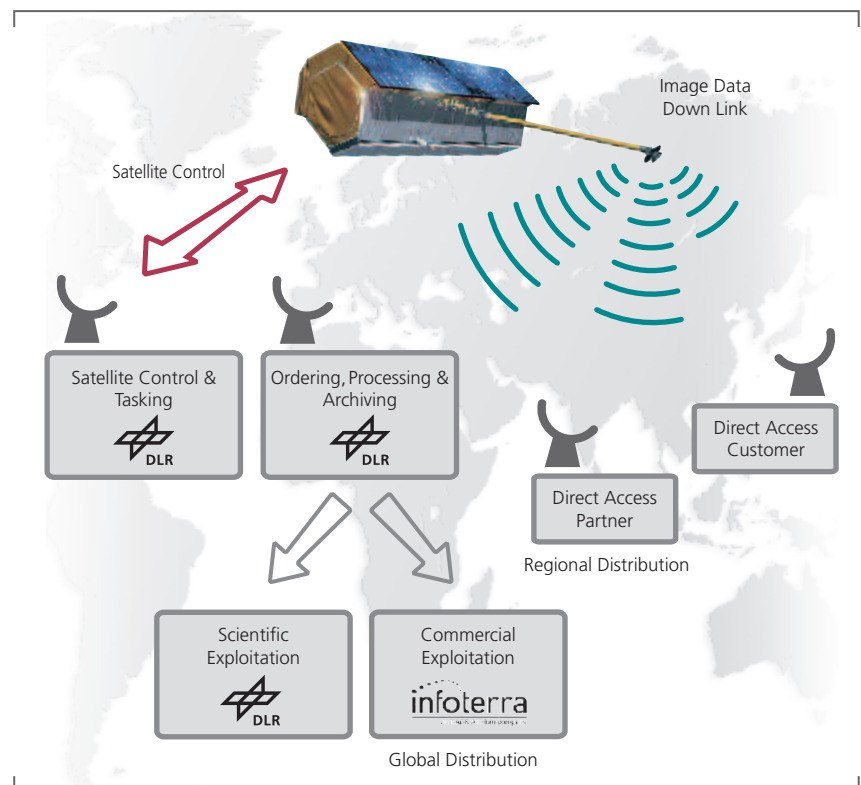
Das Wilkins-Eisschelf in der Antarktis nach dem Kollaps der Eisbrücke, aufgenommen von TerraSAR-X am 6. April 2009  
 The Wilkins Ice Shelf in the Antarctic after the ice bridge had collapsed, imaged by TerraSAR-X on April 6th, 2009

Bei TerraSAR-X wird hierfür ein moderner Radarsensor benutzt, ein sogenanntes „Synthetic Aperture 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 wurde 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 Zustands 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.

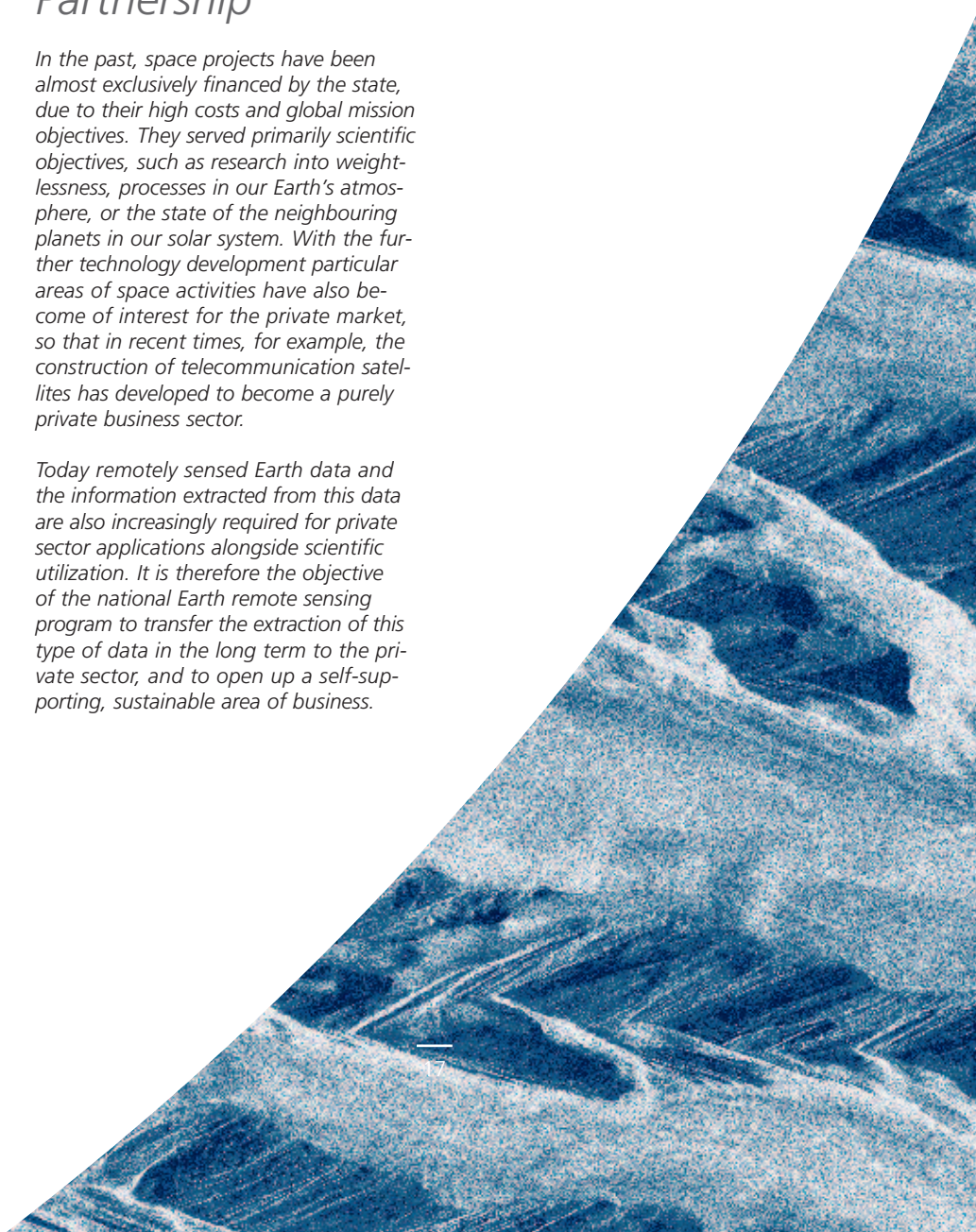
Heute werden auch Fernerkundungsdaten der Erde und daraus gewonnene Informationen neben der wissenschaftlichen Nutzung zunehmend für privatwirtschaftliche Anwendungen benötigt. Daher ist es das Ziel des nationalen Erdkundungsprogramms, die Erhebung derartiger Daten langfristig in privatwirtschaftliche 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, has been implemented in a so-called public-private partnership between the German Aerospace Center (DLR) and EADS Astrium GmbH.*

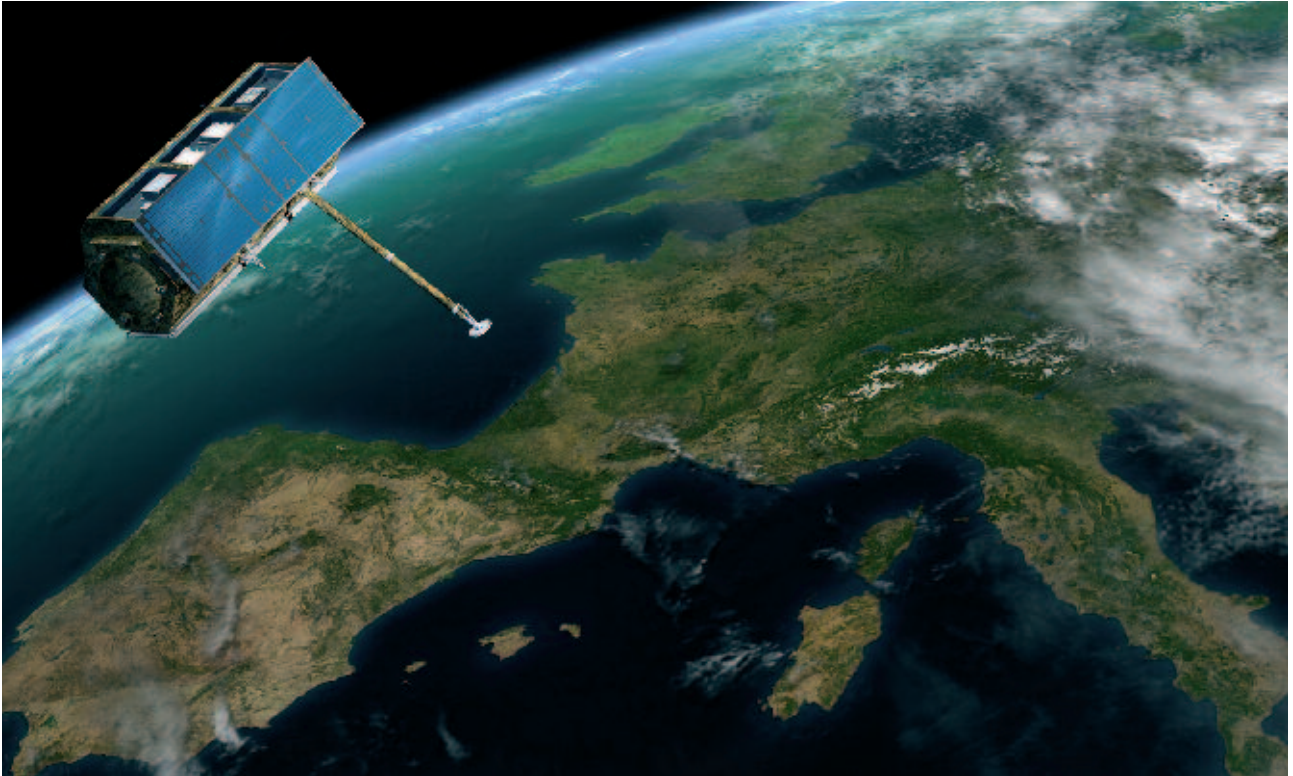
## Public-Private Partnership

*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 wurde 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 has been 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 Bodensegments 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 hat 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, verpflichtet. Gegen Gewährung der exklusiven, kommerziellen Nutzungsrechte für die TerraSAR-X-Daten hat sich EADS Astrium an den Entwicklungskosten des Satelliten beteiligt. Darüber hinaus beteiligt sich EADS Astrium in der Betriebsphase umsatzabhängig an den Satellitenbetriebskosten des DLR und hat erhebliche Beiträge in den Aufbau des Vertriebssystems und die Vermarktung der Satellitendaten und Produkte investiert. Bei erfolgreicher Geschäftsentwicklung wird die EADS Astrium GmbH zudem nach Ablauf der Lebensdauer des Satelliten ein Nachfolgesystem finanzieren und so die Nachhaltigkeit des Geschäfts 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, 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.*

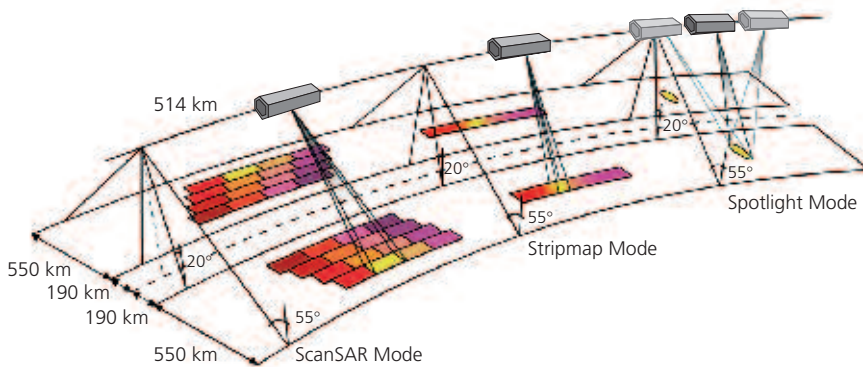
*EADS Astrium, on the other hand, has committed itself to the development of a commercial service system and to the commercialization of the TerraSAR-X data and products through Infoterra GmbH, a 100 % owned subsidiary of EADS Astrium. In exchange for the exclusive commercial utilization rights for the TerraSAR-X data EADS Astrium contributed to the development costs of the satellite. Moreover, in the operation phase EADS Astrium is contributing to the satellite operating costs of DLR and has significantly invested in the development of the service system and the marketing of the satellite data and products. With achievement of a successful business development, 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.

## *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 pul-*





Dieses kommt fiktiv einer sehr großen 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 satellitengestragenen 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.

*ses are not radiated vertically downward, 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.*

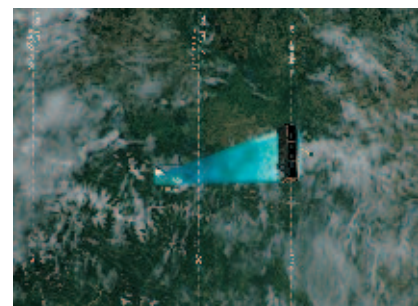
*The Spotlight Mode allows to achieve a very high geometric resolution in the flight direction. In this mode the radar beam is steered in flight direction in a way that the same target region is illuminated during the whole of the data recording sequence. In this way an increased target illumination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



Stripmap-Modus  
Stripmap Mode

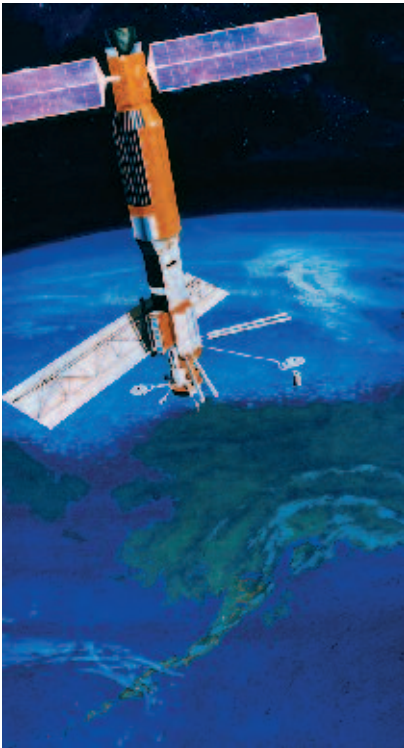


ScanSAR-Modus  
ScanSAR Mode

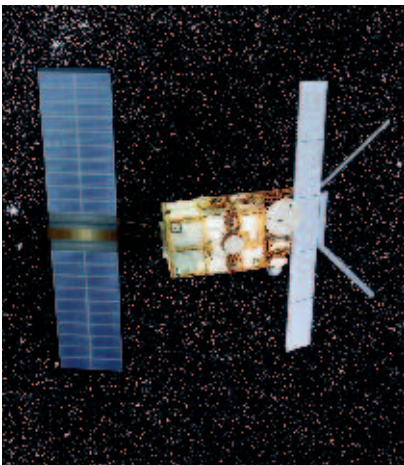


Spotlight-Modus  
Spotlight Mode





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 2013 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 2013.

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 colored photography or "colored radar waves". With this system, named SIR-C/IX-SAR ("Shuttle Imaging Radar-C/IX-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 centimeters wavelength) and C-band (5.7 centimeters) 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 centimeters) 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" program, 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 Wasserzyklus, 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 Radarsystem ins Visier genommen, zum einen aus der Ladebucht des Raumtransporters, zum anderen durch eine zusätzliche, am Ende eines 60 Meter langen Mastes angebrachte Radarantenne. 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 meters long and about 4 meters 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 meters with a height accuracy of 100 meters. The SRTM sensors were to improve this to 30 meters with a height accuracy of 6 meters. 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 meters 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 kommerzieller 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.*

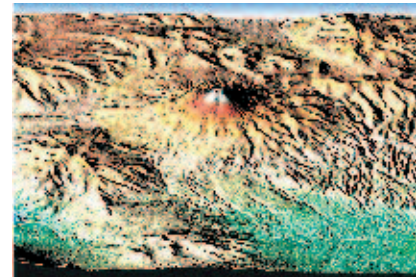
*Thanks to exact information concerning the contours of the Earth, scientists can, for example, predict along which routes the water flows on the surface of our planet. By means of “virtual flooding” of the digital landscape on the computer it is possible to simulate the effects of long duration rainfalls 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.*



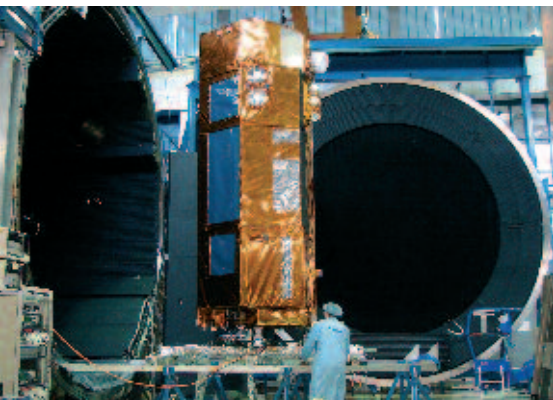
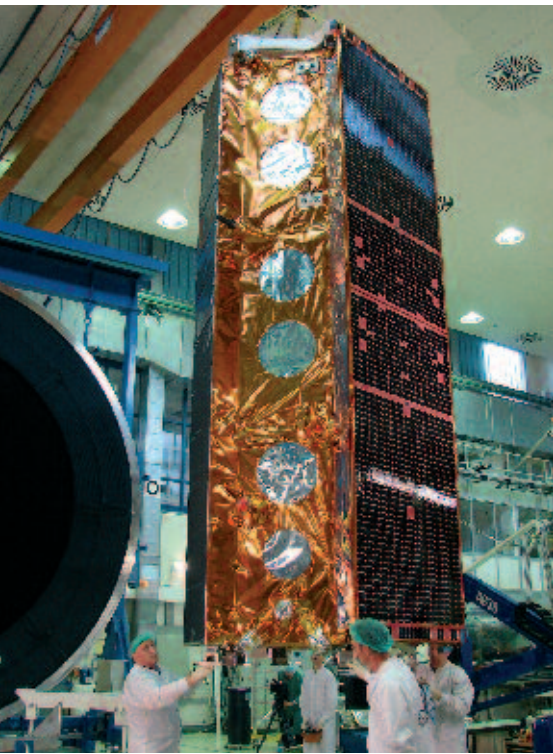
Höhenmodell des Cotopaxi in Ecuador aus SRTM Daten

*Elevation model of the Cotopaxi in Ecuador 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-present
SAR-Lupe	SAR-Lupe	BMVg (D)	X-band	2006-present
TerraSAR-X	TerraSAR-X	DLR/Astrium (D)	X-band	2007-present
CosmoSkymed	CosmoSkymed	ASI (I)	X-band	2007-present
RADARSAT-2	RADARSAT-2	CSA	C-band	2007-present
TanDEM-X	TanDEM-X	DLR/Astrium (D)	X-band	2009



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 circa 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-Instruments 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.

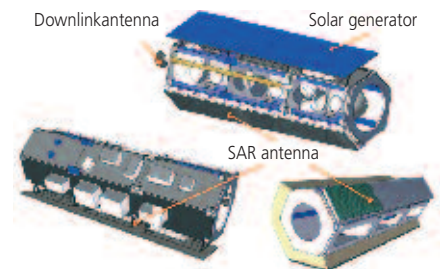
Die hochgenaue Lageregelung des Satelliten wird über Sternsensoren realisiert, die nahe der Radarantenne montiert sind, sodass die geforderte hohe Ausrichtgenauigkeit der Antenne von 65 Bogensekunden erreicht werden kann. Eine präzise Orbitbestimmung wird über einen an Bord befindlichen GPS-Empfänger 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 meters long and 2.4 meters wide satellite bus features a structure with a hexagonal cross-section. One of the six sides carries the 5 meters long and 80 centimeters 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 meters 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 meters 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 Aufnahmemethoden 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, phasengesteuerten 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.

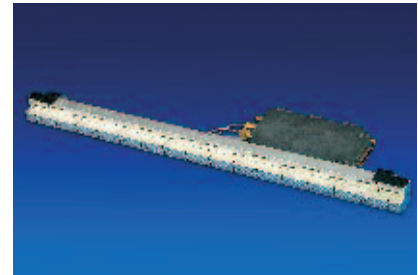
Die TerraSAR-X-Antenne kann in zwei Polarisationen, H (horizontal) und V (vertikal) operieren und besteht aus zwölf Paneelen mit jeweils 32 Hohlleiterschlitzzahlern. Jeder dieser Strahler ist mit einem Transmit/Receive Modul (TRM) ausgestattet, sodass die Gesamtantenne aus 384 TRMs besteht. Dies erlaubt 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 centimeters.*

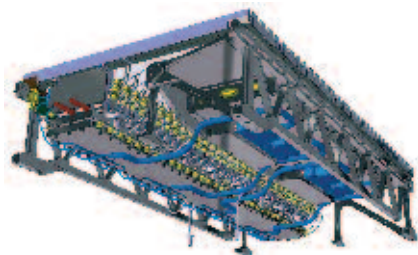
*The technology of the active, phase-controlled antenna enables a high flexibility and mission efficiency. While in case of passive systems the whole radar antenna or even the satellite must be rotated in order to align the antenna onto the target area, the active antenna of TerraSAR-X can steer its radar pulses in a certain direction. The antenna is 4.80 meters long and 80 centimeters 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.*



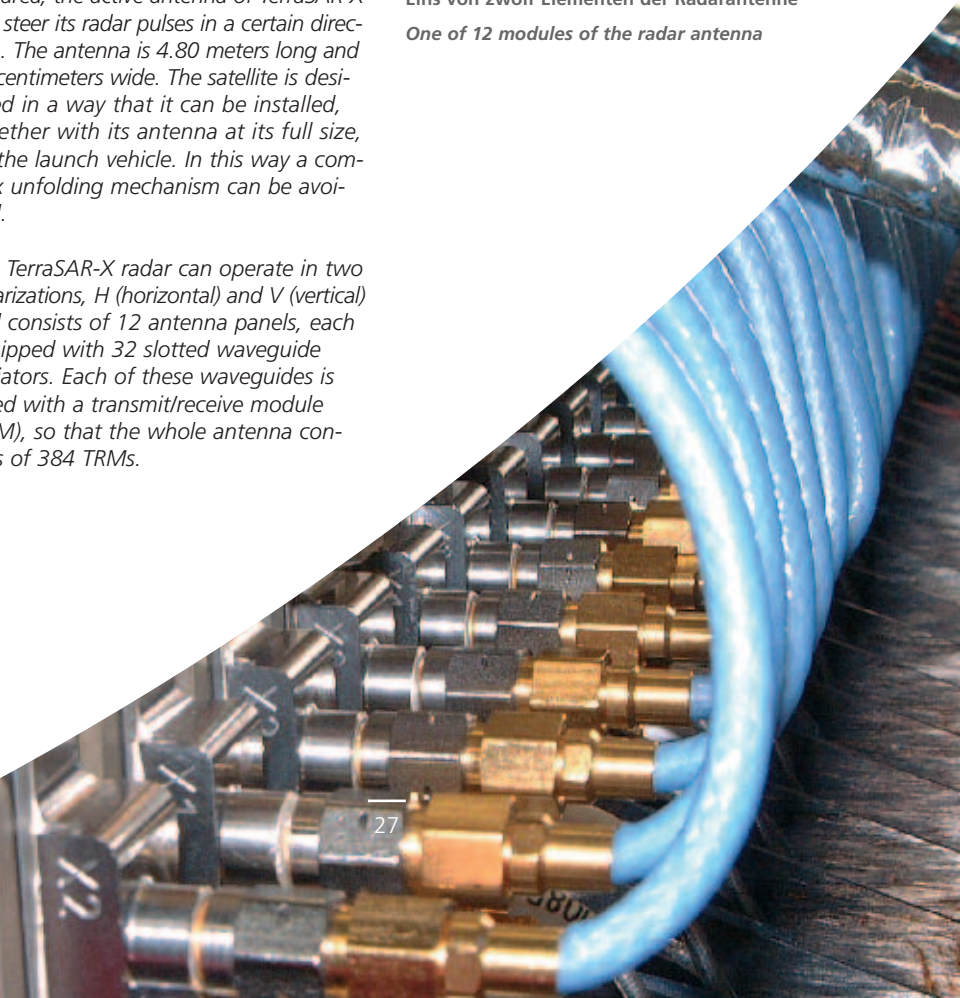
Einer von 384 Hohlleiterschlitzzahlern der Radarantenne

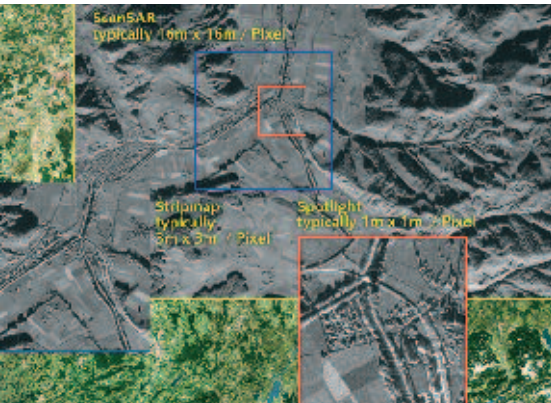
*One of 384 slotted waveguide elements of the radar antenna*



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 different 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 fünf bis zehn mal zehn Kilometern Größe. Dabei wird eine maximale Auflösung von bis zu einem Meter erreicht.
- Im Stripmap Mode tastet der Satellit einen Streifen von 30 Kilometern Breite und einer maximalen Länge von 1.500 Kilometern ab. Die Auflösung beträgt drei Meter.
- Im ScanSAR Mode wird ein Streifen von 100 Kilometern Breite und 1.500 Kilometern maximaler Länge mit einer Auflösung von 18 Metern abgetastet.

Die Elemente des SAR-Instruments 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  $0.75^\circ$  in the flight direction and  $20^\circ$  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 kilometers size. In this manner a maximum resolution of up to one meter is achieved.
- In the Stripmap Mode the satellite images a strip of 30 kilometers width and a maximum length of 1,500 kilometers. The resolution is 3 meters.
- In the ScanSAR mode a strip of 100 kilometers width and 1,500 kilometers maximum length is scanned with a resolution of 18 meters.

*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 wird. Mit dem vom DLR finanzierten und von der Firma TESAT gebauten Instrument konnte erstmals ein reproduzierbarer Datenaustausch zwischen den zwei niedrig fliegenden Satelliten TerraSAR-X und NFIRE mit einer Übertragungsrates von 5,5 Gigabit pro Sekunde erreicht werden. Außerdem konnten erfolgreich Daten zu einer Bodenstation übertragen werden. Später wird man über dieses neuartige Lasersystem operationell große Datenmengen zum Boden senden können. Diese Technologie ermöglicht prinzipiell einen extrem schnellen Datenaustausch über Relaisstationen rund um die Welt.

### Das Tracking, Occultation and Ranging Experiment (TOR)

Das TOR-Experiment wurde vom Geoforschungszentrum 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 hochexakte Bahnbestimmung des Satelliten mit bis zu wenigen 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.

## Secondary Payloads: LCT and TOR

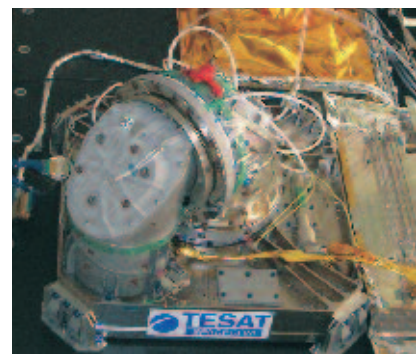
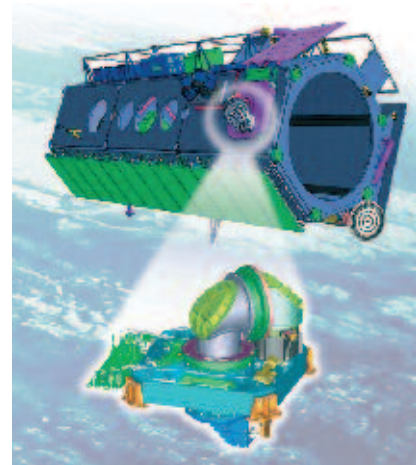
Alongside the SAR instrument two secondary payloads are flying on TerraSAR-X.

### The Laser Communication Terminal (LCT)

The LCT is a technology demonstrator that is 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 reproducible data exchange with a transmission rate of 5.5 gigabyte per second could be achieved for the first time between the two low-orbit satellites TerraSAR-X and NFIRE. Moreover, data could be successfully transmitted to a ground station. Later on, it will be possible to transmit large quantities of data operationally to the ground by means of this new type of laser system. 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 has been 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 of up to just a few centimeters, which enhances the quality of the radar images. IGOR is also used to conduct 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



TerraSAR-X Start auf DNEPR-1  
TerraSAR-X launch on DNEPR-1

Die Auswertung dieser Messungen erlaubt Aussagen über 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-Messnetzwerks der genaue Abstand des Satelliten zu den einzelnen Empfangsstationen messen, was ebenfalls eine genaue Bahnbestimmung unterstützt.

## Start und Orbit

TerraSAR-X ist am 15. Juni 2007 erfolgreich auf einer russisch-ukrainischen DNEPR-1 Trägerrakete vom Weltraumbahnhof Baikonur in Kasachstan gestartet worden. Diese ehemals als SS-18 bekannte Interkontinentalrakete wurde in Folge des START-II Vertrags in eine zivile Trägerrakete umgewandelt. Sie hat TerraSAR-X in einen 514 Kilometer hohen, nahezu polaren Orbit gebracht. Die Umlaufbahn wurde 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, nimmt der Satellit alle Regionen der unter ihm rotierenden Erde streifenweise auf, 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

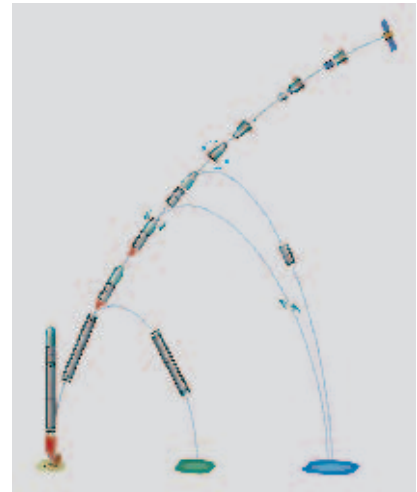
*On June 15th, 2007, TerraSAR-X was successfully launched on a Russian/Ukrainian DNEPR-1 launch vehicle from the Baikonur cosmodrome in Kazakhstan. The intercontinental ballistic missile, previously known as the SS-18, has been converted as a consequence of the START II treaty into a civilian launch vehicle. It delivered TerraSAR-X into a 514 kilometers high, near-polar orbit. The orbit was 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 images all regions of the Earth in a stripwise 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 are encrypted to prevent unauthorized access.*

*The data obtained are 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

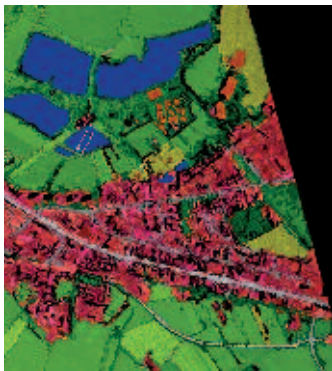
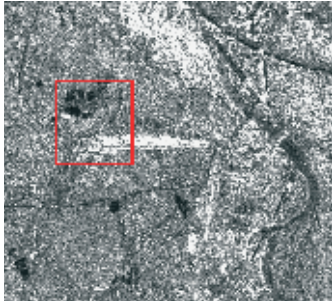
TerraSAR-X	
Start	15. Juni 2007
Ort	Baikonur, Kasachstan
Trägerrakete	DNEPR-1
Orbithöhe	514 Kilometer
Inklination	97,44 Grad
Satellitenmasse	ca. 1.230 Kilogramm
Satellitengröße	5 Meter Höhe x 2,4 Meter Durchmesser
Radarfrequenz	9,65 GHz
Energieverbrauch	800 Watt (gemittelt)
Missionsbetrieb	Deutsches Raumfahrtkontrollzentrum, Oberpfaffenhofen
Satellitenkommandierung	DLR-Bodenstation Weilheim
Datenempfang	DLR-Bodenstation Neustrelitz
Lebensdauer	mindestens 5 Jahre

## Technical Data

TerraSAR-X	
Launch	June 15th, 2007
Site	Baikonur, Kazakhstan
Launch vehicle	DNEPR-1
Orbit height	514 kilometers
Inclination	97.44 degree
Satellite mass	approx. 1,230 kilogram
Satellite size	5 meters height by 2.4 meters diameter
Radar frequency	9.65 GHz
Energy consumption	800 watt (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 meters 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 beeinträchtigenden 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 bietet TerraSAR-X für die Beobachtung städtischer Räume. 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 offers 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 hat den Detaillierungsgrad deutlich verbessert, 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 erlauben eine Verbesserung um den Faktor 10, das heißt Bewegungen von einem Millimeter werden messbar.

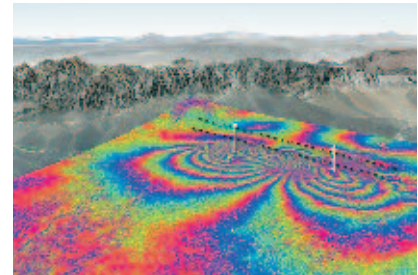
Für die Analyse von Bewegungen der Erdoberfläche sind die kurzen Wiederholungsraten der Überflüge ein weiterer Vorteil, da dies eine optimale Abstimmung der Messungen auf die Art und Geschwindigkeit der Bewegung zulässt. TerraSAR-X ist damit ein interessantes Instrument für

*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 meters that enable the separation of built-up areas from other types of land usage. The high resolution of TerraSAR-X has significantly improved 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.*

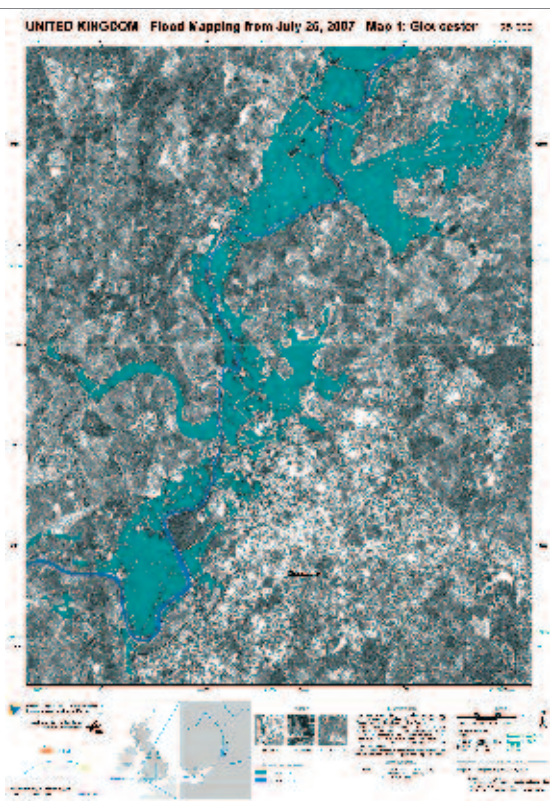
*This technique can be used for the derivation of height models – as for example with SRTM – or for the measurement of ground movements between two images displaced in time. Under favourable conditions today's systems can reliably measure movements up to one centimeter. The high resolution and frequency of TerraSAR-X allow an improvement by a factor 10, that is to say, movements of one millimeter 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. Dezember 2003. Die farbigen Linien repräsentieren durch das Erdbeben verursachte Verschiebungen der Erdoberfläche, gemessen durch das Envisat-ASAR Instrument**

*Impacts of the BAM earthquake of December 26th, 2003. The colored lines represent shifts of the earth's surface, measured by the Envisat-ASAR instrument*



TerraSAR-X-Kartierung von überschwemmten Gebieten beim Hochwasser in England im Juli 2007

*TerraSAR-X mapping of flooded areas during the floodwaters in England in July 2007*

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 Radarfunktion, 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 Flugrichtung werden zwei zeitlich nahe

*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.*



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 Aufnahme-Modus, Polarisierungen und geometrische Projektion der Kunde entsprechend seinen Bedürfnissen 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

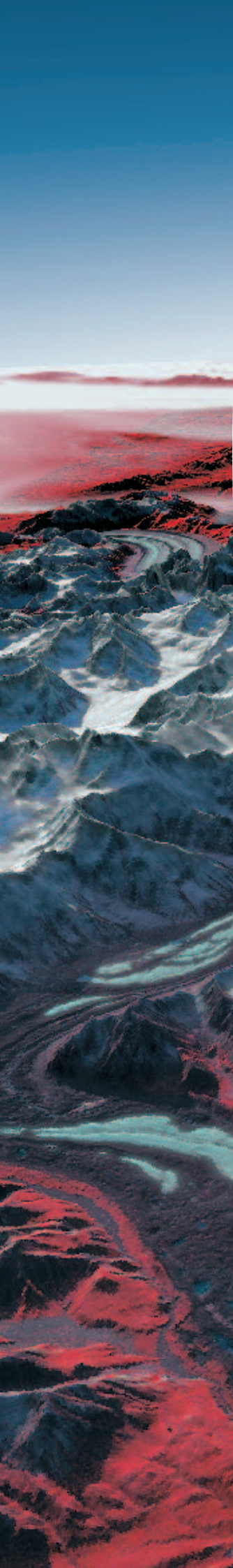
*The public-private partnership agreement arranges for a commercial exploitation of the TerraSAR-X data by the industry partner, EADS Astrium GmbH. Apart from the direct financial contribution to the project, the partner is obliged to develop a portfolio of innovative TerraSAR-X-based products and services 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 bilden die Grundlage für ein breit gefächertes Portfolio von Anwendungen. 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 Auflösungsstufen zu

## Applications

*TerraSAR-X data form 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 are an important support of the efficient production and update of Digital Elevation Models.*

### 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 supports overview forest mapping activities thanks to its relatively large swath, which facilitates large area assessments, but also allows an assessment of small scale issues due to its high spatial resolution products.*



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 macht die entwickelten Produkte und Services einem breiten Spektrum an Nutzern zugänglich, 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 setzen TerraSAR-X-Daten etwa in den Bereichen Kartographie, Raum- und Infrastrukturplanung, Umweltschutz, Land- und Forstwirtschaft ein. 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, gehören zum Kundenkreis Infoterras.

### Das Vertriebskonzept

Das kommerzielle Vertriebskonzept beinhaltet, 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 hat in Deutschland ihre Vertriebszentrale aufgebaut, von der aus Kunden aus aller Welt mit spezifischen Geo-Informationsprodukten versorgt werden.

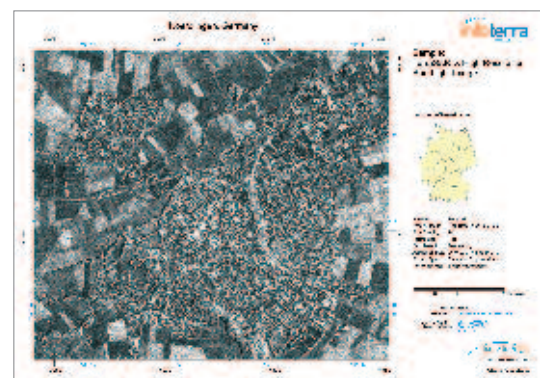
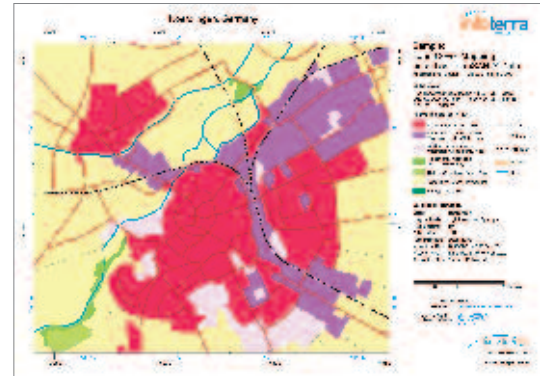
- *Agriculture: TerraSAR-X supports agricultural mapping services through multitemporal and multipolarization observations and facilitates large area assessments. Agricultural applications can be generated from TerraSAR-X data and auxiliary data through synergistic exploitation and will be developed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

*Infoterra provides 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 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 are part of Infoterra's clientele.*

### Distribution Concept

*The concept for commercial distribution includes the marketing of licenses for direct receipt of TerraSAR-X data by Infoterra. So-called "Direct Access Services" are offered, which 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 operate their own ground stations and are able to receive the data directly from the spacecraft.*

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



Klassifikationskarte auf der Basis von TerraSAR-X-Daten

Classification Map Based on TerraSAR-X 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 Radardaten zu Bildern und archiviert diese. Dank der professionellen Vorbereitungen sowie der umfangreichen Erfahrungen des Missionsbetriebsteams ist es nach dem Start gelungen, den TerraSAR-X-Satelliten in Rekordzeit in Betrieb zu nehmen und die erste Radaraufnahme bereits vier Tage später aufzunehmen und zu veröffentlichen. Das Bodensegment leitet die erfassten Daten 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.

### 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 and archives them. Thanks to professional preparation and the comprehensive experience of the mission operation team they succeeded in commissioning the TerraSAR-X satellite in record time after launch and to acquire and publish the first radar image just four days later. The ground segment distributes the data 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 is 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 input their data requests and are 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, provided 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.*





Eine Ausnahme stellen die Kunden und Partner dar, die über eigene Empfangsstationen verfügen: Sie erhalten ihre Daten direkt vom Satelliten.

Die Koordination und Überwachung des Satellitenbetriebs sowie die Leitung der Strategischen Planungsgruppe, die über die Nutzlastaktivitäten befindet, obliegt dem Missionsmanager, 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

*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.*

*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

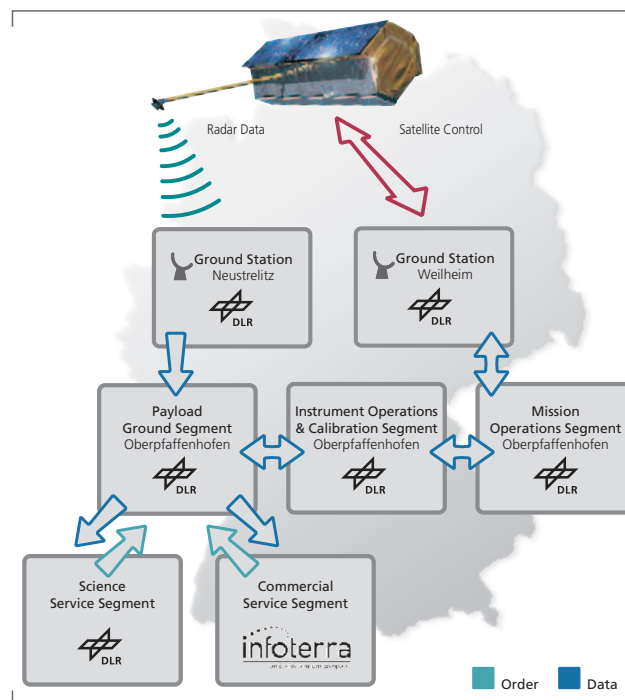


Deutsches Raumfahrt-Kontrollzentrum in Oberpfaffenhofen

German Space Operations Center in Oberpfaffenhofen

### Bodensegment

### Ground Segment



### **Instrumentenbetrieb und Kalibrierung**

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

- die Festlegung dauerhafter Grundeinstellungen des Radarinstrumentes
- 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

- 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
- 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 are 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 wurde erstmals in Deutschland ein Raumfahrtprojekt in öffentlich-privater Partnerschaft unter erheblicher finanzieller Beteiligung der Industrie realisiert. Damit konnte eine Projektinvestition gesichert werden, die ansonsten durch staatliche Investition allein nicht finanzierbar war. Die TerraSAR-X-Mission liefert wertvolle Daten für die wissenschaftliche Nutzung und erlaubt zugleich auch die nachhaltige Kommerzialisierung von Erdbeobachtungsdaten.

Inzwischen ist ein Nachfolgesystem TerraSAR-X-2 in Planung, das den Satelliten zum Ende seiner Lebensdauer ersetzen soll. Dieses Nachfolgesystem soll dabei allein aus Mitteln der Industrie aus den mit TerraSAR-X erzielten Gewinnen finanziert werden.

Darüber hinaus ist das Projekt TanDEM-X (TerraSAR-X add-on for Digital Elevation Measurement) inzwischen weit fortgeschritten. TanDEM-X soll ein globales, digitales Geländemodell aller Landmassen der Erde mit einer bisher nicht erreichten Genauigkeit dreidimensional erstellen. Dies soll in Ergänzung von TerraSAR-X durch einen weiteren nahezu baugleichen Satelliten (TanDEM-X) in einer Tandem-Orbitkonfiguration erreicht werden. Beide Satelliten werden dabei ab Ende 2009 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 gemeinsamer Betrieb realisierbar. Die Missionszeit für TanDEM-X ist auf fünf Jahre ausgelegt.



TanDEM-X

*With TerraSAR-X a space project has been 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 could be secured which otherwise state investment on its own would not have been able to finance at the present time. The TerraSAR-X Mission delivers valuable data for scientific use and at the same time also enables 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.

*Meanwhile a follow-up system TerraSAR-X-2 is being planned that will replace the satellite at the end of its operational life. It is foreseen that this follow-up system will be financed solely by the industry from the profits achieved with TerraSAR-X.*

*In addition the project TanDEM-X (TerraSAR-X add-on for Digital Elevation Measurement) has far advanced in the meantime. TanDEM-X is to generate a three-dimensional 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 meters separation in approximately the same orbit by the end of 2009. In this way not only parallel operation independent of TerraSAR-X is possible, but also a synchronized joint operation will 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  
Rolf Werninghaus

**Gestaltung**  
**Design** CD Werbeagentur GmbH,  
Troisdorf

**Druck**  
**Printing** Druckerei Thierbach KG,  
Mülheim/Ruhr

**Drucklegung**  
**Press date** Köln, Juli 2009

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](http://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 den dreizehn Standorten Köln (Sitz des Vorstandes), Berlin, Bonn, Braunschweig, Bremen, Göttingen, Hamburg, Lampoldshausen, Neustrelitz, Oberpfaffenhofen, Stuttgart, Trauen und Weilheim beschäftigt das DLR circa 6.000 Mitarbeiterinnen und Mitarbeiter. Das DLR unterhält Büros 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 6,000 people are employed at thirteen locations in Germany: Koeln (headquarters), Berlin, Bonn, Braunschweig, Bremen, Goettingen, Hamburg, Lampoldshausen, Neustrelitz, Oberpfaffenhofen, Stuttgart, Trauen and Weilheim. 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](http://www.DLR.de)