

# Satellitendaten für den täglichen Einsatz

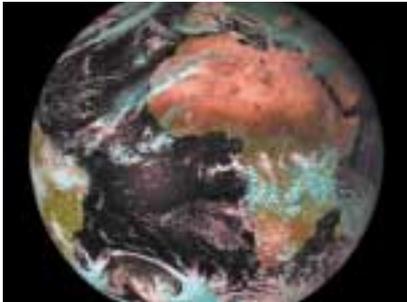
Raumfahrt im Bundesministerium für  
Verkehr, Bau- und Wohnungswesen



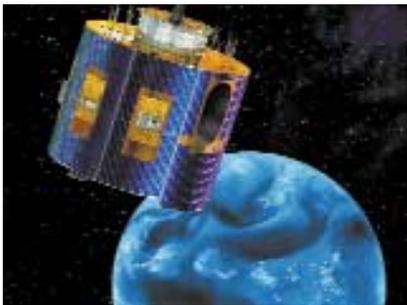
Bundesministerium  
für Verkehr, Bau-  
und Wohnungswesen

<b>Herausgeber</b>	<b>Deutsches Zentrum für Luft- und Raumfahrt e.V.</b>  Raumfahrtmanagement <a href="http://www.dlr.de/raumfahrtmanagemnet">www.dlr.de/raumfahrtmanagemnet</a>
<b>Anschrift</b>	Königswinterer Straße 222 - 224 53227 Bonn
<b>Redaktion</b>	Dr. Karsten Hess, Dr. Helmut Staudenrausch
<b>Autor</b>	Dr. Thomas Bürke
<b>Gestaltung</b>	ziller design, Mülheim an der Ruhr
<b>Druck</b>	Buch- und Offsetdruckerei Richard Thierbach GmbH, Mülheim an der Ruhr
<b>Drucklegung</b>	Bonn, im Dezember 2004  Abdruck (auch von Teilen) oder sonstige Verwendung nur nach vorheriger Absprache mit dem DLR gestattet

# Inhalt



Hilfe von oben – Satelliten  
liefern nützliche Daten .....4



Wetter und Klima –  
Satelliten warnen .....10

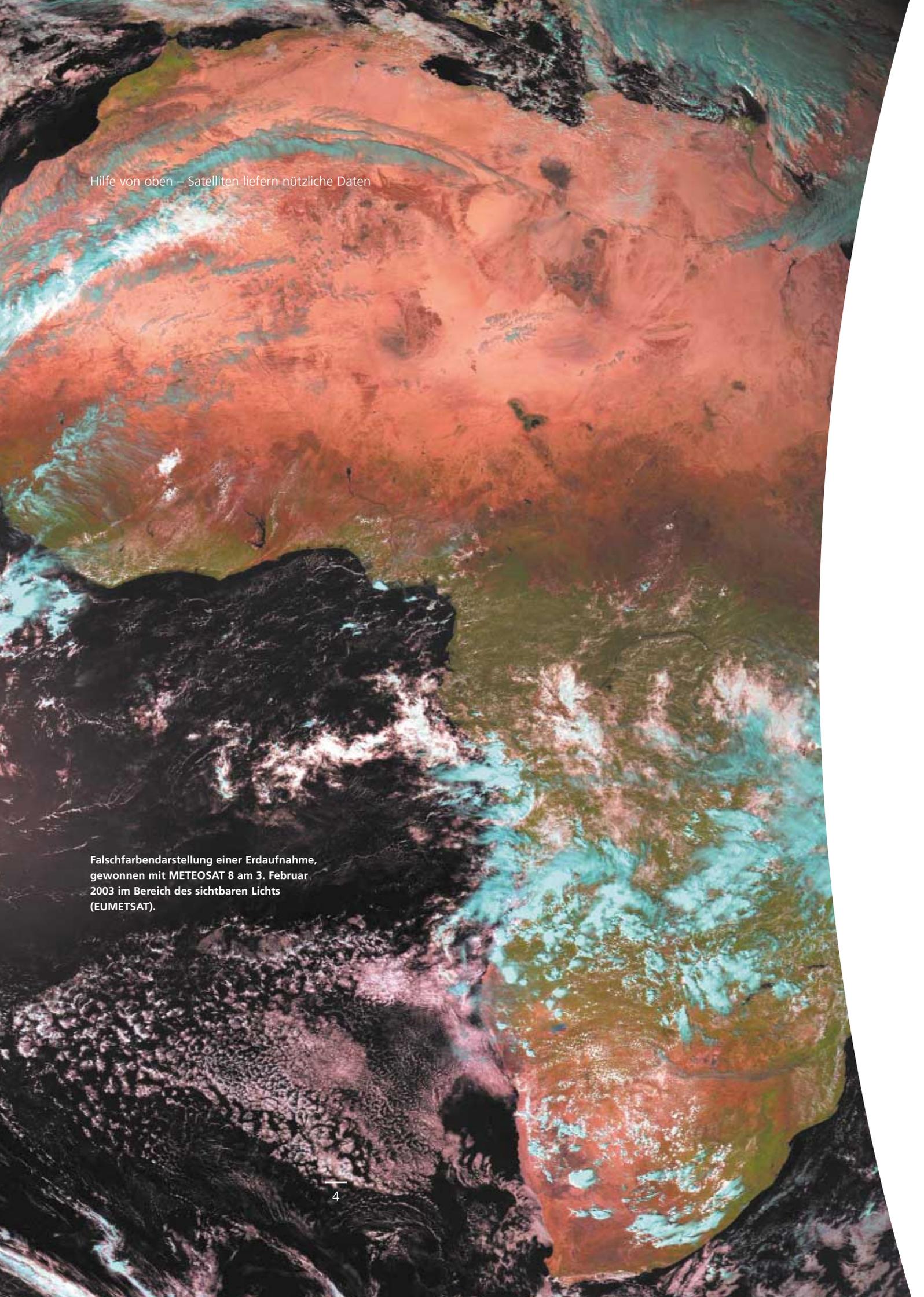


Hilfe auf Meeren, Flüssen  
und an der Küste .....18



Sicher und schnell  
ans Ziel gelangen .....24

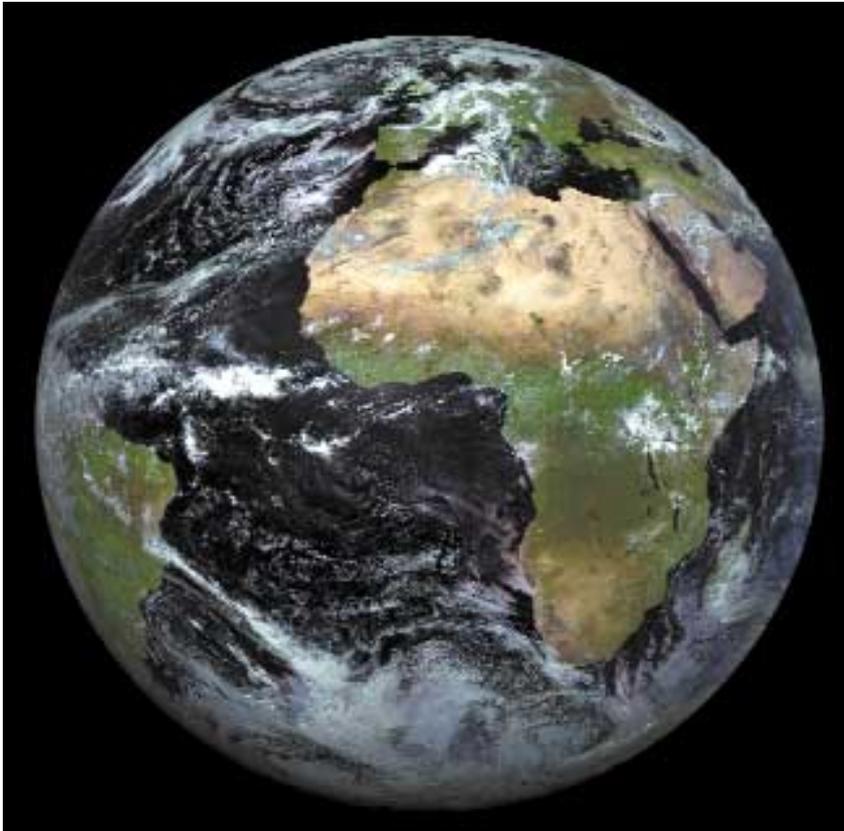
Glossar .....32



Hilfe von oben – Satelliten liefern nützliche Daten

Falschfarbendarstellung einer Erdaufnahme, gewonnen mit METEOSAT 8 am 3. Februar 2003 im Bereich des sichtbaren Lichts (EUMETSAT).

# Hilfe von oben – Satelliten liefern nützliche Daten



Farbbild der Erde, gewonnen mit METEOSAT 8 am 9. Mai 2003 im Bereich des sichtbaren Lichts (EUMETSAT).

Am Beginn des 21. Jahrhunderts sehen sich die Industrienationen einer Reihe von neuen Herausforderungen gegenüber. Auf globalem Maßstab vollzieht sich ein Klimawandel, Unwetter scheinen sich zu häufen. Klima und Wetter bedürfen daher einer ständigen Überwachung, auch mit dem Ziel, verlässliche Vorhersagen treffen zu können. Satelliten spielen bei der Bewältigung dieser Aufgabe eine bedeutende Rolle. Sie liefern Daten für den gesamten Globus, auch aus Gebieten, die mit konventionellen Methoden schwer oder gar nicht zugänglich sind, wie Ozeane, Urwälder oder Bergregionen.

Auf staatlicher Ebene wird das Problem steigender Verkehrsströme immer bedeutender. Ohne Einschränkung heutiger Sicherheitsstandards muss der Verkehr in der Luft sowie auf den Straßen, Schienen, Flüssen und Meeren möglichst optimal laufen. Aufgabe des Staates ist es, die erforderlichen Rahmenbedingungen für eine wirtschaftlich effiziente Nutzung moderner Technik zu schaffen, mit der sich die Verkehrsträger stärker vernetzen können. Auch hier werden Satelliten zukünftig eine entscheidende Rolle spielen. Zur Kommunikation, Navigation und Beobachtung der Erde sind weltraumgestützte Infrastrukturen entstanden, deren Vorteile aus unserem täglichen Leben nicht mehr wegzudenken sind. Sie wer-

den immer mehr zum Schlüsselement für eine optimierte Logistik auf nationaler und europäischer Ebene.

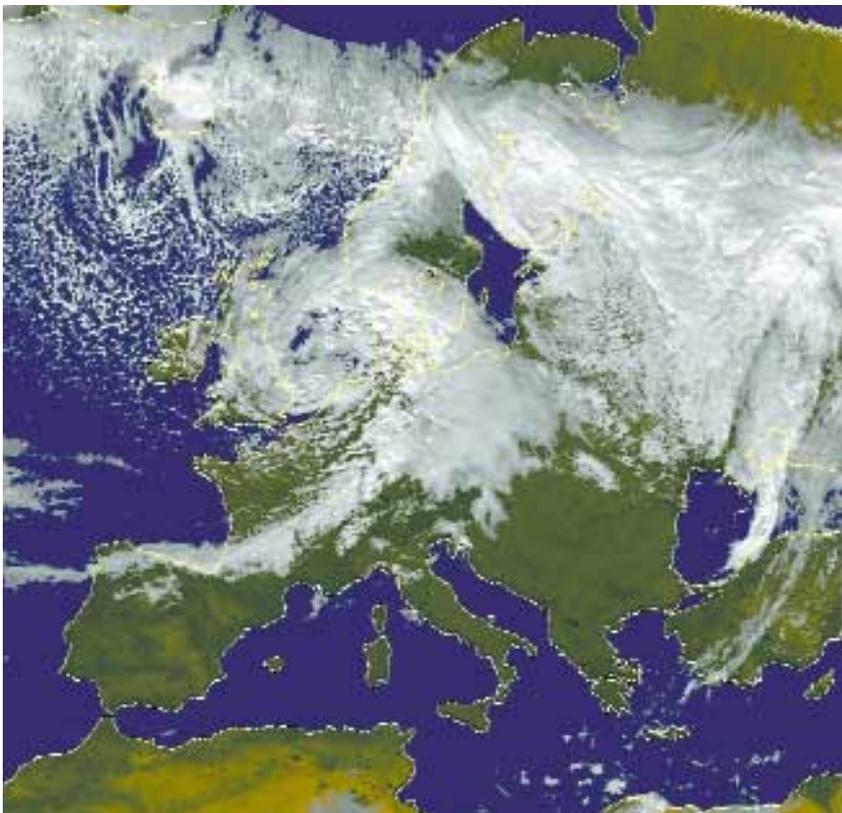
Die von Satelliten kommenden Daten lassen sich in zwei Bereiche aufteilen: die Erdbeobachtung sowie die Positionsbestimmung und Navigation. Das Bundesministerium für Verkehr, Bau- und Wohnungswesen (BMVBW) fördert aus beiden Bereichen den Bau der operationell arbeitenden Systeme – in der Erdbeobachtung fördert es auch den Betrieb. In der Erdbeobachtung stellt das Ministerium für den Bereich der Wettersatelliten jährlich bis zu 140 Millionen Euro zur Verfügung. Deutschland übernimmt damit im europäischen Rahmen eine besondere Verantwortung und gibt nicht nur den nachgeordneten Einrichtungen wie dem Deutschen Wetterdienst als Nutzer wertvolle Daten an die Hand. In

der Meteorologie sind die Informationen aus dem Weltraum schon seit fast vier Jahrzehnten unerlässlich, in anderen Gebieten wie der Flugsicherheit, im Straßenverkehr oder bei der Navigation auf hoher See sind sie bereits Routine und in anderen Bereichen wie in bestimmten Gebieten des Umweltmanagements oder im Bahnverkehr steht der Einsatz noch am Anfang.

## Die Erde im Fokus

Erdbeobachtende Satelliten bilden die Atmosphäre und die Oberfläche unseres Planeten in unterschiedlichen Farbfilterbereichen ab. Dies ermöglicht es, zusätzlich zur reinen Information über Atmosphären- und Oberflächendetails auch thematische Karten zu erstellen. So ist es beispielsweise möglich, Vegetationsarten zu unterscheiden sowie Pflanzenwachstum und Pflanzenzustand zu beurteilen. Damit lassen sich Waldbestände oder landwirtschaftlich genutzte Flächen inventarisieren, beispielsweise um kranke von gesunden Bäumen zu unterscheiden bzw. Ernteprognosen anzustellen. Neue Entwicklungen gehen dahin, auch Eigenschaften des Bodens indirekt abzuleiten. Ein Beispiel hierfür ist die Bodenfeuchte. Sie geht in Abflussmodelle ein und trägt dazu bei, Überschwemmungen besser vorherzusagen.

Satelliten, die im Bereich des sichtbaren Lichts die Erde beobachten, stoßen jedoch an ihre Grenzen, wenn Wolken aufziehen. Dies ist in unseren Breiten und vor allem in den Tropen sehr häufig der Fall. Satelliten, die im Wellenlängenbereich des Radar arbeiten, können dies Problem umgehen und darüber hinaus andere Oberflächeneigenschaften abbilden.



METEOSAT-7-Aufnahme des Orkantiefs Jeannette am 27. Oktober 2002 (DWD).

Aktive Satelliteninstrumente schaffen sich ihre eigene Beleuchtung, in dem sie Mikrowellen (Radar) oder Laserlicht (Lidar) abstrahlen. Diese werden von der Erdoberfläche, wie auch Sonnenlicht, reflektiert und von der Satellitenantenne wieder aufgefangen. Somit kann die Erde bei Tag und bei Nacht sowie bei Radar durch die Bewölkung hindurch beobachtet werden. Darüber hinaus lassen sich mit den neuen Systemen die Richtung und die Geschwindigkeit des Windes, die Struktur der Meeresoberfläche und viele andere Parameter bestimmen.

In der Öffentlichkeit am bekanntesten und in der Anwendung schon klassisch zu nennen sind die Wettersatelliten. Sie sind unverzichtbar bei der Wettervorhersage und Unwetterwarnungen. Außerdem tragen sie auch zunehmend zur Klimaforschung bei. Wettersatelliten sind speziell für die Messung der physikalischen und chemischen Eigenschaften der Atmosphäre ausgelegt. Neben der Abbildung des Wettergeschehens mit hoher zeitlicher Wiederholrate lassen sich mit ihnen auch Temperatur- und Feuchteprofile sowie Spurengase wie Ozon, Fluorchlorkohlenwasserstoffe (FCKW) oder Stickoxide bestimmen.

Die Erdbeobachtung kommt heute in vielen öffentlichen, kommerziellen und wissenschaftlichen Bereichen zum Einsatz. Sie ist bei meereskundlichen Routineprodukten wie Karten der Eisbedeckung und der Oberflächentemperatur unverzichtbar geworden. Daneben unterstützen Satellitendaten den Schutz der Meere, indem man Ölteppiche nachweist und Umweltsünder aufspürt. Zunehmend kommen Satellitenbilder auch in Krisen- und Katastrophensituationen, wie bei Hochwasser oder Wirbelstürmen, zum Einsatz. Satelliten liefern heute Daten für Raumordnung, Biotopkartierungen und Überwachungsaufgaben in vielfältigen öffentlichen und privaten Bereichen, wie bei landwirtschaftlichen Flächenprämienprogrammen

oder beim Aufbau von Mobilfunksystemen. Studien zufolge liegt der volkswirtschaftliche Nutzen der satellitengestützten Erdbeobachtung für Deutschland allein im Bereich der Wettervorhersage bei jährlich circa 2,5 Milliarden Euro.

## Mit Galileo navigieren

Neben den Satelliten für Erdbeobachtung bilden Positions- und Navigationssysteme eine wichtige Säule der modernen, nutzerorientierten Weltraumtechnologie. Diese himmlischen Lotsen werden immer mehr zum Schlüsselement für die Vernetzung der Verkehrsträger zu einem integrierten Gesamtverkehrssystem und für eine optimierte Logistik auf nationaler und europäischer Ebene. Vor allem die Kombination von Satellitennavigation und mobiler Telekommunikation öffnet das Tor zu Märkten für neue Dienstleistungen. Auch in der Geodäsie, der Landwirtschaft oder bei Freizeitaktivitäten, kommt die Satellitennavigation immer häufiger zum Einsatz.

Die zukünftige wirtschaftliche Bedeutung der Satellitennavigation lässt sich nur ansatzweise abschätzen. Insgesamt wird das globale Marktvolumen für den Verkauf von Empfängern und angebotenen Dienstleistungen in 2005 auf 40 Mrd. EURO geschätzt. Zu dem unmittelbaren wirtschaftlichen Ertrag kommen volkswirtschaftliche Kosteneinsparungen für die Anwender von Navigationssystemen hinzu. Derzeit beträgt der Marktanteil der europäischen Industrie am Verkauf von Endgeräten weltweit nur fünf Prozent. Der Grund hierfür ist das amerikanische Global Positioning System (GPS), das auf diesem Gebiet nahezu ein Monopol besitzt. Das russische Pendant GLONASS ist weniger zuverlässig und daher für viele Anwendungsbereiche ungeeignet.

Europas zukünftiges Satellitennavigationssystem Galileo wird aus 30 Satelliten bestehen (ESA).



Ständige Verfügbarkeit und hohe Datenqualität sind für kritische Anwendungsbereiche wie im Luft- oder Schienenverkehr eines Navigationssystems unverzichtbar. Die ist mit den derzeitigen Systemen jedoch nicht gewährleistet. Zwar verzichten die USA seit Mai 2000 auf die künstliche Verschlechterung des Zeitsignals, sodass seitdem jeder Anwender die zivilen GPS-Signale uneingeschränkt nutzen kann. Es ist aber nicht auszuschließen, dass dieser Dienst in Zukunft nicht mehr kostenlos sein wird. Überdies stehen GPS und GLONASS unter militärischer Kontrolle, sodass in Krisenzeiten das Signal jederzeit wieder verschlechtert werden kann.

Angesichts der wachsenden Bedeutung von Navigationssystemen hat der EU-Verkehrsrat 2002 den Startschuss zum Aufbau eines eigenen europäischen Satellitennavigationssystems genannt Galileo gegeben. Galileo garantiert die Unabhängigkeit Europas, stärkt die Wettbewerbsfähigkeit der heimischen Industrie und wird nach einer Studie der Europäischen Kommission über 100.000 neue Arbeitsplätze schaffen. Diese Studie hat für Europa bis 2020 einen volkswirtschaftlichen Nutzen von 18 Milliarden Euro ermittelt.

Zunächst sollen die ersten vier Satelliten und das Bodensegment entwickelt und getestet werden. Bis 2009 wird das aus insgesamt 30 Satelliten bestehende Netz

in knapp 24.000 Kilometer Höhe aufgebaut und dann den vollen Betrieb aufnehmen. Jeder Satellit sendet dann ununterbrochen hoch genaue Zeitsignale aus. Aus der Kenntnis der aktuellen Bahn kann man mit einem geeigneten Empfänger aus diesen Impulsen seine Position am Boden bestimmen. Die Genauigkeit beträgt im Normalfall etwa zehn Meter, lässt sich aber mit technischen Maßnahmen bis in den Millimeterbereich steigern.

Galileo soll unterschiedliche Dienste erfüllen. Der Basisdienst wird für alle offen und kostenlos sein und eine Ortsgenauigkeit weltweit von vier bis acht Meter liefern. Ein kommerzieller Dienst mit zum Teil verschlüsselten Daten wird kostenpflichtig sein. Er beinhaltet eine Servicegarantie mit Zusatzinformationen und dürfte beispielsweise für das Vermessungswesen oder das Flottenmanagement interessant sein. Der Safety-of-Life-Dienst verfügt über eine noch größere Qualität, wie sie für sicherheitskritische Anwendungen zum Beispiel in der Flugsicherung nötig ist. Dieser Dienst liefert zusätzlich Informationen über die Signalqualität und ist zu 99,8 Prozent der Zeit garantiert verfügbar. Schließlich wird es einen Public Regulated Service geben, der vorrangig für staatliche Institutionen freigeschaltet ist.

Die Kosten für Entwicklung und Aufbau von Galileo werden auf 3,2 Milliarden Euro geschätzt. Für die Entwicklungsphase werden die Kosten von 1,1 Milliarden

Euro jeweils zur Hälfte von der Europäischen Union und der Europäischen Welt- raumorganisation ESA aufgebracht; die Kosten für die Errichtung in Höhe von 2,1 Milliarden Euro sollen überwiegend von dem zukünftigen Konzessionsnehmer getragen werden.

Insbesondere der Verkehrsbereich knüpft hohe Erwartungen an das europäische Satellitennavigationsprojekt. Daher arbeitet das BMVBW in nationalen und europäischen Gremien zu diesem Thema mit und beteiligt sich mit rund 100 Millionen Euro an der Entwicklung des Projekts. Das Deutsche Zentrum für Luft- und Raumfahrt, DLR, plant an seinem Standort in Oberpfaffenhofen ein Zentrum für zukünftige Anwender von Galileo einzurichten, um beispielsweise die Entwickler von Endgeräten an Galileo heranzuführen und innovative Dienstleistungen zu fördern.

Dem Standort Deutschland dürfte Galileo neue Impulse geben. Deutschland wird entsprechend seiner Anteile an der ESA und der EU den größten Anteil an den Entwicklungskosten tragen. Gleichzeitig erhält die deutsche Industrie den größten Teil der Aufträge. Sitz des europäischen Industriekonsortiums Galileo Industries, das Galileo entwickeln soll, ist in München.

## Galileos Vorläufer EGNOS

Als Vorstufe zu Galileo baut die ESA das System EGNOS (European Geostationary Navigation Overlay Service) auf. Es nahm im Frühjahr 2003 den Probetrieb auf und soll am 1. Januar 2006 voll betriebsfähig sein. EGNOS basiert noch auf GPS, verbessert aber die Präzision auf etwa sieben Meter. Es besteht aus einem Netzwerk von Bodenstationen und mehreren geostationären Satelliten. Die von den Stationen empfangenen GPS-Signale



werden in vier Kontrollzentren korrigiert. Diese Korrekturdaten werden dann mithilfe von geostationären Satelliten über ganz Europa ausgestrahlt und können von den einzelnen Empfängern genutzt werden. Das erste Kontrollzentrum befindet sich bei der Deutschen Flugsicherung (DFS) in Langen bei Frankfurt.

EGNOS erhöht zwar die Genauigkeit von GPS, erfüllt aber nicht die Anforderungen an Zuverlässigkeit und Sicherheit, wie Galileo dies schließlich tun soll. Die von EGNOS angebotenen Dienste sind jedoch wichtige Vorläufer für die künftigen Anwendungen von Galileo.

Das System EGNOS läuft seit Anfang 2003 als Vorläufer des europäischen Satellitennavigationsystems Galileo. Das aus einem Netzwerk von Bodenstationen und mehreren geostationären Satelliten bestehende System verbessert die Genauigkeit derzeitiger Positionsbestimmungen auf sieben Meter (ESA).

# Wetter und Klima – Satelliten warnen

**UNWETTERWARNUNG vor ORKANARTIGEN BÖEN für Landkreis Wernigerode, gültig von Samstag, 7.2.04, 10:00 Uhr, bis Samstag, 7.2.04, 22:00 Uhr, ausgegeben vom Deutschen Wetterdienst, am Samstag, 7.2.04, 09:49 Uhr. In Gipfellagen oberhalb etwa 1.000 m ist mit orkanartigen Böen von 105 bis 125 km/h, vereinzelt sogar bis 145 km/h, aus Südwest bis West zu rechnen. Der Deutsche Wetterdienst weist darauf hin, dass Gefahr durch heruntergewehte Dachziegel, umstürzende Bäume und herabfallende Gegenstände besteht. – Mit Vorhersagen dieser Art warnt der Deutsche Wetterdienst (DWD) vor Sturm, Gewitter, starken Niederschlägen oder Glatteisgefahren bis zu 72 Stunden im Voraus. Oft sind auch verlässliche Vorhersagen über Zeiträume von bis zu sieben Tagen möglich, wenn auch nicht so detailliert – im Binnenland ebenso wie in Nord- und Ostsee.**

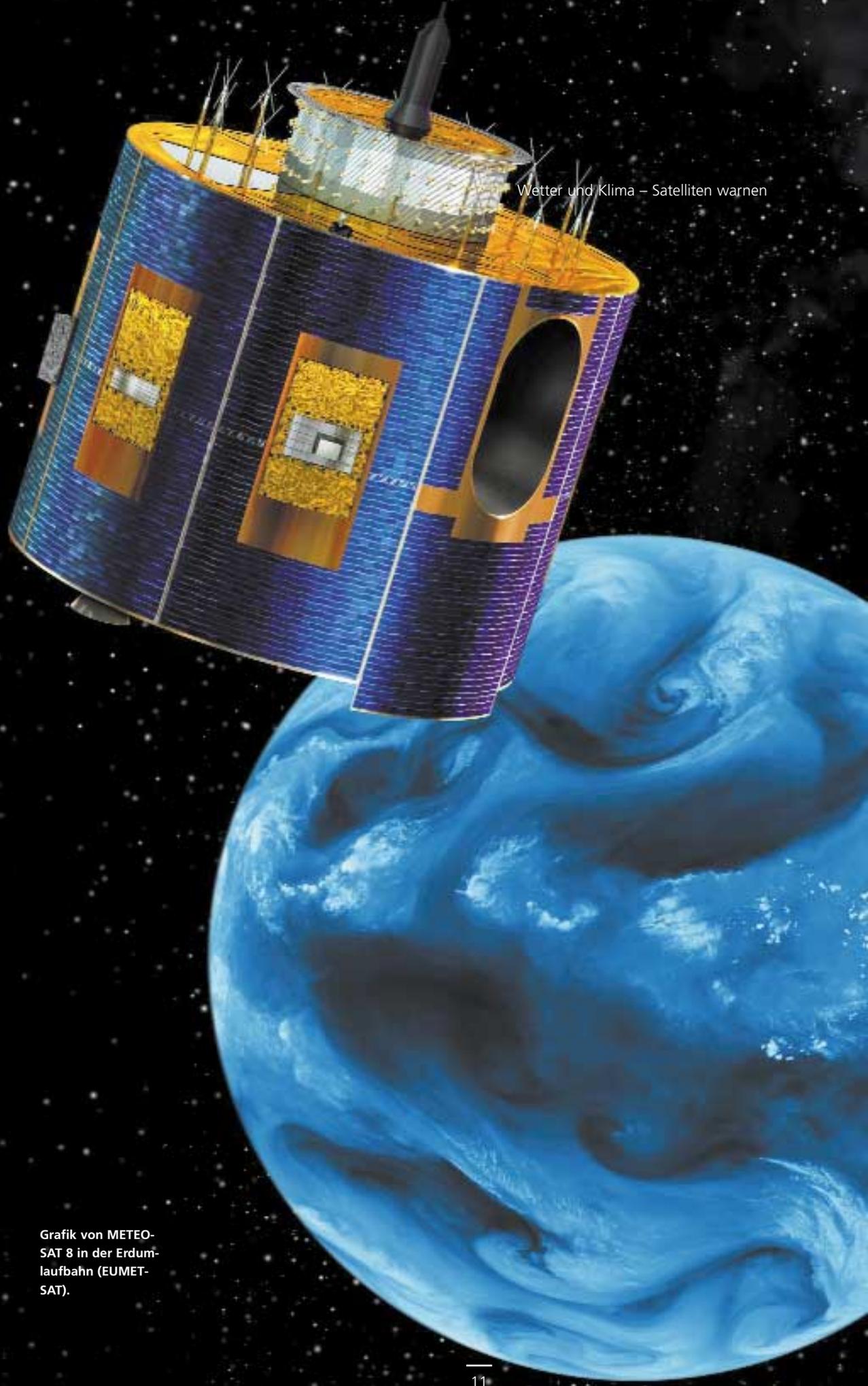
Im Kontrollzentrum von EUMETSAT laufen die Informationen zusammen (EUMETSAT).



Für Jedermann zugänglich stellt der DWD die Warnungen auf seine Internetseite. Dort findet man die Wetterlage zum einen im Überblick grafisch dargestellt und zum anderen für jeden Landkreis separat aufbereitet. Darüber hinaus warnt der DWD in Absprache mit den Behörden auch einzelne Landkreise direkt. Die Unwetterwarnungen richten sich an die Katastrophenschutzstäbe, Feuerwehren und Polizeien. Informiert werden aber auch Nachrichtenagenturen sowie Fernseh- und Hörfunkanstalten.

Damit kommt der 1952 als Einrichtung des damaligen Bundesverkehrsministeriums gegründete DWD einer seiner Kernaufgaben nach: die meteorologische Sicherung der Luft- und Seeschifffahrt und das Warnen vor wetterbedingten Ereignissen, die für die öffentliche Sicherheit und Ordnung gefährlich werden können. Der DWD hat als erste Einrichtung im Geschäftsbereich des BMVBW Satellitendaten routinemäßig (operationell) verwendet.

Der DWD verfügt über rund 3.800 Messstationen in Deutschland. Dieses bewährte, bodengestützte Netz wird durch Wettersatelliten erweitert und vertieft – aber nicht ersetzt. Denn die Messergebnisse der geeichten Wetterstationen am Boden ergänzen die Satellitendaten und die Qualität der Satellitendaten aus dem Weltraum lässt sich somit überprüfen. Satelliten haben einen großen Anteil daran, dass die Wettervorhersagen wesentlich genauer geworden sind. Heute hat eine sechstägige Wettervorhersage die gleiche Zuverlässigkeit wie 1968 eine eintägige Vorhersage.



Grafik von METEO-SAT 8 in der Erdumlaufbahn (EUMET-SAT).



Die abendliche Wettervorhersage im deutschen Fernsehen wäre ohne den Deutschen Wetterdienst nicht denkbar.

### Wissenschaftliche Klimawächter

Neben den operationellen Wettersatelliten wie METEOSAT und zukünftig auch den METOP-Satelliten, umkreisen auch wissenschaftliche Klimawächter unseren Planeten. Ihre Instrumente liefern eine Vielzahl von Daten über die Erde und die Atmosphäre. Gleichzeitig dienen sie als Test für den Einsatz neuer Sensoren auf zukünftigen operationellen Satelliten. Das deutsche Engagement im Rahmen solcher ESA-Projekte steuert das Bundesministerium für Bildung und Forschung.

Es ist ein weiter und technologisch höchst anspruchsvoller Weg von den Messdaten zur Wettervorhersage im Fernsehen oder der Warnung im Internet. Den Anfangszustand für die numerische Wettervorhersage gewinnt man durch Messung aller relevanten Größen in einem weltumspannenden Beobachtungsnetz. Dieses besteht aus Bodenstationen, Schiffen, Bojen, Radiosonden, Flugzeugen und nicht zuletzt auch Satelliten. Aus diesen Daten berechnet der Computer auf der Basis bekannter physikalischer Gesetzmäßigkeiten das zukünftige Wettergeschehen.

Alle Messdaten werden zwischen den nationalen Wetterdiensten ausgetauscht, denn letztlich lässt sich das lokale Wettergeschehen nur im globalen Rahmen realistisch vorhersagen: Ein Sturmtief, welches sich über dem Atlantik entwickelt hat, wirkt sich je nach Zugbahn später auf das Wetter in Deutschland aus.

Satelliten spielen in diesem globalen Netz eine entscheidende Rolle. Sie erlauben eine fast lückenlose Überwachung der gesamten Atmosphäre und liefern Daten auch aus schwer zugänglichen Gebieten, wie den Ozeanen, Wüsten oder Urwäldern. Dies vermag kein anderes Beobachtungssystem.

In Europa ist die Organisation EUMETSAT mit Sitz in Darmstadt für Betrieb und Nutzung von Wettersatelliten zuständig. Deutschland ist mit einem Anteil von 23 Prozent der wichtigste Beitragszahler bei EUMETSAT. Die Finanzmittel dafür kommen aus dem BMVBW. Darüber hinaus ist Deutschland am Europäischen Zentrum für Mittelfristige Wettervorhersage (EZMW) in Reading nahe London beteiligt. Dort werden numerische Modelle unterschiedlicher horizontaler Auflösung für Wettervorhersagen bis zu 21 Tagen im Voraus gerechnet.

## Satelliten, die am Himmel hängen – METEOSAT

Der DWD stützt sich bei seinen Wettervorhersagen auf die Messwerte von Satelliten, die auf geostationären und polaren Bahnen die Erde umkreisen.

Geostationäre Satelliten umkreisen in 36.000 Kilometer Höhe über dem Äquator die Erde. Dort benötigen sie für einen Umlauf genau einen Tag. Von der Erde aus gesehen scheinen sie daher fest am Himmel zu stehen und haben stets etwa ein Drittel der Erdkugel im Gesichtsfeld. Die Satelliten lassen sich über beliebigen Längengraden stationieren, sodass bereits drei bis vier ausreichen, um die gesamte Erde abzudecken. Neben den europäischen Satelliten nutzt der DWD für seine Wettervorhersage die Bilder und Messdaten von zwei Satelliten der US-amerikanischen National Oceanic and Atmospheric Administration (NOAA). Diese GOES-Satelliten (Geostationary Orbiting Environmental Satellite) stehen über dem Nordwesten von Südamerika und dem Pazifik. Hinzu kommen die Daten des japanischen Satelliten GMS, der über Neuguinea platziert ist.

Seit über 25 Jahren verfügt Europa auch über eigene geostationäre Wettersatelliten. Sie tragen den Namen METEOSAT. METEOSAT 1 startete am 23. November 1977. Von seiner Position über dem Golf von Guinea (nullter Längengrad) aus hat er Europa, Afrika und weite Teile des Atlantiks im Visier. Bis 1997 starteten sechs weitere METEOSAT ins All, wobei stets ein Satellit aktiv ist und sein jeweiliger Vorgänger als Reserve bereit steht.

Herz eines METEOSAT ist ein so genanntes Radiometer, das die Erde in drei verschiedenen Spektralbereichen aufnimmt. Im Bereich des sichtbaren Lichts lässt sich die Bewölkung besonders gut verfolgen. In einem Infrarotfenster (5,7 bis 7,1  $\mu\text{m}$

Wellenlänge) findet sich der „Fingerabdruck“ von atmosphärischem Wasserdampf. Beobachtungen in diesem Spektralbereich ermöglichen es, die Konzentration dieser für meteorologische Vorgänge so wichtigen Substanz in einem Höhenbereich zwischen fünf und zehn Kilometer zu messen. In einem dritten Infrarotfenster (10,5 bis 12,5  $\mu\text{m}$  Wellenlänge) kann man die Temperaturen der Wolken und Meeresoberflächen bestimmen. Auf den METEOSAT-Bildern sind in Äquatorbereichen Details bis herunter zu 2,5 Kilometer im Bereich des sichtbaren Lichts und 5 Kilometer im Infraroten erkennbar. In Europa sinkt diese Sehschärfe wegen der Schrägsicht auf 4 beziehungsweise 7,5 Kilometer.

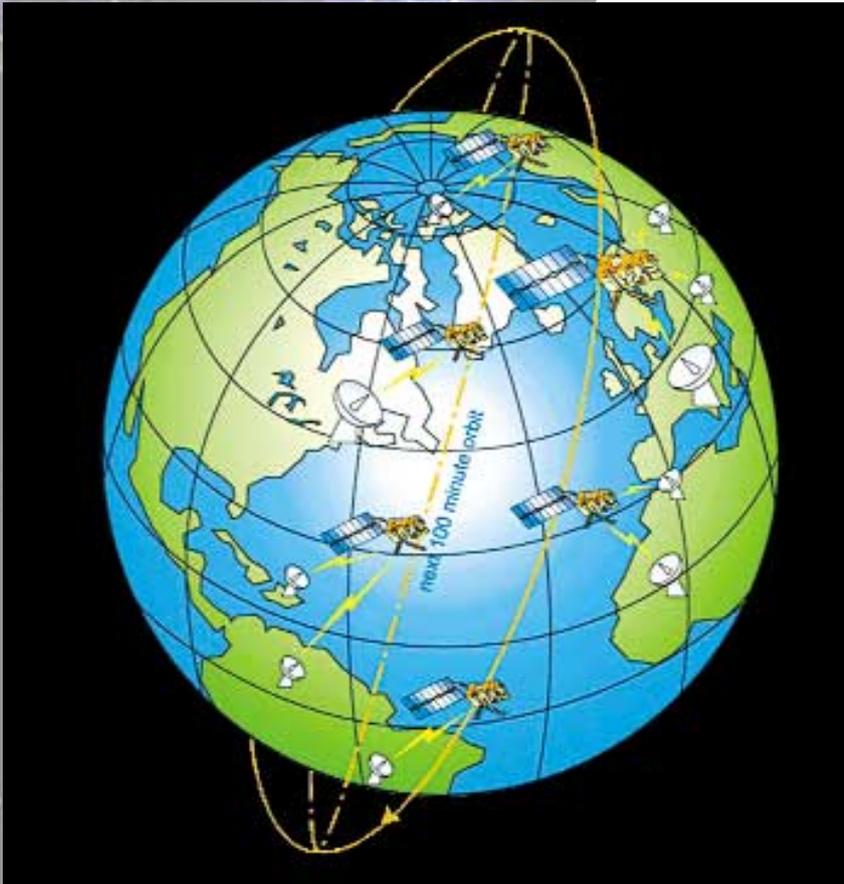
Geostationäre Wettersatelliten wie METEOSAT sind unverzichtbar. Im Vorhersagebereich bis zwei Stunden gehören sie zu den wichtigsten Datenquellen. Ihr volkswirtschaftlicher Nutzen übersteigt die Kosten für Bau und Betrieb um ein Vielfaches. Anfang der neunziger Jahre wurde jedoch klar, dass eine verbesserte Ausführung der METEOSAT benötigt wird, um mit der technischen Entwicklung Schritt zu halten und dem Bedarf für genauere Vorhersagen gerecht zu werden.

Das Ergebnis dieser Entwicklung ist der METEOSAT der zweiten Generation (MSG). Der erste Vertreter startete im August 2002 und nahm unter der Bezeichnung METEOSAT 8 im Januar 2004 den regulären Betrieb auf. Er zeichnet sich gegenüber seinen sieben Vorgängern durch eine Reihe technischer Neuerungen aus.

Das wichtigste Messinstrument an Bord ist SEVIRI (Spinning Enhanced Visible and Infrared Imager). Das Radiometer misst die von der Erde kommende Strahlung nicht wie seine Vorgänger in drei, sondern in zwölf verschiedenen Kanälen. Acht Kanäle liegen im thermischen Infrarot und geben Auskunft über die Tempe-



MSG-1 Satellit.  
Meteosat Second Generation: Struktur- und Thermalmodell vor dem Thermal-Vakuum-Test in ESTEC/ESA (ESA).



Umlaufbahn von METOP, der die Erde auf einer polaren Bahn in 100 Minuten einmal umkreist (EUMETSAT).

raturen an Wolken-, Land- und Meeresoberflächen. Die Verwendung von Kanälen, in denen Ozon, Wasserdampf und Kohlendioxid absorbiert werden, soll es den Meteorologen außerdem ermöglichen, die Eigenschaften unterschiedlicher Luftmassen zu bestimmen, so dass ein dreidimensionales Modell der Atmosphäre aufgebaut werden kann. Ein weiterer wichtiger Fortschritt ist der Ozonkanal, dem ersten, der auf einem geostationären europäischen Satelliten zur Verfügung steht. Dies ermöglicht eine bessere Vorhersage des UV-Index und soll der Klimaforschung zusätzliche Daten liefern.

Auch die Sehschärfe und Schnelligkeit wurden mit METEOSAT 8 verbessert. SEVIRI kann im sichtbaren Licht Details mit einem Durchmesser von nur einem Kilometer sichtbar machen, und es wird es doppelt so viele Bilder wie das bisherige METEOSAT-Radiometer liefern – eines alle 15 Minuten statt alle halbe Stunde.

Dank dieses Fortschritts können Meteorologen Wetterentwicklungen sehr kurzfristig beurteilen. Insbesondere lassen sich gefährliche Wetterphänomene wie Stürme, Gewitter oder schwere Regenfälle genauer analysieren und für die nächsten ein bis zwei Stunden vorhersagen. Nebel wird Tag und Nacht automatisch erkannt, sodass beispielsweise Flughäfen gezielt gewarnt werden können.

Neben SEVIRI befindet sich noch das Instrument GERB (Geostationary Earth Radiation Budget) an Bord. Das Radiometer mit zwei Kanälen ermöglicht es, die von der Atmosphäre reflektierte Sonnenstrahlung und die von der Erde abgestrahlte Wärmestrahlung zu messen. Diese so genannte Strahlungsbilanz ist ein wichtiger Parameter für Klima- und Wettermodelle.

Außerdem dient der Wettersatellit als Relaisstation, nicht nur um seine eigenen, im Kontrollzentrum von EUMETSAT in Darmstadt aufbereiteten Daten an die Endnutzer zu übertragen. METEOSAT empfängt auch die Wetterdaten von

Messstationen an Land, auf Schiffen sowie Messballonen und Flugzeugen und übermittelt diese zur Erde zurück. Darüber hinaus kann ein so genannter Search and Rescue Transponder an Bord Notsignale von Schiffen oder Flugzeugen auffangen und zu einer zentralen Empfangsstation in Europa weiterleiten. Von dort aus können dann Rettungsorganisationen in der ganzen Welt schnell alarmiert werden.

## Von Pol zu Pol – METOP

Deutlich schwerer als zuverlässige kurzfristige Wetterprognosen zu machen, ist es für Meteorologen immer noch vorherzusagen, wie sich das Wetter mittel- und langfristig entwickelt. Doch wer möchte nicht schon gerne am Dienstag wissen, ob er am Wochenende eine Fahrradtour unternehmen oder ans Meer zum Baden fahren kann?

Für mittel- und langfristige Wetterprognosen benötigt man zusätzliche Daten als Ergänzung zu denen der geostationären Satelliten. Insbesondere werden die Daten dreidimensional und global, das heißt von der gesamten Erd- und Meeresoberfläche benötigt und im Besonderen auch von den Polkappen, die von geostationären Wettersatelliten nicht erfasst werden. Solche Daten liefern Satelliten, die auf Bahnen von Pol zu Pol den Äquator überqueren – so genannte polar umlaufende Satelliten.

Zurzeit nutzt der DWD Daten der amerikanischen NOAA-Satelliten. Bereits 1982 wurde auf einem Weltwirtschaftsgipfel vereinbart, dass sich zukünftig die USA und Europa den Betrieb polar umlaufender Satelliten teilen. Realisiert wird dies nun mit Satelliten der Reihe METOP, deren Entwicklung unter gemeinsamer Verantwortung von ESA und EUMETSAT erfolgt. EUMETSAT wird METOP betreiben.

METOP wird die Erde in einer Höhe von 835 Kilometern umrunden. Für einen



Wetter- und Klimainformationen bietet der Deutsche Wetterdienst im Internet an (DWD).

Umlauf um die Erde benötigt der Satellit rund 100 Minuten und überfliegt zweimal pro Tag die gleiche Region. Durch die Erdrotation verschiebt sich die Umlaufbahn immer weiter nach Westen, so dass METOP mit seinen Messinstrumenten in einem fünftägigen Zyklus immer den selben Punkt auf der Erdoberfläche überfliegt.

Außerdem bewegt sich der Satellit auf einer sonnensynchronen Umlaufbahn. Das heißt, der Satellit passiert seine Zielgebiete in Nord-Süd-Richtung immer ungefähr um 9.30 Uhr Ortszeit. Damit wird METOP den US-amerikanischen „Nachmittagssatelliten“ ergänzen, der seine Zielgebiete um 14.30 Uhr Ortszeit überquert. Die Daten des Satelliten stehen auch der EUMETSAT zur Verfügung. Umgekehrt wird die NOAA die Daten des METOP-Systems mitnutzen können. Ebenso ergänzen sich die amerikanische Bodenstation in Fairbanks, Alaska, und die europäische Bodenstation in Svalbard, Spitzbergen, indem sie die empfangenen Daten untereinander austauschen.

Die Daten, welche die Instrumente an Bord von METOP sammeln, werden gespeichert und einmal pro Erdumrundung zur Bodenstation übertragen. Sie werden dann in der EUMETSAT-Zentrale in Darmstadt aufbereitet und an die Endnutzer übermittelt. Der ganze Prozess dauert

### ENVISAT

Europas Flaggschiff der Klimaforschung ist ENVISAT. Mit einer Höhe von 25 Metern und einer Gesamtmasse von mehr als 8.000 Kilogramm beim Start ist er der größte wissenschaftliche Erdbeobachtungssatellit, der je in Europa gebaut wurde. ENVISAT umkreist seit Anfang 2002 in 800 Kilometer Höhe die Erde. Er verfügt über zehn Sensoren zur Erforschung der Polarregionen, der Ozeane, der Landmassen und der Atmosphäre. Insbesondere misst ENVISAT die Verteilung von mehr als 20 Spurengasen, darunter Ozon, Kohlenmonoxid und Kohlendioxid. Darüber hinaus bestimmt er den Bedeckungsgrad von Wolken, misst Temperaturprofile in der Stratosphäre und die Meeresoberflächentemperatur und macht Meeresverschmutzungen, Algentepiche, Eisberge, Schadstoffeinträge ins Meer oder Reife- und Schadenzustände der Vegetation sichtbar. Ein Radarinstrument tastet zudem die Erdoberfläche ab.

### Navigationsatelliten in der Meteorologie

Auch Wetterbeobachtungen vom Boden aus werden seit einiger Zeit von Satellitentechnik unterstützt. Um ein Höhenprofil von Temperatur, Feuchte und Wind zu erhalten, steigen Wetterballone in der Atmosphäre auf und funken die Messdaten zur Station. Die aktuelle Position wird seit einiger Zeit mit Hilfe von GPS bestimmt. Zudem gibt es einige Stationen, die aus den Funksignalen der GPS-Satelliten das Feuchteprofil der Atmosphäre ableiten. Möglich ist dies, weil die Funkwellen beim Durchlaufen der Atmosphäre von dem Wasserdampf auf charakteristische Weise verändert werden. Zukünftig werden beide Anwendungen mit Europas Navigationssystem Galileo erfolgen.

### **Der DWD im Dienste der Allgemeinheit**

Der DWD bietet immer mehr spezielle Dienste an. So berät er beispielsweise Landwirte, Lohnunternehmen oder Maschinenringe. Auf diese Weise lassen sich Produktionsabläufe optimieren, Kosten minimieren und zugleich die Umwelt schonen. Die aktuellen agrarmeteorologischen Hinweise liefert der DWD auch via Internet. Der DWD unterstützt auch Anwender der Photovoltaik und der Windenergie. Er berät Planer und Betreiber von Windkraftanlagen und erstellt Gutachten zur Sonnen- und Windenergienutzung für Anlagen aller Art und Größe, vom Eigenheimbau bis hin zum Windenergiepark. Zu den Kunden zählen beispielsweise auch Ölkonzerne: Wenn etwa eine neue Bohrinne errichtet werden soll, muss dies bei ruhiger See geschehen. Hier reduziert eine zuverlässige Vorhersage die Investitionskosten.

### **Warndienst für Piloten**

Die Luftfahrt ist in besonderem Maße auf das aktuelle Wetter und dessen Vorhersagen angewiesen. Der DWD bietet deshalb Piloten und Flughafenbetreibern spezielle Dienste an. Neben Unwetterwarnungen und Voraussagen beispielsweise für Eis und Schnee hat der DWD einen Service für Piloten eingerichtet. Dieses Selbstbriefingsystem PCMet ist ständig Online verfügbar. Der Pilot gibt Start- und Zielflughafen sowie die Abflugzeit an, wählt Flugart und gewünschte Flughöhe und erhält aktuell alle relevanten Flugwetterdaten und -vorhersagen für den Flug.

weniger als drei Stunden. Darüber hinaus übermittelt der Satellit aktuelle Messdaten in Echtzeit zu Empfangsstationen in dem Gebiet, das er gerade überfliegt.

Die drei Satelliten der METOP-Serie werden die ersten europäischen Wettersatelliten sein, die auf einer erdnahen Umlaufbahn Daten für mittel- und langfristige Wetterprognosen und für die Klimaforschung sammeln. Etwa 14 Jahre lang werden sie dann bei Tag und Nacht wertvolle Informationen über Atmosphäre, Landmassen und Meeresoberflächen liefern.

## **Klimaüberwachung beim DWD**

In zunehmendem Maße engagiert sich der DWD auch im Bereich der Klimaüberwachung. So erstellt er beispielsweise routinemäßig globale Karten der für den Menschen schädlichen UV-Einstrahlung und sagt regional den UV-Index voraus – im Sommerhalbjahr auch als Bestandteil der täglichen Wettervorhersage. Dies ist ein wesentlicher Beitrag zur Daseinsvorsorge. Damit verbunden ist die Erstellung eines räumlichen Modells zur Ozonkonzentration in der Atmosphäre.

Der weit in die Vergangenheit zurück reichende Satz an meteorologischen Messdaten erweist sich nun als wahrer Schatz für die Klimaforschung. Unter Führung des DWD haben sich sechs europäische Wetterdienste und EUMETSAT zusammengeschlossen, um in einem gemeinsamen und neuartigen Projekt den Klimawandel mit Hilfe von Satelliten genauer zu überwachen und zu verstehen.

Dieses Projekt mit dem Namen Satellite Application Facility on Climate Monitoring (Klima-SAF) startete nach einer dreijährigen Entwicklungsphase im Januar 2004. Seitdem arbeiten Wissenschaftler aus ganz Europa beim DWD, bereiten die

Satellitendaten auf und archivieren sie. Finanziell trägt der DWD zu 25 Prozent den Klima-SAF. Auf lange Sicht, werden diese Daten homogene Langzeitreihen bilden und somit Wissenschaftler bei der Untersuchung von Klimaveränderungen unterstützen. Das CM-SAF wird anfänglich die Daten der NOAA-Satelliten verarbeiten. Ab 2005 folgen dann die Messwerte von METEOSAT 8 und später auch von METOP. Voraussichtlich ab 2008 wird der DWD auch über Daten des amerikanisch-europäischen Satelliten Jason 2 verfügen. Er ist speziell dafür gebaut, die Ozeane zu überwachen. Insbesondere sollen die für Wetter und Klima bedeutenden Meeresströmungen verfolgt und Windfelder gemessen werden. Klimaereignisse wie El Niño werden sich mit Jason 2 detailliert studieren lassen.

EUMETSAT betreibt derzeit europaweit sieben SAF. Neben dem Klima-SAF ist das BMVBW an dem SAF über Landoberflächen-Analyse (kurz Land-SAF) beteiligt. Die Bundesanstalt für Gewässerkunde beschäftigt sich im Rahmen dieses Projekts mit der Bodenfeuchte. Diese ist einerseits ein entscheidender Parameter für die Wettervorhersage. Das globale Wettermodell des DWD beispielsweise berücksichtigt den Austausch an Wärmeenergie und Feuchtigkeit zwischen Boden und Atmosphäre.

Gleichzeitig ist die Bodenfeuchte auch mitentscheidend für Modelle, die den Abfluss von Niederschlägen vorhersagen: ein entscheidender Punkt bei der Vorhersage von Überflutungen. Starke Niederschläge können besonders dann zu Hochwasser in den Flüssen führen, wenn der Boden bereits mit Wasser gesättigt ist und keinen weiteren Regen mehr aufnehmen kann.

Die Bodenfeuchte lässt sich auf unterschiedliche Art aus Satellitendaten ableiten. Radarwellen, wie sie die ERS-Satelliten oder Envisat aussenden, dringen



Grafik des europäischen Radarsatelliten ERS 1 über dem Nordpolargebiet (ESA).

mehrere Zentimeter tief in den Boden ein und reagieren dort auf den Wassergehalt. Zukünftig will man im Rahmen des LandSAF jedoch die Daten des Instruments SEVIRI auf METEOSAT 8 als primäre Datenquelle nutzen. Hierbei beobachtet man die Änderung der Landoberflächentemperatur am frühen Morgen und gibt diese Information in ein Modell ein, das den Austausch von Feuchte zwischen Boden und Atmosphäre berücksichtigt.

Ein Ziel des Projekts ist es, für die Einzugsgebiete großer Flüsse Abflussmodelle zu entwickeln, die bei starkem Niederschlag die Hochwasserentwicklung voraussagen. Hierbei tritt eine weitere wichtige Größe auf: die aktuelle Schneebedeckung: Viele Hochwasserlagen werden durch starke Niederschläge bei gleichzeitiger Schneeschmelze hervorgerufen. Auch der Schneebedeckungsgrad und der Wassergehalt des Schnees lassen sich mit Satelliten ermitteln.

### ERS 1 und ERS 2

ERS 1 und 2 sind zwei europäische Radarsatelliten. ERS 1 startete im Juli 1991 und umrundete die Erde in einer Höhe von 785 Kilometern auf einer polaren Bahn. Im Jahr 2000 schaltete man ihn ab. Herz des ERS 1 war ein Synthetic-Apertur-Radar (SAR), das bei jedem Umlauf einen 4.000 Kilometer langen und 100 Kilometer breiten Streifen auf der Erdoberfläche abtastete. Daraus ließen sich Bilder mit einer Auflösung von 30 Metern erstellen. Darüber hinaus konnten Richtung und Geschwindigkeit des Windes und die Temperatur der Meeresoberflächen bestimmt werden. Im April 1995 folgte ERS 2. Er war bis auf das zusätzliche Ozonmessgerät Gome baugleich mit seinem Vorläufer. Die Messdaten der beiden ERS-Satelliten finden eine Fülle von Anwendungen. Sie werden genutzt, um die Landnutzung oder die Abholzung von Wäldern zu beobachten, um Schiffe ausfindig zu machen, die in der Nordsee Öl ablassen, oder um die Temperatur von Meeresströmungen beispielsweise im Zusammenhang mit El Niño zu verfolgen.

### Atmospheric Dynamics Mission (ADM)

Eine entscheidende Größe im Wettergeschehen ist das Windfeld in der Troposphäre. Bis heute stehen jedoch nur unzureichende globale Messungen zur Verfügung, dies betrifft insbesondere die gesamte Südhemisphäre einschließlich der Tropen und über den Ozeanen. Diese Lücke soll der ESA-Satellit ADM-AEOLUS schließen. Er wird über ein spezielles Lasersystem verfügen, das die Atmosphäre abtastet. Wenn sich die Technologie von ADM wie vorgesehen bewährt, könnte sie in Zukunft auch auf operationellen Satelliten eingesetzt werden. Sein Start ist für 2008 vorgesehen.

Hilfe auf Meeren, Flüssen und an der Küste

Satelliten lotsen Schiffe durchs Eis, dienen dem Seenotrettungsdienst, entdecken Ölsünder und erforschen die sensiblen Küstenbereiche.



# Hilfe auf Meeren, Flüssen und an der Küste

## Satelliten lotsen durch vereistes Meer

**Am 11. Juni 2001 geriet das Forschungsschiff Magdalena Oldendorff im antarktischen Meer in Not. Das Eis schloss sich um das Schiff, so dass es aus eigener Kraft nicht mehr weiterfahren konnte. Da das Schiff einem deutschen Reeder gehörte, war der Eisdienst des Bundesamtes für Seeschifffahrt und Hydrographie (BSH) in die Hilfestellungen für die Magdalena Oldendorff mit eingebunden. Zur Befreiung des Schiffes wurde im Juli der argentinische Eisbrecher Almirante Irizar angefordert. Das Eis gefror aber bei Temperaturen von minus 32 Grad Celsius derart rasch, dass die Anlage einer Fahrrinne für beide Schiffe unmöglich wurde. Der Mannschaft des Eisbrechers gelang es nur noch, die Magdalena Oldendorff in eine Bucht zu bringen, wo deren Kernmannschaft – umgeben von bis zu sieben Meter hohem Packeis – überwinterte. Erst im Oktober gelang es, das Schiff aus dem aufbrechenden Eis herauszulotsen.**

Bei dieser Aktion waren neben dem BSH auch andere nationale Eisdienste sowie der Deutsche Wetterdienst und die Europäische Weltraumorganisation beteiligt. Letztere deshalb, weil Satellitenaufnahmen eine entscheidende Rolle spielten. Sie lieferten präzise Informationen über die Eisbedeckung. Primär nutzte man die Bilder der polar umlaufenden NOAA-Satelliten. Aber auch die Satelliten ERS und der damals noch in der Probephase befindliche europäische Klimasatellit ENVISAT wurden eingesetzt, weil sie mit ihren Radars Wolken durchdringen können.

Die Radarbilder wurden über das BSH an das US National Ice Center in Washington sowie an die argentinische Marine weitergeleitet, welche die Daten dann an den Eisbrecher funkten.

Der bereits 1896 gegründete Eisdienst des BSH nutzt seit 1967 neben den herkömmlichen, lokalen Messwerten von Schiffen und Messplattformen auch Satellitendaten. Hierfür verfügt das Bundesamt über eine eigene Station, mit der sie die Daten der NOAA-Satelliten empfängt. Sie werden weitgehend automatisch aufbereitet und archiviert und binnen einer Stunde sind Eis- und Oberflächentemperatur-Karten verfügbar.

Im Laufe eines Winters kommen in der Nord- und Ostsee, dem eigentlichen Überwachungsgebiet des BSH, jährlich 20.000 bis 30.000 Schiffe mit Eis in Kontakt. Für sie bietet das Bundesamt aktuelle Eiskarten an. Diese werden beispielsweise per Radiofax an Bord gesendet, können aber auch per Email empfangen oder im Internet eingesehen werden. Forschungs- und Kreuzfahrtschiffe werden weltweit mit Informationen versorgt.

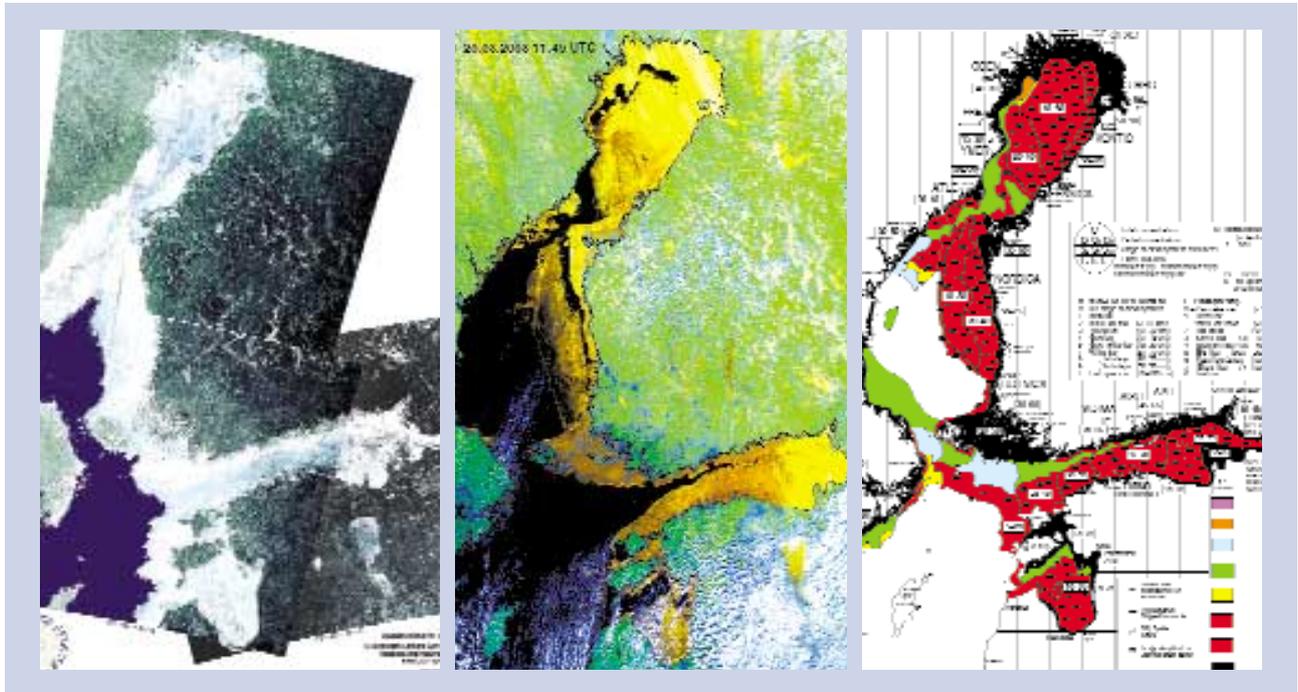
Da die NOAA-Satelliten bei Bewölkung keine Oberflächenaufnahmen liefern können, hat das BSH in den 1990er-Jahren auch operationell die Radarbilder von ERS 1 und 2 verwendet. Heute wird dafür ENVISAT genutzt, der neben optischen Sensoren auch ein Radarsystem hat. ENVISAT bietet gegenüber den beiden ERS-Satelliten zwei Vorteile: Zum einen fliegt der Satellit über die Pole, sodass er auch Bilder aus Regionen nördlich des 78. Breitengrades liefert, wo durchaus noch Handelsschiffe fahren. Zum anderen sind die abgetasteten Streifen 450 statt bisher 100 Kilometer breit, was zu einer höheren zeitlichen Abdeckung führt.

### Pflege der Küstenbereiche

Die von den Gezeiten beeinflussten Küstenbereiche der Nordsee unterliegen starken Veränderungen. Im Mündungsbereich der Elbe beispielsweise lagern sich beständig Sedimente am Boden ab. Die Folgen für die Schifffahrt: Fahrrinnen verändern sich und schränken den Verkehr ein. Um diese zu verhindern, müssen die Flüsse unter erheblichem Aufwand überwacht und ausgebaggert werden.

Die Randbebauung der Flüsse hat auf das Strömungsverhalten und damit auch auf die Sedimentationsrate einen erheblichen Einfluss. Die Bundesanstalt für Wasserbau in Hamburg unterhält seit einiger Zeit ein numerisches Strömungsmodell, mit dem sich diese Ablagerungen vorhersagen lassen. Ziel ist es unter anderem, Strombauten am Fluss zu planen, die die Strömung günstig beeinflussen und die Sedimentationsrate verringern.

Im Rahmen der Projekte TIDE und ENVOC wurden auch erstmals Radar-daten der ERS-Satelliten sowie von ENVISAT genutzt, um die Morphologie der Flüsse und Küstenbereiche im Überblick und in der zeitlichen Entwicklung zu beobachten. In diesen Projekten ging es vor allem darum, die Trennung zwischen Land und Wasser (Wasserstandslinien) exakt zu lokalisieren und Schwebstoffkonzentrationen im Wasser quantitativ zu bestimmen. Satellitendaten bieten hier einzigartige Möglichkeiten, das Sedimentationsverhalten im Überblick und im zeitlichen Verlauf zu studieren. Diese Daten gehen in das Strömungsmodell ein und sollen helfen, Strombauten so zu planen und zu bauen, dass die Sedimentation sich verringert. Ziel ist es, die erheblichen Kosten für das Freihalten der Fahrrinnen zu verringern.



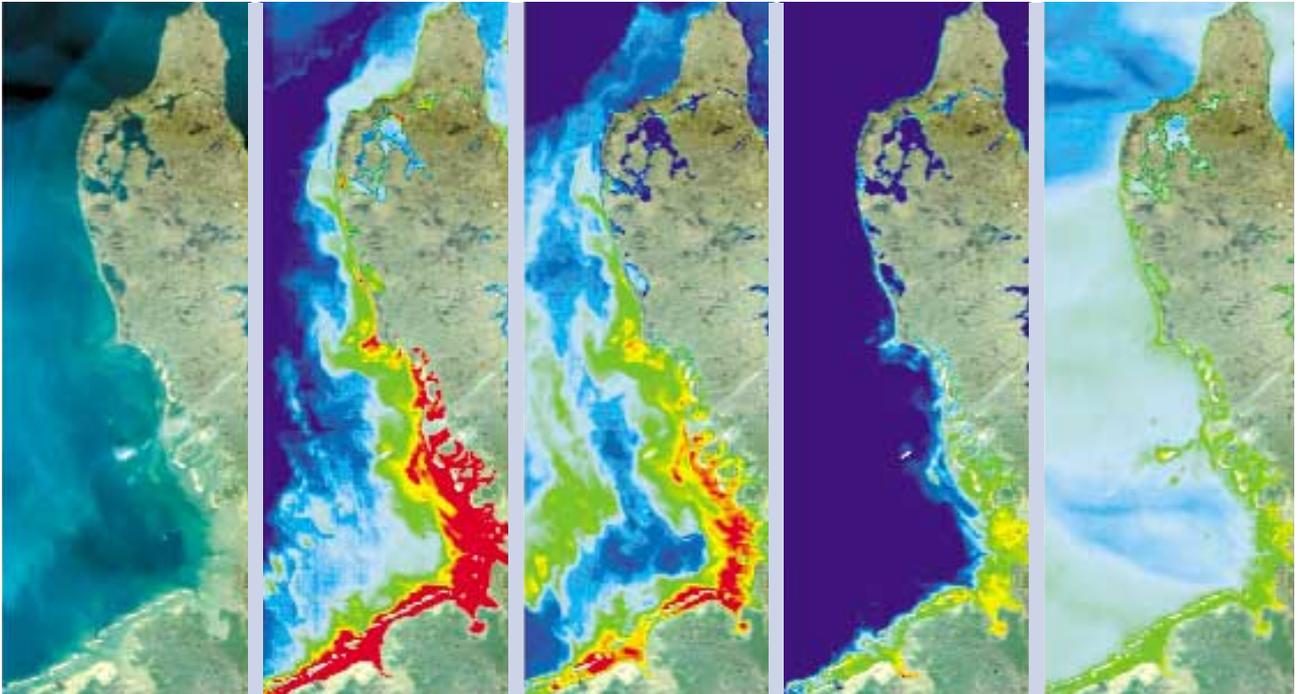
Das Bundesamt für Seeschifffahrt und Hydrographie erstellt schnell und zuverlässig aktuelle Eiskarten der Nord- und Ostsee in unterschiedlicher Darstellung. Links: Farbkodierte Informationen über Art und Bedeckungsgrad des Eises. Mitte: Aufnahme desselben Gebietes im sichtbaren Licht mit einem NOAA-Satelliten (Falschfarben). Rechts: Eine Radaraufnahme, gewonnen mit Radarsat (BSH).

Von großer Bedeutung für die Sicherheit der Meeresschifffahrt ist auch die internationale Zusammenarbeit. So tauscht das BSH mit anderen nationalen Diensten routinemäßig Daten und Karten aus. Ein Beispiel unter vielen ist der Vertrag über den International Ice Patrol and Observation Service in the North Atlantic Ocean, dem neben Deutschland viele andere Staaten angehören. Er wurde 1914 als Folge des Untergangs der Titanic am 14. April 1912 geschlossen. Die U.S. Coast Guard ermittelt die genaue Lage der Treibeisfelder und Positionen der weit über 2.000 Eisberge, die pro Saison mit dem Labradorstrom in die Nordatlantikroute hineindriften. Das BSH strahlt täglich die aktuellen Karten über den Sender Offenbach/Pinneberg des DWD aus und trägt damit nicht nur zur Sicherheit, sondern auch zur ökonomischen Routenplanung der Schifffahrt bei.

Im Rahmen der Initiative GMES (siehe Kasten) sollen die nationalen Eisdienste in Europa bis 2008 noch besser aufeinander abgestimmt und Aufgaben harmonisiert werden.

## Die Meerestemperatur – bedeutend für Wetter, Klima und Schifffahrt

Unentbehrlich geworden sind Satelliten auch bei der weltweiten Ermittlung der Meerestemperaturen. Hinter diesem trickreichen Messverfahren steckt ein altbekanntes physikalisches Prinzip: Das Wasser nimmt die von der Sonne eingestrahelte Energie zum Teil auf, erwärmt sich und gibt Wärmestrahlung im nahen Infrarot ab. Je wärmer das Wasser ist, desto kleiner ist die Wellenlänge der Infrarotstrahlung. Satelliten, wie METEO-



SAT oder NOAA, haben Sensoren an Bord, die für diese Wellenlängen empfindlich sind. Die hieraus ermittelten Temperaturwerte beziehen sich auf die obersten zwei bis drei Zentimeter der Wasseroberfläche, die relative Genauigkeit ist besser als ein Grad.

Die Kenntnis der Meerestemperatur ist bei vielen Anwendungen von Bedeutung, beispielsweise in der Wettervorhersage und Klimaforschung. So beeinflusst die Wassertemperatur den Verdunstungsgrad und damit die Wolkenbildung über den Meeren. Diese Messdaten gehen deshalb unmittelbar in die Modelle der Wettervorhersage ein. Darüber hinaus ist die Meerestemperatur ein wichtiger Parameter bei der Erfassung langfristiger globaler Klimatrends. Auch die Kontrolle der Meeresströmungen, die kaltes und warmes Wasser über den Globus transportieren, ist sehr wesentlich für die Klimaforschung, wie beispielsweise die regelmäßige Überwachung des zyklisch auftretenden el Niño-Phänomens.

Aktuell kann die Meerestemperatur auch eine wichtige Zusatzinformation für die Fischerei sein, denn sie beeinflusst das Vorhandensein von Plankton und damit auch von Fischen: Kaltes Wasser bindet mehr Sauerstoff und bietet bessere Voraussetzung für Plankton, das als Nahrung für Fische dient. Algenwachstum wird dagegen durch warmes Wasser begünstigt.

## Durch Wind und Wellen

Im Jahr 2002 gingen weltweit 167 Schiffe unter, davon etwa die Hälfte bei schwerem Wetter und hohem Seegang. Dementsprechend groß ist der Wunsch nach möglichst lückenlosen Informationen über Wellenhöhen und Windfeldern auf den Weltmeeren. Grundlage sind erneut Radarsatelliten.

Mit modernen Vielkanalkameras wie MOS des Deutschen Zentrums für Luft und Raumfahrt lässt sich der Zustand der Meere überwachen. Diese Bilder von der Deutschen Bucht zeigen neben der Farbaufnahme (links) Substanzen im Wasser wie Chlorophyll, Sedimente und Gelbstoffe (v.l.n.r.) sowie die optische Dicke von Aerosolen (Schwebstoffen) in der Luft (DLR).



Mit Radarsatelliten lassen sich Ölspuren, beispielsweise von Ölbohrplattformen (weiße Kreuze) auf den Meeren nachweisen (ESA/KSAT).

Die vom Satelliten ausgesandten Radarpulse werden an der Meeresoberfläche reflektiert und wieder empfangen. Aus der rückgestreuten Intensität sowie der Laufzeit lassen sich Rückschlüsse auf die Distanz zum Satelliten und damit auf die Wellen ziehen. Es gibt derzeit zwei generell unterschiedliche Möglichkeiten, die Wellenhöhen zu messen. Beim so genannten Scatterometer nützt man Folgendes aus: Je höher die Wellen sind, desto stärker schwanken die Rückstreuungseigenschaften und damit die Helligkeit des Radarbildes. Beim Radaraltimeter sendet der Satellit einen kurzen Mikrowellenimpuls zur Meeresoberfläche. Je höher die Wellen sind, desto breiter ist das Zeitfenster, in dem der reflektierte Impuls wieder am Satelliten eintrifft.

Hat man auf diese Weise Wellenfelder in einem möglichst großen Bereich bestimmt, lassen sich hieraus auch Geschwindigkeit und Richtung von Winden bestimmen. Das Verfahren beruht auf der Tatsache, dass die Winde die Wellen erzeugen. Aus dem Zusammenhang zwischen Wellengang und Windgeschwindigkeit ergeben sich so die oberflächennahen Windfelder. Seit Oktober 2003 stehen Wind- und Wellendaten von ENVISAT operationell zur Verfügung. Die Windfelder sind selbstverständlich auch für die Modelle der Wettervorhersage von größter Bedeutung.

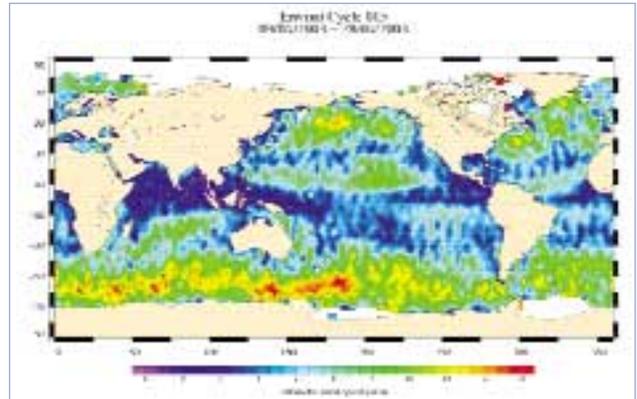
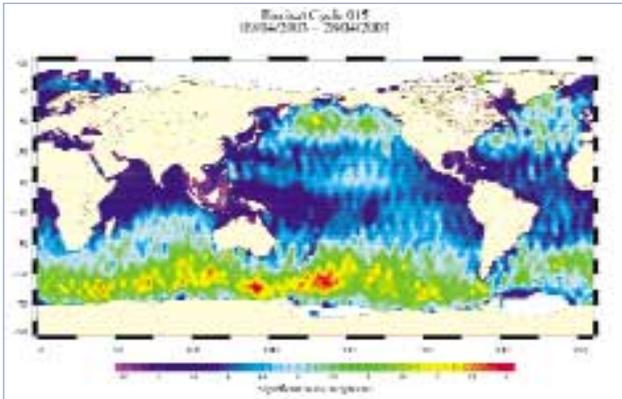


## Himmelsspäher jagen Ölsünder

Im Jahr 2002 wurden knapp 250 Fälle von Ölverschmutzung allein in den küstennahen deutschen Gewässern von Nord- und Ostsee beobachtet. In den meisten Fällen läuft das Öl aus schlecht gewarteten Schiffsmotoren aus, aber auch bei rechtswidrigen Tankreinigungen wird Öl ins Meer gespült. Zudem gelangt es aus undichten Pipelines oder im Zusammenhang mit Bohrungen auf See ins Meer.

Eine zuverlässige Überwachung der Meere ist daher von größter Wichtigkeit. Die klassischen „Fahnder“ sind Flugzeuge. Das BMVBW verfügt hierfür über zwei Flugzeuge, die jährlich mit 1.600 Flugstunden regelmäßig die Nord- und Ostsee überfliegen. Während eines Fluges wird dabei die Hälfte der deutschen Wirtschaftszone der Nordsee und die gesamte Wirtschaftszone der Ostsee abgedeckt.

Zukünftig werden auch Satelliten als „Ölfahnder“ eingesetzt. Ihr Vorteil gegenüber Flugzeugen ist die große Fläche, die sie bei einem Überflug abdecken. Die Erfahrung zeigt, dass für diese Aufgabe nur Radarsatelliten in Frage kommen. Zum einen arbeiten diese unabhängig von der Bewölkung sowie Tag



und Nacht, zum anderen lassen sich auf Radarbildern Ölspuren am besten nachweisen. Derzeit werden deshalb Daten der Satelliten ENVISAT und RADARSAT eingesetzt.

Die Identifizierung von Ölteppichen auf dem Wasser mit Hilfe von Radarsensoren basiert auf folgendem Prinzip: Die vom Satelliten ausgestrahlten Radarimpulse werden an der Meeresoberfläche von kleinen Kapillarwellen gestreut und von der Antenne wieder empfangen. Das Öl hat die Eigenschaft, diese Wellen zu glätten. An diesen Stellen wirkt die Meeresoberfläche fast wie ein Spiegel, was sich im Radarbild als dunkle Flecken erkennen lässt. Allerdings gibt es auch natürliche Ursachen für eine Glättung der Meeresoberfläche, beispielsweise durch Algen. Hier können die Flugzeuge ihre Stärke mit den weiteren Sensoren an Bord ausspielen, mit denen es möglich ist, den Verschmutzungstyp und sein Volumen zu bestimmen. Dies ist derzeit vom Satellit aus nicht möglich. Es laufen deshalb mehrere Forschungsprojekte zur Entwicklung von Fernerkundungsmethoden, um Ölteppiche eindeutig identifizieren zu können. Die modernen Satelliten wie ENVISAT verfügen bereits über eine bessere Auflösung als ihre Vorgänger sowie zusätzliche Beobachtungsmoden des Radars. Dies wird für die zukünftige Ölsuche vom Satelliten von Vorteil sein.

Auch in absehbarer Zukunft werden die Satelliten jedoch die Flugzeuge nicht gänzlich ersetzen können. So bestehen bei den Satelliten in Nord- und Ostsee immer noch Beobachtungslücken von etwa zwei Tagen, näher am Äquator, etwa im Mittelmeer, ist die zeitliche Überdeckung noch geringer. Satelliten eignen sich jedoch als Alarmsystem. Ist ein Ölteppich entdeckt, kann man ein Flugzeug gezielt an die Stelle schicken, um der Ursache auf den Grund zu gehen. Auf diese Weise ließe sich die Ölüberwachung optimieren und kosteneffizienter gestalten.

Es laufen derzeit eine Reihe von Projekten, um die Anwendbarkeit von Satellitendaten bei der Suche nach Ölverschmutzern zu prüfen. Die BfG erforscht im Rahmen der GMES-Initiative OCEANIDES die technischen und wissenschaftlichen Möglichkeiten für die Suche nach Ölspuren. In einer neu gegründeten EU-Expertengruppe wird die Harmonisierung der Ölüberwachungsverfahren angestrebt. In den von der ESA finanzierten GMES-Pilotprojekten verfolgt man die Bereitstellung eines zukünftigen operationellen Services auf Satellitenbasis.

Europas Klima- und Umweltsatellit ENVISAT kann die Wellenhöhen und Windfelder global messen (ESA).

#### Global Monitoring for Environment and Security – GMES

Im Juni 2001 beschlossen die Europäische Kommission und die Europäische Weltraumorganisation (ESA) einen gemeinsamen Aktionsplan mit dem Namen Global Monitoring for Environment and Security, kurz GMES. Der Plan schlägt einen breiteren Ansatz vor, der die Ressourcen terrestrischer, maritimer und weltraumspezifischer Beobachtungssysteme für die Datensammlung auf globaler, regionaler und lokaler Ebene kombiniert. In diesem Kapitel werden einige Projekte im Rahmen von GMES genannt.

Ziel ist die Schaffung von einheitlichen und am Benutzer orientierten europäischen Diensten, welche die für eine langfristige Politikentwicklung erforderlichen Informationen verfügbar machen. Gleichzeitig soll eine rasche Reaktion auf Naturkatastrophen und Konflikte gefördert werden. Satelliten sind zwar nicht die einzige Informationsquelle über den Zustand unseres Planeten, ihre einzigartigen Fähigkeiten stellen sie aber ins Zentrum der GMES-Initiative. Bis 2008 sollen verschiedene Dienste operationell arbeiten.

# Sicher und schnell ans Ziel gelangen



Die Lotsen der Deutschen Flugsicherung kontrollierten 2003 insgesamt rund 2,55 Millionen Flüge. Die Satellitennavigation gehört bereits zum Alltag (DFS).

## Wegweiser im Flugverkehr

**Die Lotsen der Deutschen Flugsicherung, DFS, kontrollierten 2003 insgesamt rund 2,55 Millionen Flüge – das ist ein Plus gegenüber dem Vorjahr von 2,4 %. Damit ist nach den rückläufigen Zahlen in den Jahren 2001 und 2002 fast wieder die Steigerungsrate aus den 90er Jahren von 5 % pro Jahr erreicht. Experten gehen von einem weiter wachsenden Flugaufkommen aus. Dem muss die Navigationstechnik von morgen Rechnung tragen. Große Hoffnungen setzen die Experten hierbei auf die Satellitennavigation. Sie funktioniert bereits heute nahezu weltweit, über ausgedehnten, abgelegenen Landgebieten ohne technische Infrastruktur ebenso wie über Ozeanen.**

Die DFS hat in den vergangenen Jahren bei der Einführung der Satellitennavigation in Europa eine führende Rolle übernommen. Schon seit 1995 ist das GPS als zusätzliches Navigationssystem für den Streckenverkehr und den Anflug (genauer: im Nichtpräzisionsanflugverfahren) zugelassen, also in allen Phasen außerhalb von Start und Landung. In einer zweiten Stufe entfiel 1998 europaweit die Pflicht, die GPS-Informationen im Streckenbereich mit Hilfe der konventionellen Navigationssysteme zu überprüfen. Seitdem dürfen Piloten GPS eigenständig zur Flächennavigation verwenden. Hierbei verläuft die Flugverkehrsstrecke losgelöst von Bodeneinrichtungen, wie Leuchtfeuern. Das ermöglichte es, enge Flugrouten zu entzerren, die Sicherheit zu erhöhen und gleichzeitig Kraftstoff sparende Begradigungen der Strecken vorzunehmen. Ohne Satellitennavigation wäre dies nur mit den in gut ausgerüsteten Verkehrsflugzeugen vorhandenen Inertialsystemen oder mit teuren Flugmanagementsystemen möglich gewesen.

Die dritte Phase trat in Deutschland 1999 in Kraft, als die DFS als erste Flugsicherungsorganisation Europas allein auf GPS beruhende Nichtpräzisionsanflüge auf allen Flughäfen genehmigte. Nichtpräzisionsanflüge unterschieden sich von Präzisionsanflügen auf folgende Weise: Große Flughäfen verfügen über ein Instrumentenlandesystem. Dieses besteht aus zwei Sendern am Ende sowie seitlich der Landebahn. Bei Präzisionsanflügen führt dieses System die ankommenden Flugzeuge wie an einer unsichtbaren Schnur horizontal und vertikal extrem genau auf die Landebahn. Regionalflughäfen sind teilweise nicht oder nur für eine Landerichtung mit diesen aufwändigen und wartungsintensiven Systemen ausgestattet. Für sie ist das satellitengestützte Anflugverfahren eine große Bereicherung, weil sie ihren Service mit geringen zusätzlichen Kosten verbessern konnten. Große Flughäfen mit Instrumentenlandesystem halten das GPS-Verfahren als „Backup“ für Situationen bereit, in denen Bodeneinrichtungen ausgefallen sind oder gewahrt werden. Bei den Nichtpräzisionsanflugverfahren findet die Führung nur horizontal statt, der Sinkflug wird, wie bisher, über barometrische Höhenmesser geführt.

Voraussetzung für den Nichtpräzisionsanflug mit GPS ist jedoch, dass die Sichtbedingungen besser als Kategorie I sind. Das heißt der Pilot muss die Landebahn bereits aus größerer Höhe erkennen können. Außerdem muss in Notfällen ein Ausweichflughafen mit konventioneller Infrastruktur erreichbar sein. Damit müssen auch zukünftig alle Flugzeuge zusätzlich zum GPS-Instrument mit konventionellen Navigationsempfängern ausgestattet sein.

Die Piloten beurteilten das System durchweg als sehr gut handhabbar und die Arbeitsbelastung als gering. Auch die Fluglotsen wickelten die GPS-Flüge problemlos ab.



Sicher und schnell ans Ziel gelangen

Das elektronische Fahrinnen-Informationssystem ARGO leitet die Binnenschiffer anhand einer elektronischen Karte sicher und effizient über die Flüsse (WSD-Südwest).



Sicher und schnell ans Ziel gelangen

Die Landung selbst lässt sich mit Hilfe von Satelliten jedoch noch nicht bewerkstelligen. Dafür reicht die Positionsgenauigkeit des GPS von 20 Metern nicht aus, und auch die Zuverlässigkeit ist nicht in ausreichendem Maße garantiert. Auf dieses Ziel wird jedoch hingearbeitet. Im Frühjahr 2003 nahm EGNOS den technischen Probetrieb auf (siehe Kapitel 1). Damit verbesserte sich die Präzision der GPS-Messung bereits auf etwa sieben Meter, und es werden Anflüge unter schlechteren Sichtbedingungen als mit GPS allein möglich. Ab 2006 soll dann eine Versuchsphase mit DGPS (Ground Based Augmentation System, GBAS) anlaufen, das genauer als EGNOS ist. Ziel ist es, mit DGPS Landeanflüge unter Kategorie-I-Bedingungen zu ermöglichen. In diesen Fällen muss der Pilot die Landebahn aus mindestens 60 Meter Höhe sehen können. Das Fernziel besteht darin, mit weiteren technischen Verbesserungen ab 2010 Flugzeuge auch unter schlechteren Sichtbedingungen von Kategorie II und III satellitengestützt landen zu lassen.

Dies ist nur im Rahmen der Bestimmungen der Internationalen Zivilluftfahrtorganisation ICAO möglich, die hohe Sicherheitsstandards voraussetzen. Das europäische Satellitennavigationssystem Galileo wird hierfür wesentlich bessere Voraussetzungen als das derzeitige GPS bieten. Mit der Beteiligung an EGNOS hat Deutschland seine strategische Zielsetzung hin zu Galileo manifestiert.

## Himmlische Hilfe für den Kapitän

In der Seeschifffahrt hat die Satellitennavigation bereits breiten Einzug gehalten. Seit Mitte 2002 ist sie sogar verpflichtend auf allen Handels- und Sportschiffen. Wesentlich einfacher als früher liefert ein GPS-Empfänger an Bord die Schiffsposition und weitere wichtige nautische

Daten, wie Kurs und Geschwindigkeit über Grund sowie die Vorausrichtung (als so genannte Transmitting Heading Device, THD). Die satellitengestützte Navigation ist benutzerfreundlicher und zuverlässiger als die klassische astronomische Navigation, die bei bedecktem Himmel versagt.

Auf der freien See erfüllt GPS die Genauigkeitsanforderungen von hundert Metern problemlos. Je näher ein Schiff der Küste kommt, desto höher sind die Anforderungen. Im Küstenbereich, der sich zwischen 50 und 100 Kilometer vom Festland erstreckt, kreuzen sich Schifffahrtslinien, und die Gefahr durch Untiefen und Wracks nimmt zu. Jedoch reicht auch hier eine Positionsgenauigkeit von zehn Metern aus, die sich mit der Satellitennavigation realisieren lassen.

Bei der Hafenansteuerung, im „Revier“, muss die Position sogar bis auf etwa einen Meter feststellbar sein. Diese Genauigkeit liefert das Differential GPS (DGPS) durch landseitig zu den Schiffen gesendete Korrektursignale. Auch im Hafen selbst manövrieren die Schiffe unterstützt von DGPS bis an den Pier heran. Einige Fähren nutzen für das genaue Manövrieren zwei GPS-Antennen an Bug und Heck. Dabei können sie sogar Dreh- oder Docking-Manöver mit GPS-Unterstützung ausführen.

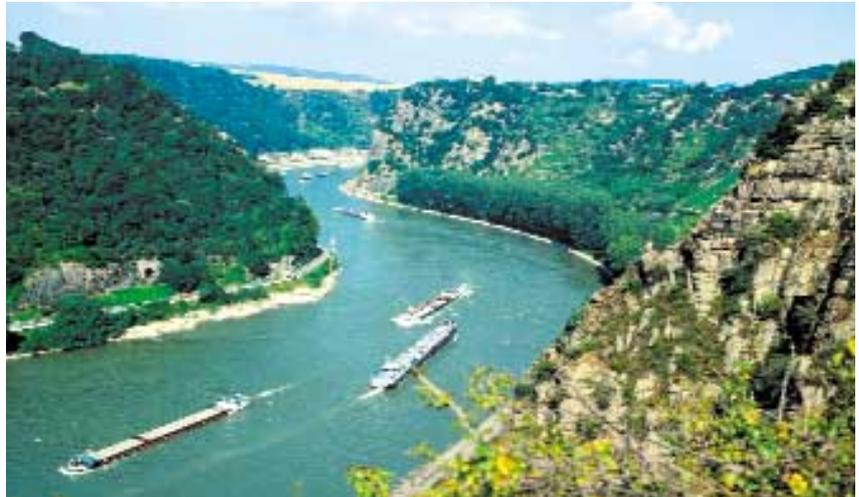
Seine vielfältigen Möglichkeiten entfaltet die Satellitennavigation aber vor allem im Zusammenhang mit dem so genannten Electronic Chart Display and Information System, kurz elektronische Seekarte ECDIS. Seit drei bis vier Jahren wird jedes neue deutsche Schiff damit ausgerüstet, so dass es nur noch eine Frage der Zeit ist, bis ECDIS die konventionelle Papierseekarte ersetzt haben wird.

ECDIS hat gegenüber seinem klassischen Vorgänger eine Reihe von Vorteilen. Verfügt ein Schiff über einen GPS-Empfänger, wird dessen aktuelle Position in die Karte übertragen und die Schiffsbahn kann innerhalb weniger Minuten voraus-

berechnet und ebenfalls angezeigt werden. Gleichzeitig lassen sich wichtige Informationen, wie die Positionen von Wracks und Untiefen, auf den Bildschirm holen. Ein weiterer Vorteil gegenüber Papierseekarten besteht darin, dass die aufwändige Handberichtigung entfällt, da ECDIS durch regelmäßige Updates der Borddatenbasis aktualisiert wird. Ferner lässt sich das Radarbild überlagern, sodass andere Schiffe erkennbar werden. Außerdem kann der Schiffsführer beliebige Bereiche der Karte vergrößern, ohne dass sich die Abbildungsqualität verschlechtert (Vektordarstellung), und Schriften werden beim Drehen der Karte immer aufrecht angezeigt.

In Deutschland erstellt das Bundesamt für Seeschifffahrt und Hydrographie (BSH) die elektronischen Seekarten. ECDIS deckt bereits die deutsche Ostseeküste für die Berufsschifffahrt und mit Ausnahme der Boddengewässer auch für die Sportschifffahrt ab. Bis Ende 2004 sollen auch die deutschen Nordseegebiete vollständig erfasst sein.

Erweitert wird derzeit die Satellitennavigation mit ECDIS durch das Universal Shipborne Automatic Identification System, AIS. Das ist ein automatisches Schiffsidentifikationssystem, mit dessen Hilfe sich Schiffe sofort über Identität, Typ und aktuelle Fahrdaten wie Kurs, Geschwindigkeit, Vorausrichtung und Drehrate anderer Schiffe informieren können, die dieses System ebenfalls installiert haben. Das unterstützt beispielsweise das frühe Erkennen von Manövern und erleichtert die Schiff-zu-Schiff-Kommunikation. Sieht ein Kapitän zum Beispiel auf dem Radarschirm ein nahendes Schiff, kann er es sofort identifizieren und per Funk anrufen. AIS eröffnet auch neue Möglichkeiten zur Überwachung des Verkehrsgeschehens, indem Verkehrszentralen ihre Informationen über AIS-Landstationen erhalten.



Seit Juli 2002 müssen alle Schiffsneubauten mit AIS-Bordsystemen ausgestattet sein. Inzwischen gilt für ältere Schiffe eine Nachrüstungspflicht bis Ende 2004. Das BSH, das in Deutschland für Navigations- und Funkausrüstungen zuständig ist, prüft, ob die AIS-Prototypen unabhängig von Hersteller und Gerätetyp miteinander kommunizieren und in Radar und ECDIS integrierbar sind. Im Jahr 2002 hat es als weltweit erstes Prüflabor ein AIS-Bordsystem für die Serienproduktion zugelassen.

Durch die Kombinationsmöglichkeit von Satellitennavigation, Radar, elektronischer Seekarte ECDIS und dem automatischen Schiffsidentifikationssystem AIS lässt sich ein integriertes Telematiksystem aufbauen, das die Sicherheit auf den Meeren erhöht und gleichzeitig ein effizientes weltweites Flottenmanagement ermöglicht. Unterstützt wird dies durch lokale DGPS-Systeme, wie sie in einigen Häfen installiert sind. Mit ihnen lassen sich beispielsweise Container und Großgeräte orten.

Nicht zuletzt unterstützt die Satellitennavigation Rettungseinsätze bei Havarien und „Mann über Bord“. Ist die genaue Position des Havaristen bekannt, sind Rettungskräfte schneller an Ort und Stelle

Die deutschen Wasserstraßen sind teilweise eng befahren. Das elektronische Fahrinnen-Informationssystem ARGO sorgt für mehr Sicherheit, insbesondere bei schlechter Sicht (WSD-Südwest).

und andere Schiff können leichter zu einem Rendezvous anlegen, um Mannschaft oder Passagiere zu übernehmen. Im Rahmen des seit 1982 arbeitenden Rettungssystems GMDSS (Global Maritime Distress and Safety System) lässt sich neben Seenotmeldungen auf terrestrischem Wege auch ein Notruf über Satelliten-Seenotfunkbaken (EPIRB) absetzen. Hierfür sendet die EPIRB ein standardisiertes Signal aus, das unter anderem die Schiffsposition enthält. Dieses Signal wird von Satelliten empfangen und an eine Rettungszentrale weitergeleitet, die sofortige Hilfsmaßnahmen einleitet. In Deutschland ist dies die Rettungsleitstelle/Seenotleitung Bremen, betrieben von der Deutschen Gesellschaft zur Rettung Schiffbrüchiger.

## Mit ARGO auf dem Rhein

Auf einer Gesamtlänge von rund 7.300 Kilometer werden in Deutschland Flüsse und Kanäle als Wasserstraßen genutzt und jedes Jahr etwa 240 Millionen Tonnen Güter transportiert. Wie in anderen Transportbranchen auch, so zeichnet sich

in der Binnenschifffahrt ein Trend zu größeren Schiffen ab: Immer mehr Güter werden mit weniger Schiffen befördert, die aber immer größer und schneller werden. Das stellt erhöhte Anforderungen und erfordert eine optimale Ausnutzung der Wasserstraßen. Telematiksysteme, deren Entwicklung das Bundesverkehrsministerium fördert, können die vorhandene Verkehrsinfrastruktur effizienter gestalten. Im großen Rahmen sollen sie überdies das Transportgeschehen von Straße, Schiene und Wasser effizient vernetzen und zu einem integrierten Gesamtsystem werden lassen.

Seit April 2003 steht den Binnenschiffern auf dem Rhein das elektronische Fahrrinnen-Informationssystem ARGO (Advanced River Navigation) zur Verfügung. Dies ist eine Anwendung des so genannten Inland-ECDIS, einer Erweiterung des für die Seeschifffahrt eingeführten ECDIS. Beide Systeme sind miteinander kompatibel, was in den Mündungsgebieten der Flüsse wichtig ist, wo sich See- und Binnenschifffahrt mischen.

Voraussetzung für ARGO ist eine elektronische Wasserstraßenkarte, die eine Fülle von wichtigen Informationen enthält, wie die Uferlinie, Uferbauwerke, Umriss der Schleusen und Wehre, Gefahrenstellen unter und über Wasser, Tonnen, Baken und Lichtzeichen. Ein Empfänger an Bord des Schiffes lokalisiert mit Hilfe von DGPS seine aktuelle Position bis auf einen Meter genau und überträgt diese in die Karte. Auf diese Weise lässt sich das Schiff sehr genau lotsen und damit die Fahrrinne effizienter nutzen. Für den Schiffsführer bedeutete dies: Er kann sein Schiff optimal beladen und die Gefahr der Grundberührungen verringern. ARGO erhöht damit nicht nur die Effizienz der Binnenschifffahrt, sondern trägt auch zur Verkehrssicherheit bei.

Auslöser für das von der Wasser- und Schifffahrtsverwaltung des Bundes in Zusammenarbeit mit der Universität Stuttgart realisierten Projektes ARGO war die unbefriedigende Situation im



Mittelabschnitt des Rheins zwischen Mainz und Koblenz. Im Vergleich zu der ober- und unterhalb gelegenen Strecke, steht auf diesem rund 49 Kilometer langen Streckenabschnitt nur eine Fahrrinntiefe von 1,90 Meter zur Verfügung. Durch diesen Rheinabschnitt transportieren jährlich rund 60.000 Schiffe insgesamt circa 60 Millionen Gütertonnen.

Für die Schifffahrt ist es deshalb wichtig, in der Engpassstrecke die durchaus vorhandenen, aber nicht auf voller Fahrrinnenbreite verfügbaren, größeren Wassertiefen bestmöglich auszunutzen. Dies war bisher nur sehr streckenkundigen Schiffsführern möglich. Im Rahmen von ARGO liegen dem Kapitän nun genauere Informationen über die Lage der Fahrrinne und über die aktuell verfügbaren Wassertiefen vor.

Nachdem ARGO auf dem Rhein routinemäßig arbeitet, wird das System schrittweise auch auf anderen Flüssen in Deutschland erprobt und soll in absehbarer Zeit überall verfügbar sein. Gleichzeitig bereiten auch die Donau-Anliegerstaaten erste Tests dieses Telematiksystems vor und östliche Länder wie Tschechien und Polen haben Interesse daran bekundet.

## Satelliten überwachen Güterwaggons

Seit Mitte 2003 fahren täglich zwischen den Werken und Zulieferern des Volkswagen-Konzerns mehrere hundert neu gebaute Güterwagen, um Teile und Komponenten für die Produktion zu transportieren. Dabei werden allein zwischen den europäischen Werken mehrere Millionen Tonnen Fracht pro Jahr befördert. Die einzelnen Waggons sind nicht nur auf die speziellen Bedürfnisse der zu

transportierenden Teile konzipiert, sondern verfügen überdies über fest installierte GPS-Geräte und mehrere Sensoren. Via Satellit kann damit das Kundenservicezentrum von DB Cargo die Positionen der Wagen jederzeit kontrollieren und Auskunft über deren Beladezustand erhalten. Bei Transportabweichungen können eventuell notwendige Sondermaßnahmen eingeleitet werden.

Dies ist nur ein Beispiel von vielen für den Einsatz des satellitengestützten Ortungs- und Navigationssystems bei DB Cargo. Insgesamt rollen unter ihrer Flagge rund 120.000 Güterwagen über die Schienen, mehr als die Hälfte davon im europäischen Ausland. Mit der EU-Erweiterung nach Osteuropa wird dieser Trend weiter zunehmen. Insbesondere in Süd- und Osteuropa ist die Zusammenarbeit mit den Kollegen in Deutschland nicht optimal, sodass einzelne Waggons oder auch ganze Züge auf Abstellgleisen landen und in Vergessenheit geraten können.

Um solche Fälle zu vermeiden, hat DB Cargo bislang rund 13.000 Güterwagen unterschiedlicher Bauarten mit Satelliten-Ortungsgeräten ausgerüstet – insbesondere mit Blick auf „gefährdete Auslandsverkehre“. Die Ortungsgeräte befinden sich in einer gekapselten Einheit, die mit den Waggons fest verschweißt ist. Eine Batterie versorgt sie etwa sechs Jahre lang mit Strom. Darüber hinaus gibt es 400 mobile GPS-Geräte, davon 150 mit Schutz für besonders gefährdete Bereiche. Mit ihnen lassen sich gezielt ganze Züge oder Einzelwagen überwachen. Auf diese Weise kann man mit einem einzigen Gerät den Verlauf eines ganzen Zuges überwachen.

Die Datenübertragung erfolgt im GSM-Netz (Global System for Mobile Communication) in Form einer SMS-Nachricht – ähnlich wie bei einem Handy – an einen Empfangsrechner in der Duisburger Zentrale. Dort prüft ein Computer den Ist-Zustand mit den vorgegebenen Sollwerten und meldet unverzüglich Abwei-

Sicher und schnell ans Ziel gelangen



Unter der Flagge von Railion (DB Cargo) rollen rund 120.000 Güterwaggons über die Schienen. Etwa 13.000 Güterwagen sind mit Satelliten-Ortungsgeräten ausgerüstet (Railion).

chungen. Auch die Kunden können einen Internetzugang erhalten und damit Transportstatus-Informationen über ihre Güterwagen zeitnah abrufen und damit aktuell planen.

Eine starke Aufwertung erfährt dieses System, indem man es mit Sensoren kombiniert, die bestimmte Zustandsgrößen in den Waggons messen und diese zusammen mit der aktuellen Position an die Zentrale melden. So registrieren Sensoren beispielsweise das Öffnen von Türen und dienen als Diebstahlmelder oder informieren über den Zeitpunkt einer Be- oder Entladung. Drucksensoren an den Federungen können den Beladezustand feststellen, und Temperatursensoren überprüfen das Funktionieren einer Klimaanlage. Auf diese Weise lassen sich auch technische Daten des Güterwagens wie die Laufleistung, der Bremssohlenzustand oder Lauflagerschäden messen. Dies alles trägt somit auch zur Sicherheit der Gütertransporte bei.

Bislang basieren alle beschriebenen Anwendungen der Satellitennavigation auf dem amerikanischen System GPS. Diese sind jedoch problemlos auf das geplante System Galileo übertragbar.

## Erreiche ich noch den Intercity?

Rund 4,7 Millionen Menschen fahren jeden Tag mit den Zügen der Deutschen Bahn AG. Bei dem teilweise sehr eng getakteten Zeitplan lassen sich Verspätungen grundsätzlich nicht ausschließen. Da taucht oft die Frage auf: Erreiche ich noch meinen Intercity?

Um ihren Kunden diese Frage zuverlässig beantworten zu können, führt die Deutsche Bahn das ReisendenInformations-

System, RIS, ein. Dessen Schwerpunkt liegt auf der Steigerung der Informationsqualität in Bahnhöfen und Zügen. Gleichzeitig schließt RIS alle vorhandenen Informationskanäle für Kunden und Mitarbeiter ein.

RIS stellt die Infrastruktur bereit, die Fahrplan- und Ist-Daten sammelt, verarbeitet und an die Stellen verteilt, an denen sie zur qualifizierten Information der Kunden benötigt werden. So melden beispielsweise an den Hauptstrecken fest installierte elektronische Sensoren die aktuellen Positionen der vorbeifahrenden Züge an den RIS-Zentralcomputer. Mit Hilfe dieser Daten wird im Verspätungsfall der Fahrplan des betreffenden Zuges aktualisiert, Anschlüsse werden neu disponiert und die Daten unter anderem an die Bahnhöfe und Zugbegleiter weitergeleitet. Die Kommunikation mit den Zugbegleitern erfolgt mittels des RIS-Communicators, eines Taschencomputers mit Mobilfunktechnik.

Die Nebenstrecken sind jedoch weitgehend nicht mit Sensoren ausgestattet. Hier muss der Zugbegleiter die An- und Abfahrtszeiten und etwaige Verspätungen selbst über seinen Communicator melden.

RIS wird jedoch ständig weiterentwickelt. Beispielsweise ist geplant, ab 2005 einen Großteil der Nahverkehrszüge, insbesondere auf den Nebenstrecken ohne Zugbegleiter, mit GPS-Geräten auszustatten. RIS-RegioZug ermittelt die Zugposition per GPS und leitet sie über Mobilfunk an den RIS-Zentralrechner weiter. Reisende in Regionalzügen werden dann durch automatische Lautsprecherdurchsagen mit aktuellen Informationen über den weiteren Reiseverlauf informiert. In den Zug gelangen die Informationen per Mobilfunk.

# Glossar

<b>ARGO</b>	Advanced River Navigation. <a href="http://www.elwis.de/telematik/argo">www.elwis.de/telematik/argo</a>
<b>BMVBW</b>	Bundesministerium für Verkehr, Bau- und Wohnungswesen. <a href="http://www.bmvbw.de">www.bmvbw.de</a>
<b>DLR</b>	Deutsches Zentrum für Luft und Raumfahrt. <a href="http://www.dlr.de">www.dlr.de</a>
<b>DWD</b>	Deutscher Wetterdienst. <a href="http://www.dwd.de">www.dwd.de</a>
<b>BfG</b>	Bundesamt für Gewässerkunde. <a href="http://www.bfg.de">www.bfg.de</a>
<b>BSH</b>	Bundesamt für Seeschifffahrt und Hydrographie. <a href="http://www.bsh.de">www.bsh.de</a>
<b>DGPS</b>	Differential Global Positioning System.
<b>ECDIS</b>	Electronical Chart and Display Information System. <a href="http://www.elwis.de/telematik/argo/historie/inland-eccdis-standard">www.elwis.de/telematik/argo/historie/inland-eccdis-standard</a>
<b>EGNOS</b>	European Geostationary Navigation Overlay Service. <a href="http://www.esa.int/export/esaNA/GGG63950NDC_index_0.html">www.esa.int/export/esaNA/GGG63950NDC_index_0.html</a>
<b>ERS</b>	European Radar Satellite. <a href="http://www.esa.int/export/esaEO/SEMGWH2VQUD_index_0_m.html">www.esa.int/export/esaEO/SEMGWH2VQUD_index_0_m.html</a>
<b>ESA</b>	Europäische Weltraumbehörde. <a href="http://www.esa.int">www.esa.int</a>
<b>EUMETSAT</b>	European Organisation for the Exploitation of Meteorological Satellites. <a href="http://www.eumetsat.de">www.eumetsat.de</a>
<b>Galileo</b>	Europäisches Satellitennavigationsystem. <a href="http://www.dlr.de/galileo">www.dlr.de/galileo</a>
<b>GLONASS</b>	Russisches Satellitennavigationsystem. <a href="http://www.glonass-center.ru/frame_e.html">www.glonass-center.ru/frame_e.html</a>
<b>GMES</b>	Global Monitoring for Environment and Security. <a href="http://www.gmes.info">www.gmes.info</a>
<b>GOES</b>	Geostationary Orbiting Environmental Satellite
<b>GPS</b>	Global Positioning System
<b>METEOSAT</b>	European geostationary Meteorological Satellite. <a href="http://www.eumetsat.de">www.eumetsat.de</a>
<b>MSG</b>	METEOSAT Second Generation. <a href="http://www.eumetsat.de">www.eumetsat.de</a>
<b>NOAA</b>	National Oceanic and Atmospheric Administration. <a href="http://www.noaa.gov">www.noaa.gov</a>
<b>POES</b>	Polar Orbiting Environmental Satellite
<b>SAF</b>	Satellite Application Facility. <a href="http://www.eumetsat.de/saf">www.eumetsat.de/saf</a>
<b>SAR</b>	Synthetic Aperture Radar

## Das DLR im Überblick

Das DLR ist das nationale Forschungszentrum der Bundesrepublik Deutschland für Luft- und Raumfahrt. Seine umfangreichen Forschungs- und Entwicklungsarbeiten sind in nationale und internationale Kooperationen eingebunden. Über die eigene Forschung hinaus ist das DLR als Raumfahrtagentur im Auftrag der Bundesregierung für die Umsetzung der deutschen Raumfahrtaktivitäten zuständig.

In 28 Instituten an den acht Standorten Köln-Porz, Berlin-Adlershof, Bonn-Oberkassel, Braunschweig, Göttingen, Lampoldshausen, Oberpfaffenhofen und Stuttgart beschäftigt das DLR ca. 5.100 Mitarbeiterinnen und Mitarbeiter.

Das DLR unterhält Außenbüros in Brüssel, Paris und Washington.

Die Mission des DLR umfasst die Erforschung von Erde und Universum, Forschung für den Erhalt der Umwelt und umweltverträgliche Technologien, zur Steigerung der Mobilität sowie für Kommunikation und Sicherheit. Das Forschungsportfolio des DLR reicht von der Grundlagenforschung zu innovativen Anwendungen und Produkten von morgen. So trägt das im DLR gewonnene wissenschaftliche und technische Know-how zur Stärkung des Industrie- und Technologiestandortes Deutschland bei. Das DLR betreibt Großforschungsanlagen für eigene Projekte sowie als Dienstleistung für Kunden und Partner. Darüber hinaus fördert das DLR den wissenschaftlichen Nachwuchs, betreibt kompetente Politikberatung und ist eine treibende Kraft in den Regionen seiner Standorte.



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

**Raumfahrtmanagement**  
Königswinterer Straße 522-524  
53227 Bonn

[www.dlr.de/Raumfahrtmanagement](http://www.dlr.de/Raumfahrtmanagement)