



Bundesministerium
für Verkehr, Bau
und Stadtentwicklung

Satellitendaten für den täglichen Einsatz

Raumfahrt im Bundesministerium für Verkehr, Bau und Stadtentwicklung



Verkehr Mobilität Bauen Wohnen Stadt Land Verkehr Mobilität Bauen
Wohnen Stadt Land www.bmvbs.de Verkehr Mobilität Bauen Wohnen
Stadt Land Verkehr Mobilität Bauen Wohnen Stadt Land Verkehr Mobilität

Inhalt

Hilfe von oben - Satelliten liefern nützliche Daten	1
Wächter am Himmel - Globale Umwelt- und Sicherheitsüberwachung	6
Wetter und Klima - Satelliten warnen	11
Hilfe auf den Meeren und an der Küste	25
Satelliten weisen den Weg	33

Hilfe von oben- Satelliten liefern nützliche Daten



Bilder und Daten von Satelliten kommen heute in vielen Bereich des täglichen Lebens zum Einsatz (Grafik: ESA)

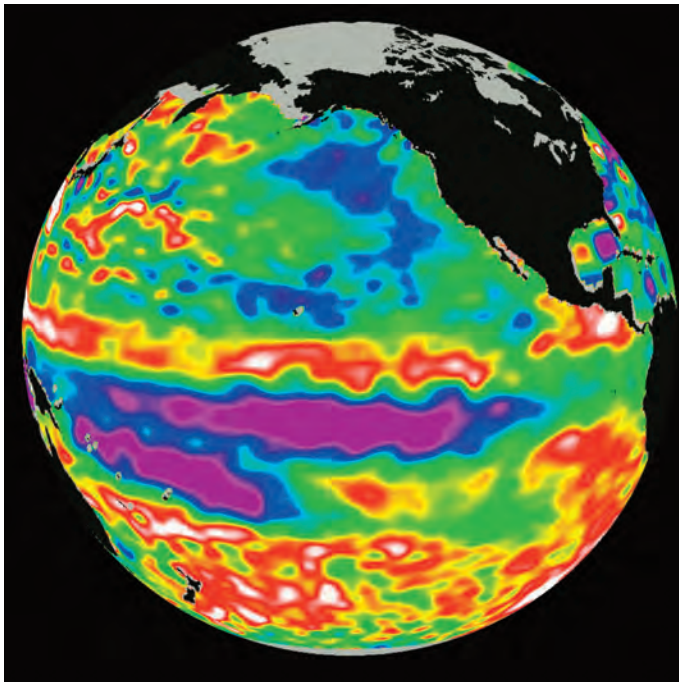
Am Beginn des 21. Jahrhunderts sieht sich Deutschland, wie alle Länder einer Reihe von neuen Herausforderungen gegenüber. In globalem Maßstab vollzieht sich ein Klimawandel, Unwetter scheinen sich zu häufen. Klima und Wetter bedürfen daher einer ständigen Überwachung, auch mit dem Ziel, verlässliche 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 wachsender Verkehrsströme immer bedeutender. Ohne Einschränkung heutiger Sicherheitsstandards soll 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 gewinnen Satelliten zunehmend an Bedeutung. Zur Kommunikation, Navigation und Beobachtung der Erde sind weltraumgestützte Infrastrukturen entstanden, deren Vorteile aus unserem täglichen Leben nicht mehr wegzu-

denken sind. Sie werden 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 Stadtentwicklung (BMVBS) fördert aus beiden Bereichen Bau und Betrieb der operationell arbeitenden Systeme. Deutschland übernimmt damit im europäischen Rahmen eine besondere Verantwortung und gibt nicht nur den nachgeordneten Einrichtungen wie dem Deutschen Wetterdienst oder dem Bundesamt für Seeschifffahrt und Hydrographie wertvolle Daten an die Hand. In der Meteorologie sind die Informationen aus dem Weltraum schon seit über vier Jahrzehnten unerlässlich, in anderen Gebieten wie der Flugsicherheit, im Straßenverkehr oder bei der Navigation auf hoher See sind sie bereits Routine, in anderen Bereichen wie der Meeresumwelt oder im Bahnverkehr halten sie gerade erst Einzug.

In unregelmäßigen Abständen bildet sich im äquatorialen Pazifik eine warme Meeresströmung aus, die man El Niño nennt. Sie führt weltweit zu teils dramatischen Wetterverhältnissen. Mit Satelliten lässt sich ein erneutes Erwachen von El Niño (hier in einer Aufnahme vom August 1998 als violette Band erkennbar) entdecken (Bild: NOAA).



Die Erde im Fokus

Erdbeobachtende Satelliten bilden die Atmosphäre und die Oberfläche unseres Planeten in unterschiedlichen Wellenlängenbereichen ab. So ist es möglich, Bilder nur auf Basis des

blauen, grünen oder roten sichtbaren Lichts zu erzeugen, sowie auch elektromagnetische Strahlung abzubilden, die für das menschliche Auge unsichtbar ist. Auf diese Weise können vielfältige Informationen über Atmosphären- und Oberflächeneigenschaften gewonnen und thematische Karten erstellt werden. Es ist beispielsweise möglich, Vegetationsarten zu unterscheiden sowie Pflanzenwachstum und Pflanzenzustand zu beurteilen. Damit lassen sich Waldbestände oder landwirtschaftlich genutzte Flächen inventarisieren, kranke von gesunden Bäumen unterscheiden, Ernteprognosen erstellen und vieles mehr. Meerestemperaturen sind messbar, so dass sich ungewöhnliche Klimaereignisse wie El Niño beobachten lassen.

Satelliten, die im Bereich des sichtbaren Lichts und der längerwelligen Infrarotstrahlung die Erde beobachten, zählen zu den passiven Systemen. Sie fangen von der Erde reflektiertes Licht auf, stoßen jedoch an ihre Grenzen, wenn es auf der Erde Nacht ist oder Wolken aufziehen.

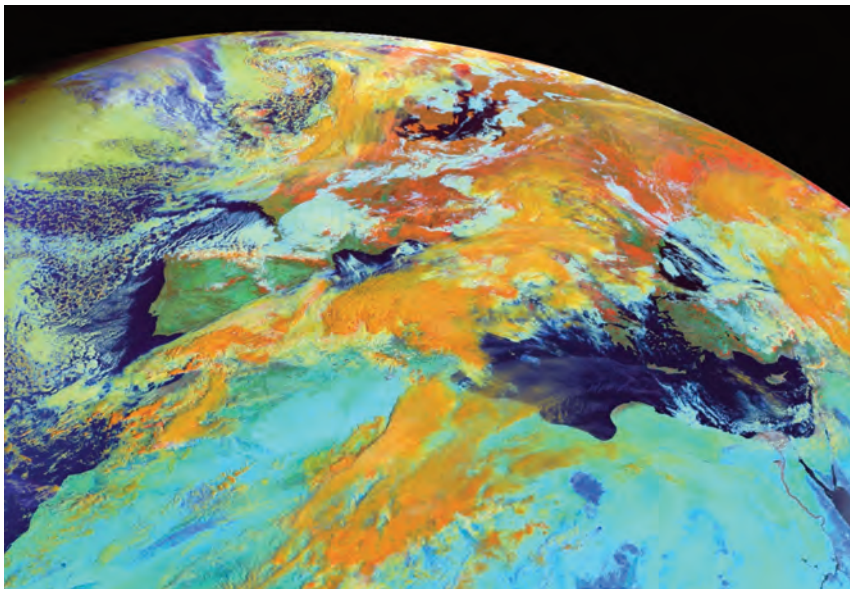
Satelliten, die im Wellenlängenbereich des Radar arbeiten, können dieses Problem umgehen und darüber hinaus andere Oberflächeneigenschaften abbilden. Diese aktiven Satelliteninstrumente schaffen sich ihre eigene Beleuchtung, indem sie Mikrowellen (Radar) oder auch Laserlicht (Lidar) abstrahlen. Diese werden von der Erdoberfläche reflektiert und von der Satellitenantenne wieder aufgefangen. Somit kann die Erde bei Tag und bei Nacht sowie mit Radar durch die Bewölkung hindurch beobachtet werden. Darüber hinaus lassen sich mit den neuen Systemen Richtung und Geschwindigkeit des Windes, die Struktur der Meeresoberfläche und viele andere Parameter bestimmen.

Radarsatelliten tasten die Erdoberfläche und Meere mit Radiowellen ab. Daher sind sie vom Sonnenlicht unabhängig und können auch Wolken durchleuchten (Grafik: DLR).

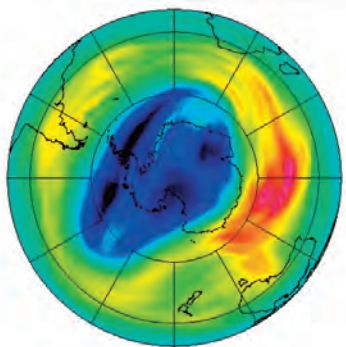
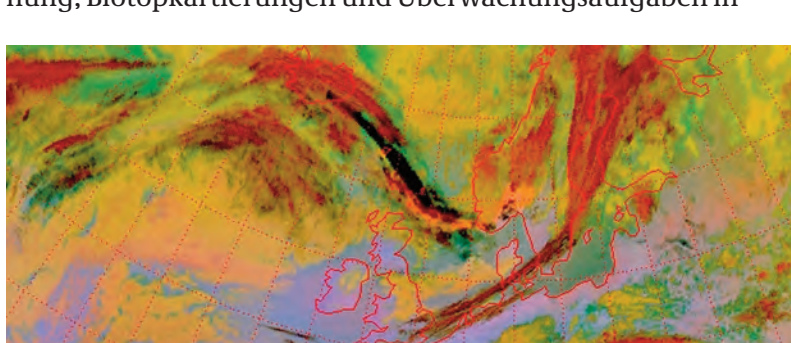


In der Öffentlichkeit am bekanntesten und in der Anwendung schon klassisch zu nennen sind die Wettersatelliten. Sie sind unverzichtbar bei der Wettervorhersage und bei Unwetterwarnungen. Außerdem tragen sie auch zunehmend zur Klimaforschung bei. Wettersatelliten sind speziell für die Messung der physikalischen 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 messen.

Falschfarbenaufnahme vom März 2005, gewonnen mit Meteosat 8, deren unterschiedliche Farben die Temperatur der Wolken anzeigen (Foto: Eumetsat).



Im April 2010 bewegte sich die Rauchwolke des isländischen Vulkans Eyjafjallajökull über Europa und führte zu einem mehrtägigen Flugverbot. Die mit Meteosat 9 gewonnene Falschfarbenaufnahme vom 15. April zeigt die Wolke als längliches Band über England und Schweden (Foto: Eumetsat/DLR).



Die Beobachtung der Entwicklung des antarktischen Ozonlochs gehört mittlerweile zu den Routineaufgaben von Satelliten. Hier die Situation im September 2007 (Foto: KNMI/ESA).

Die Erdbeobachtung kommt aber heute in vielen weiteren öffentlichen, kommerziellen und wissenschaftlichen Bereichen zum Einsatz. Sie ist bei maritimen und meereskundlichen Routineprodukten wie Karten zur Eisbedeckung, Oberflächentemperatur und Seegangsvorher-

sage unverzichtbar geworden. Satellitendaten unterstützen den Schutz der Meere, indem Ölteppiche nachgewiesen und Umweltsünder aufgespürt werden.

Die Zusammensetzung der Atmosphäre zur Beurteilung der Luftqualität und Konzentration von Aerosolen wie Staub oder Asche wird von Satelliten gemessen.

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 in der Optimierung landwirtschaftlicher Subventionsmaßnahmen oder beim Aufbau von Mobilfunksystemen.

All diese Anwendungen werden vom Programm „Global Monitoring for Environment and Security (GMES)“ auf europäischer Ebene getragen und koordiniert. GMES schafft, nach dem Vorbild der europäischen Wettersatellitenprogramme, die langfristige Planungssicherheit für die entsprechenden Dienste und die dafür nötigen Satelliten.

Satellitennavigation – weltweit und punktgenau

Neben den Satelliten für Erdbeobachtung bilden Positions- und Navigationssysteme eine wichtige Säule der modernen, nutzerorientierten Weltraumtechnologie. Navigationssatelliten werden immer mehr zum Schlüsselement für die Vernetzung der Verkehrsträger zu einem integrierten Gesamtverkehrssystem.

Das zukünftige europäische Satellitennavigationssystem Galileo wird Anwendungen ermöglichen, die weit über bloße Positions- und genaue Zeitbestimmung hinaus reichen. Zukünftige Anwendungen werden integrierte Dienste sein, wobei Navigationsdaten mit mobiler Telekommunikation und grafischen Informationssystemen sowie Datenbanken kombiniert werden.



Das zukünftige europäische Satellitennavigationssystem Galileo soll eine Vernetzung der Verkehrsträger zu einem integrierten Gesamtverkehrssystem gewährleisten (Grafik: ESA).

Galileo ist von eminenter Bedeutung für Europa und die europäische Wirtschaft, darüber hinaus ist Galileo ein Pfeiler der Europäischen Raumfahrtspolitik und steht für die weltraumpolitischen, technologischen und innovativen Ambitionen Europas. Galileo garantiert die Unabhängigkeit Europas und stärkt die Wettbewerbsfähigkeit der heimischen Industrie. Ohne ein eigenes System würde sich Europa in eine mittel- bis langfristige Abhängigkeit von militärisch kontrollierten Systemen begeben, über deren Qualität, Verfügbarkeit oder Preis es kaum oder gar keine Kontrolle ausüben kann.

Der Aufbau von Galileo geht mit besonderen Anstrengungen zur Entwicklung von Anwendungen und Diensten einher, wodurch die Position der europäischen Unternehmen gestärkt wird, da sie Know-how entwickeln und Nischenanwendungen anbieten können. Mehr Informationen liefert das letzte Kapitel.

Wächter am Himmel - Globale Umwelt- und Sicherheitsüberwachung

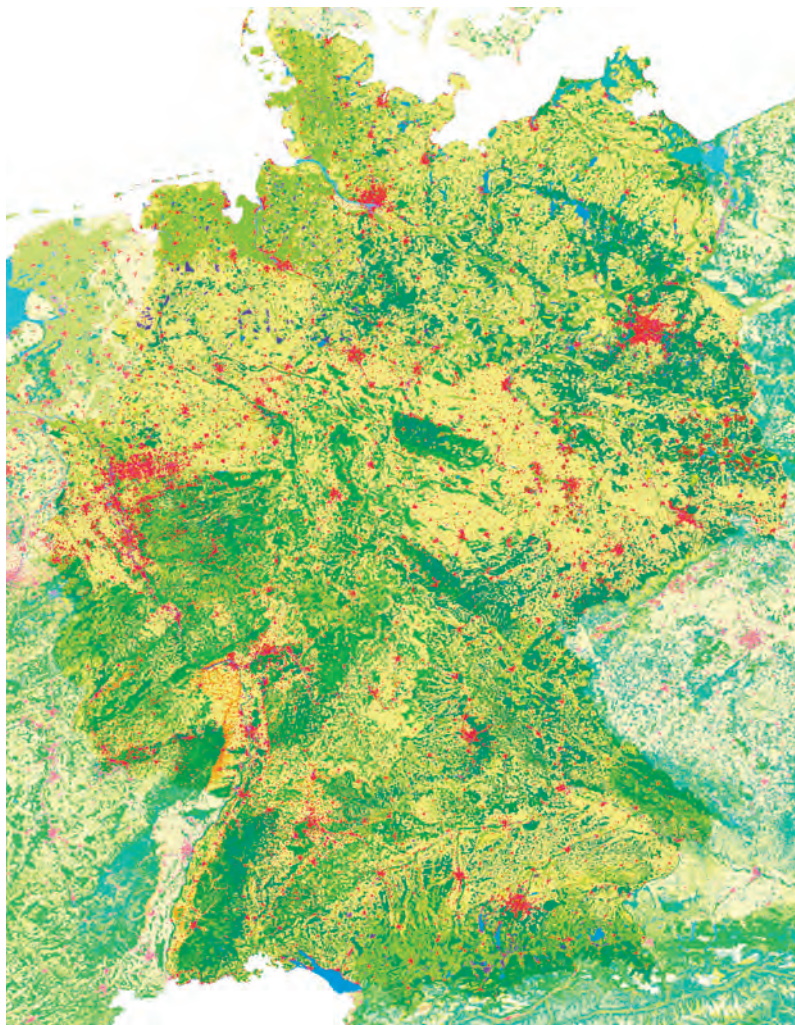
Satelliten spüren Versiegelungsflächen auf

In welchem Ausmaß verändern sich die vom Menschen genutzten Flächen? Welcher Belastung sind Mensch und Umwelt durch die Art und Weise der Inanspruchnahme von Flächen ausgesetzt? Für die Klärung dieser und anderer Fragen ist die Erhebung von Landnutzungsdaten mit Satellitenaufnahmen ein wichtiges Hilfsmittel. Mit dem Projekt CORINE (Coordinated Information on the Environment) Land Cover steht hierfür ein Informationssystem im Rahmen des GMES Landservice zur Verfügung. Es hat zum Ziel, europaweit einheitliche, vergleichbare Daten der Bodenbedeckung zu erstellen.

Diese Deutschlandkarte aus dem Projekt CORINE Land Cover zeigt die gegenwärtige Landnutzung. Grüntöne: Unterschiedliche Baumarten und Grasland, rot: Städte und bebaute Flächen, violett: Feuchtgebiete, gelb und braun: landwirtschaftliche Flächen vor und nach der Ernte, blau: Wasser (Bild: DLR).

Im Bereich des BMVBS nutzt das Bundesinstitut für Bau-, Stadt- und Raumforschung (BBSR) im Bundesamt für Bauwesen und Raumordnung (BBR) unter anderem diese Daten für seinen Raumordnungsbericht. Eine der Aufgaben des BBSR ist die Beobachtung von quantitativen Veränderungen der Siedlungs- und Verkehrsflächen. Insbesondere der zunehmenden Versiegelung wird große Aufmerksamkeit geschenkt. Amtliche Statistiken erfassen den Versiegelungsgrad nicht direkt. Sie geben zwar an, wie viel Fläche jährlich in Siedlungs- und Verkehrsflächen umgewandelt wird, aber sie geben nicht an, wo dies geschehen ist. Dies ist für die Kontrolle siedlungspolitischer Ziele ein Manko. Satellitenbilder bieten hier eine Möglichkeit, diesen Zustand zu verbessern.

Im Juni 2001 beschlossen die Europäische Kommission und die Europäische Raumfahrtbehörde (ESA) einen gemeinsamen Aktionsplan mit dem Namen Global Monitoring for Environment and Security (GMES). Das Ziel ist, die Vielzahl an Erdbeobachtungsdaten so zu verknüpfen, ergänzen und nachhaltig zu machen, dass ein eigenständiges europäisches System für die globale Umwelt- und Sicherheitsüberwachung entsteht. Dieses dauerhaft verfügbare und nutzerfreundliche System dient der Unterstützung von Entscheidungsträgern in Politik, Behörden und Wirtschaft und stützt eine Vielzahl von Anwendungen in der Daseinsvorsorge. In Deutschland liegt die Verantwortung für GMES beim BMVBS.



In GMES wird die satellitengestützte Erdbeobachtung mit terrestrischen, flugzeuggestützten, maritimen und weiteren Datenquellen verknüpft. Dies ermöglicht es, verlässliche Informationsdienste für verschiedene Anwendungsbereiche bereitzustellen. Die Dienste bereiten die Erdbeobachtungsinformationen auf und stellen sie Entscheidungsträgern sowie europäischen, nationalen, regionalen und lokalen Nutzern als Entscheidungs- und Planungsgrundlagen zur Verfügung. Sie gewährleisten die systematische Überwachung der Landflächen, etwa zur Umwelt- und Raumplanung, sowie der Ozeane und der Atmosphäre sowohl auf regionaler wie auch auf globaler Ebene, z.B. zur Luft- und Schiffsverkehrsunterstützung. Notfalldienste unterstützen Behörden und Hilfsorganisationen bei Katastrophen. Ebenso werden präzise Daten zu sicherheitsrelevanten Aspekten produziert. Hierzu zählt die Schiffserkennung auf den Meeren, Grenzschutzmaßnahmen, globale Stabilität und vieles mehr. Außerdem tragen spezielle Dienste dazu bei, die Auswirkungen des Klimawandels zu beobachten und Abhilfemaßnahmen zu bewerten.

GMES wird seit 2001 von der ESA und der EU schrittweise von der Forschung und Entwicklung erfolgreich in den operativen Betrieb überführt. Dies umfasst neben der langfristigen Sicherung der notwendigen Satellitenprogramme und entsprechenden Maßnahmen in der Bodeninfrastruktur auch die nachhaltige Organisation und Finanzierung der Informationsdienste. Gleichzeitig werden die Dienste aber stetig weiterentwickelt.

Ein wichtiges Ziel von GMES besteht darin, handfeste Daten über globale Veränderungen zu liefern. Neben dem Monitoring physikalischer und chemischer Größen, wie der Temperatur der Meere oder der Zusammensetzung der Atmosphäre, stehen auch anthropogene Veränderungen wie das Wachstum urbaner Gebiete oder Abholzungen von Wäldern auf dem Programm. GMES ist somit auch ein wesentlicher Baustein des Global Earth Observation System of Systems (GEOSS). GEOSS geht auf eine im Jahr 2005 in Brüssel von etwa 40 Staaten beschlossene Initiative zur Förderung der internationalen Zusammenarbeit in der Erdbeobachtung zurück. Mittlerweile hat sich die Anzahl der beigetretenen Staaten zur „Group on Earth Observations“ (GEO) mehr als verdoppelt, und auch zahlreiche nicht-staatliche Organisationen unterstützen die Umsetzung der Initiative. Auch Deutschland unterstützt von Beginn an diese Initiative. Die deutschen Beiträge werden direkt oder mittelbar über GMES oder andere europäische und internationale Initiativen eingebracht. Als übergeordnetes Ziel soll ein globa-

les Erdbeobachtungssystem geschaffen werden, das auch Entwicklungsländer nutzen können. Es soll der zunehmend mit globalen Problemen konfrontierten Politik als Grundlage für zukunftsfähige Entscheidungen dienen. Die politische Leitung in Deutschland für GEO liegt ebenfalls beim BMVBS.

Die Wachposten in der Erdumlaufbahn

Kern des operationell arbeitenden GMES bildet eine Satellitenserie mit der Bezeichnung Sentinels (deutsch: Wachposten). Sie werden ab 2012 zentrale Aufgaben der Erdbeobachtung operationell (also im Routinebetrieb) abdecken. Beim Bau der Sentinels wird auf bestehende Erfahrungen so weit wie möglich aufgebaut, um Entwicklungskosten zu sparen und Risiken zu minimieren. Ähnlich wie bei den Wettersatelliten wird jeder Sentinel aus mehreren baugleichen Satelliten bzw. Messinstrumenten bestehen, so dass ein langfristiges Monitoring garantiert ist. Bis auf Sentinel-4 werden alle Satelliten dieser Serie auf polaren Bahnen laufen. Sie haben folgende Aufgaben.

Sentinel-1, Start: Dezember 2012. Der rund 2,2 Tonnen schwere Satellit basiert auf den Erfahrungen mit den Satelliten ERS 1 und 2 sowie Envisat. Er wird die Erde auf einer polaren Bahn in 700 Kilometern Höhe umrunden und die Erdoberfläche bei einer Wellenlänge von sechs Zentimetern abtasten. Das Radarinstrument kann in vier verschiedenen Beobachtungsmodi arbeiten, die sich vor allem in der Breite des erfassten Korridors und in der Auflösung bis herunter zu fünf Metern unterscheiden. So kann Sentinel-1 auf unterschiedliche Anforderungen reagieren. Der Satellit ist für ein breites Aufgabenspektrum in den Bereichen Umwelt und Sicherheit ausgelegt. Dazu zählt das Monitoring der polaren Eiskappen ebenso wie die Beobachtung von Umweltereignissen wie Waldbränden. Darüber hinaus lassen sich humanitäre Hilfsprojekte nach Naturkatastrophen und nachfolgende Aufbaumaßnahmen mit seinen genauen und aktuellen Karten leichter koordinieren.

Sentinel-1 wird ab 2012 die Erde mit einem Radar abtasten. Das Instrument ist unten im Bild als mastartige Konstruktion zu erkennen (Grafik: ESA).



Sentinel-2, Start Mai 2013. Der rund 1,1 Tonnen schwere Satellit wird in 786 Kilometern Höhe kreisen. Er ist gewissermaßen die optische Mission von GMES und basiert auf der Technik der Spot-Satelliten. Das Multispektral-Instrument MSI erzeugt optische Bilder der Erdoberfläche in 13 Farbkanälen vom Bereich des sichtbaren Lichts bis zum nahen Infrarot. Mit einer Auflösung von bis zu 10 Metern bei einer Bildbreite von 290 Kilometern liefert Sentinel-2 damit umfassend und nachhaltige Daten, die als Grundlage für operationelle Dienste in den Bereichen Landwirtschaft (Nutzung, Bedeckung, Versiegelung), Forstwirtschaft (Bestand, Schäden, Waldbrände), Katastrophenschutz (Management, Frühwarnung) und humanitäre Hilfseinsätze dienen.



Sentinel-2 beobachtet die Erde ab 2013 im Bereich des sichtbaren Lichts (Grafik: ESA, P. Carril).

Sentinel-3, Start April 2013. Der ungefähr 1,3 Tonnen schwere Satellit wird die Erde in 814 Kilometern Höhe umkreisen und insbesondere die Überwachung der Meere zum Ziel haben. Er basiert auf den Erfahrungen mit Envisat und ERS-2. Während ein Infrarotradiometer hochgenaue Temperaturmessungen vornehmen wird, soll ein Radargerät Höhenmessungen mit 500 bis 1000 Meter Bodenauflösung liefern. Diese Kombination von Messungen ist zum Beispiel wichtig für Küstenüberwachungen, Vorhersagen über Strömungen und Wellengang auf den Meeren sowie für Umweltdaten auf dem Land.

Sentinel-4 und -5, Start 2017 und 2019. Dies sind zwei Einzelinstrumente zur Messung von Spurengasen in der Atmosphäre. Sie sollen auf den Meteosat-Satelliten der dritten Generation (MTG) beziehungsweise auf den künftigen Satelliten des EUMETSAT Polar System (EPS) mitfliegen.

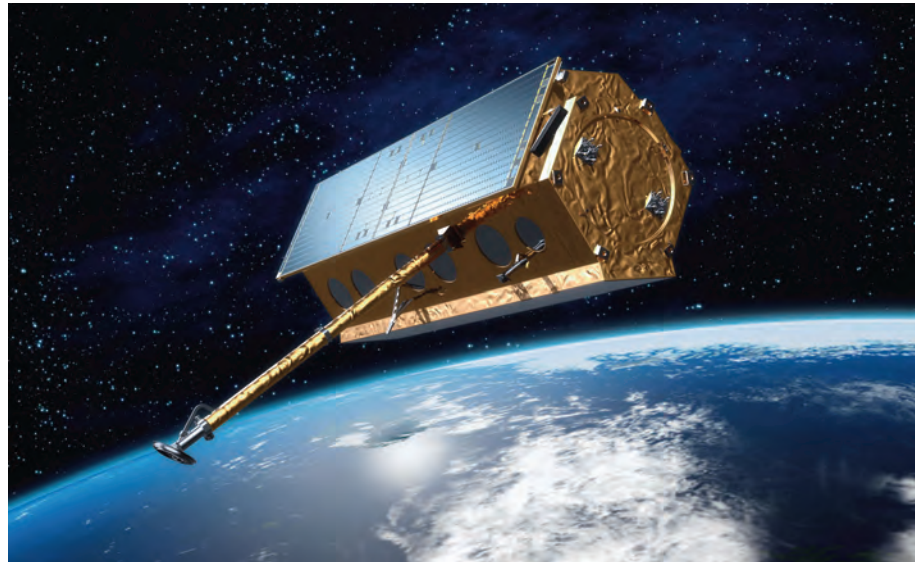
Neben diesen eigens für GMES entwickelten Sentinel-Satelliten trägt bereits heute, aber auch künftig, eine Vielzahl weiterer Satelliten Daten zu GMES bei. Dies umfasst beispielsweise die EUMETSAT-Satelliten der **Meteosat-Reihe** und **Metop** sowie den Meereshöhensatellit **Jason**, wie auch Europas Umweltsatellit **Envisat**, der Atmosphäre, Ozeane und feste Erde bereits seit 2002 aus 800 Kilometern Höhe mit einer Vielzahl von Instrumenten abtastet. Diese Beobachtungen werden auch zum Großteil mit den Sentinel-Satelliten weitergeführt.

Hinzu kommen aber auch zwei deutsche Systeme, die im Rahmen des nationalen Raumfahrtprogramms in Zusammenarbeit

zwischen Privatwirtschaft und Öffentlichkeit realisiert wurden, und deren Daten in GMES eingebunden sind :

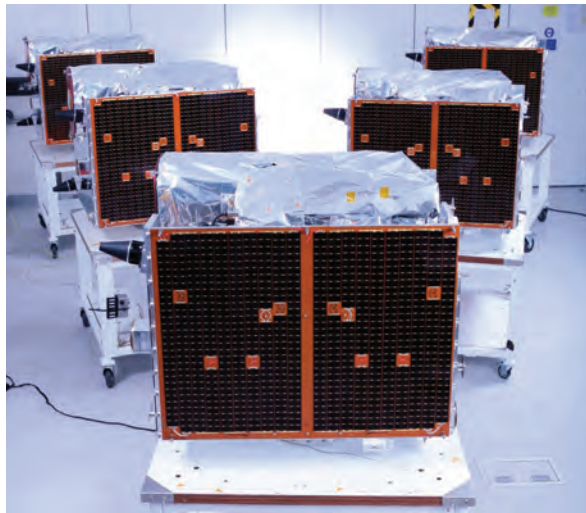
TerraSAR-X: ein deutscher Radar-Satellit, der Anfang 2008 den Betrieb aufnahm und in 514 Kilometern Höhe die Erde auf einer polaren Bahn umkreist.

Die Daten des deutschen Radarsatelliten TerraSAR-X tragen zu GMES bei (Bild: Astrium).



RapidEye: fünf baugleiche Satelliten, die seit August 2008 in 630 Kilometern Höhe die Erde wie auf einer Perlschur aufgereiht umrunden und die Oberfläche in fünf Farbkanälen mit hoher räumlicher Auflösung von bis zu 6,5 Metern aufnehmen.

Die Aufnahmen des Satellitenquintetts RapidEye liefern einen Beitrag zu GMES (Foto: DLR)



Zusammen mit dem Satellitennavigationssystem Galileo ist GMES eine Hauptstütze der europäischen Raumfahrtspolitik, die aus der immer enger werdenden Partnerschaft zwischen ESA und EU erwächst. Die Initiative ist ein gutes Beispiel dafür, wie im Rahmen der europäischen Forschungszusammenarbeit Technologien entwickelt werden, die zu einer besseren Lebensqualität beitragen und unserer Sicherheit dienen.

Wetter und Klima - Satelliten warnen

Im Januar 2010 hatte das Tief Daisy Deutschland mit eisiger Hand im Griff. Täglich gab der Deutsche Wetterdienst (DWD) neue Unwetterwarnungen heraus, wie diese: „Warnung vor starken Schneeverwehungen für die Hansestadt Lübeck gültig von Samstag, 09.01., 12:00 Uhr bis Sonntag, 10.01., 00:00 Uhr. Aufgrund Neuschneemengen oder lockerer Schneedecken über 10 cm und zunehmendem Nordostwind mit Sturmböen um 80 km/h und mehr treten starke Schneeverwehungen auf. Verbreitet wird es glatt. ACHTUNG! Hinweis auf mögliche Gefahren: Straßen und Schienenwege können unpassierbar sein. Bäume können unter der großen Schneelast zusammenbrechen. Vermeiden Sie Autofahrten!“

Mit Vorhersagen dieser Art warnt der DWD mit Hauptsitz in Offenbach 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 – im Binnenland ebenso wie in Nord- und Ostsee. Im Jahr 2010 erstellten die nationalen Wetterexperten in Offenbach 20 000 Wetter- und Unwetterwarnungen. Damit kommt der 1952 als Einrichtung des damaligen Bundesverkehrsministeriums gegründete DWD einer seiner Kernaufgaben nach: Als Behörde des heutigen Ministeriums für Verkehr, Bau und Stadtentwicklung warnt er vor meteorologischen Ereignissen, die für die öffentliche Sicherheit und Ordnung gefährlich werden können und sichert die meteorologische Abwicklung der Luft- und Seeschifffahrt. Derzeit nehmen jährlich rund 50 000 Kunden die Vorhersagen des DWD in Anspruch.

Für Jedermann zugänglich stellt der DWD die Warnungen auf seine Internet-Seite. Dort findet man die aktuelle Wetterlage in ganz Deutschland grafisch dargestellt sowie für mehrere Regio-

Die Zentrale des Deutschen Wetterdienstes in Offenbach (Foto: Diba).



nen separat aufbereitet. Informiert werden auch Nachrichtenagenturen sowie Hörfunk- und Fernsehanstalten.

Das engmaschige Mess- und Beobachtungsnetz des DWD ermöglicht es, Unwetterwarnungen für jeden Landkreis einzeln zu bestimmen und zu verteilen. Dies geschieht über einen kostenlosen Newsletter, der aktuelle Hitze- oder Unwetterwarnungen herausgibt sowie auch Pollenflugvorhersagen liefert. Darüber hinaus bietet der DWD mittlerweile rund 150 spezialisierte, gebührenpflichtige Dienste an, vom Agrowetter und der Beregnungsberatung über Prognosen für Sichtflug und Luftsport bis hin zum Angelwetter.

Auf dem Hohen Peißenberg südwestlich von München befindet sich mit dem Meteorologischen Observatorium Hohenpeißenberg die älteste Bergwetterwarte der Welt. Sie ist eine der Klimareferenzstationen des DWD (Foto: DWD)

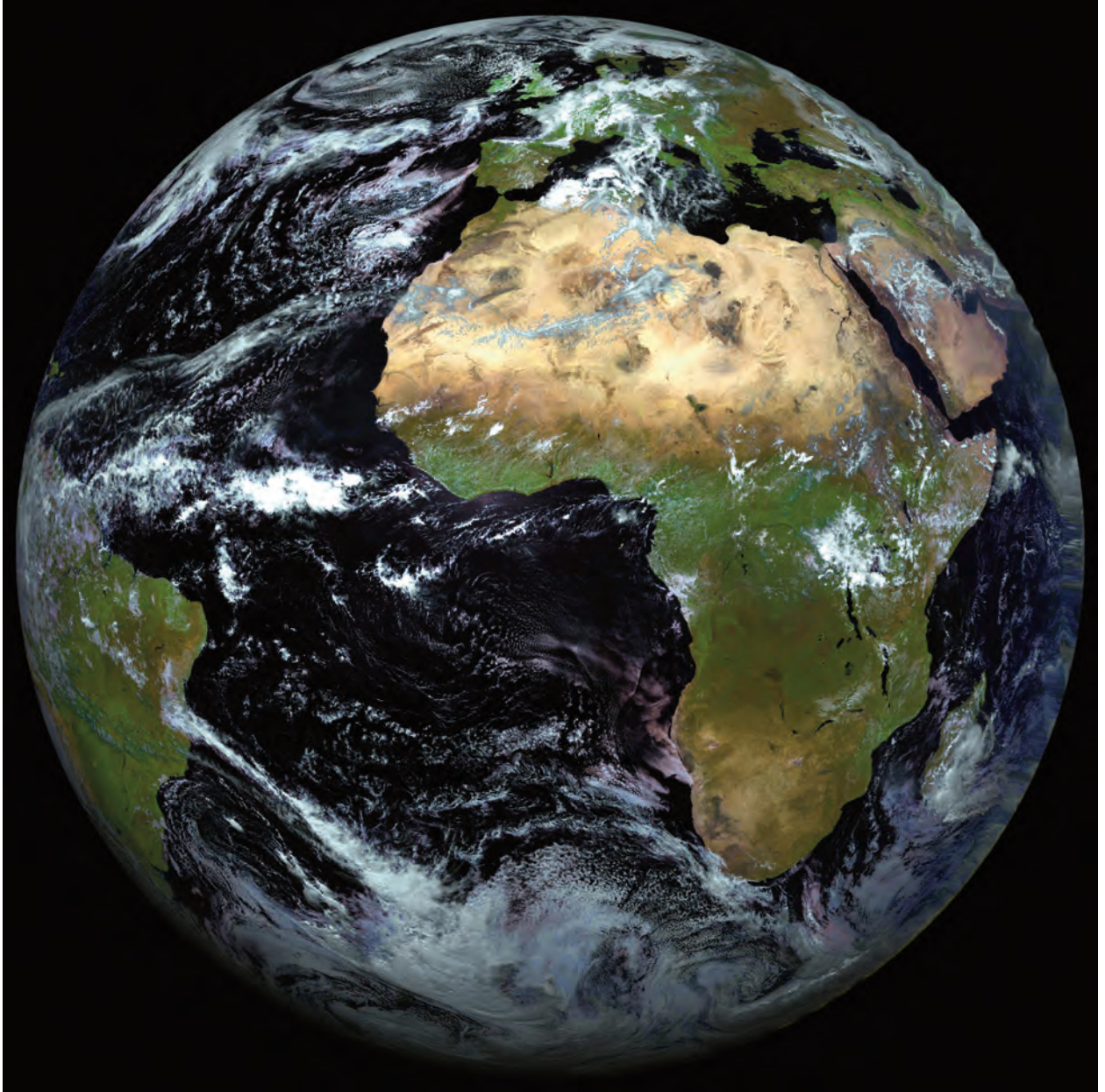


Über das Internetportal MAB (Meteorological Airport Briefing) stellt der DWD Flughafen- und Fluggesellschaften, Bodendiensten sowie der Flugsicherung Detailinformationen zur Verfügung. Die Luftfahrtberatungszentralen erstellen für die Flughäfen regelmäßig spezielle Berichte, die den Wetterablauf der nächsten Stunden ausführlich beschreiben und auf Risiken hinweisen. Neben diesen Textinformationen werden ständig erneuerte Bildinformationen über Wetterentwicklung, Starkniederschläge und Blitzentladungen sowie Höhenwinddaten im Anflugsektor verbreitet. Die Inhalte sind auf die jeweiligen Flughäfen und deren Anforderungen individuell abgestimmt.

Der DWD verfügt in Deutschland über rund 3 300 Messstationen, er erhält Wetterdaten von Schiffen, automatischen Bojen und rund 3000 Verkehrsflugzeugen. Die Wettersatelliten erweitern dieses bewährte Netz auf entscheidende Weise: Mit ihnen haben die Meteorologen das Geschehen global im Blick. Die Satelliten messen die Strahlung der Erde und Atmosphäre in

mehreren Frequenzfenstern. Das ermöglicht es, die Temperatur der Erd- und Meeresoberfläche sowie der Wolkenoberflächen und der bodennahen Luftschichten zu ermitteln. Aus der Bewegung der Wolken können die Meteorologen die Windgeschwindigkeit in verschiedenen Höhen ermitteln.

Die im geostationären Orbit positionierten Meteosat-Satelliten haben stets etwa ein Drittel der gesamten Erde im Blickfeld (Bild: Eumetsat).



Satellitendaten 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. Die Satelliten ersetzen jedoch nicht die klassischen Wetterstationen am Boden. Deren punktuell erhobenen Messwerte sind genauer als die der Satelliten. Sie dienen deshalb auch zur Eichung und Qualitätsprüfung der flächenhaft vorliegenden Satellitendaten.

Im März 2009 erhielt der Deutsche Wetterdienst den schnellsten Vektorrechner der Welt. Er soll die Vorhersagen präziser machen (Foto: DWD).

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. 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, das sich über dem Atlantik entwickelt hat, kann sich je nach Zugbahn ganz unterschiedlich auf das Wetter in Deutschland auswirken.

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 der Wettersatelliten zuständig. Deutschland ist mit einem Anteil von etwa 20 Prozent der wichtigste Beitragszahler bei EUMETSAT. Die Finanzmittel dafür kommen aus dem BMVBS. Darüber hinaus ist Deutschland am Europäischen Zentrum für Mittelfristige Wettervorhersage (ECMWF) in England beteiligt. Dort werden numerische Modelle unterschiedlicher horizontaler Auflösung für Wettervorhersagen bis zu mehreren Wochen im Voraus gerechnet.



Im Kontrollzentrum von EUMETSAT laufen die Informationen der Wettersatelliten zusammen (Foto: EUMETSAT).

Die Zentrale von EUMETSAT befindet sich in Darmstadt (Foto: EUMETSAT).

Wetterspäher im All – Meteosat

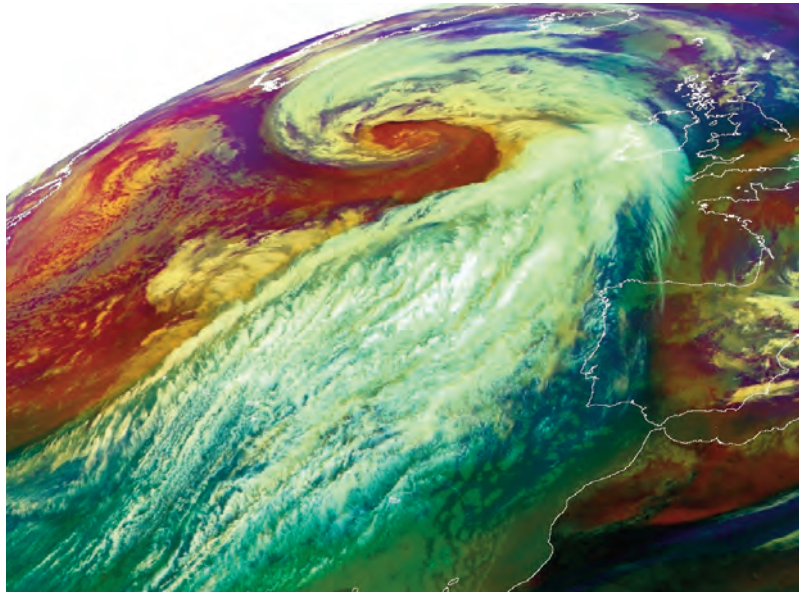
Der DWD stützt sich bei seinen Wettervorhersagen auf die Messwerte von Satelliten, die auf geostationären und polaren Bahnen die Erde umkreisen.

Geostationäre Satelliten blicken aus 36 000 Kilometern Höhe über dem Äquator auf die Erde. Dort benötigen sie für einen Umlauf genau einen Tag. Von der Erde aus gesehen scheinen sie daher fest am Himmel zu stehen, so dass sie stets etwa ein Drittel der Erdkugel im Gesichtsfeld haben. Drei bis vier Satelliten reichen aus, um die gesamte Erde abzudecken.

Seit über 30 Jahren verfügt Europa über eigene geostationäre Wettersatelliten. Sie tragen den Namen Meteosat. Meteosat 1 startete am 23. November 1977. Von seiner Position über dem Golf von Guinea aus hat er Europa, Afrika und weite Teile des Atlantiks im Visier. Bis 2005 starteten acht weitere Meteosat ins All, wobei stets ein Satellit aktiv ist und sein jeweiliger Vorgän-

ger als Reserve bereit steht, bzw. Bilder zusätzlich in höherer zeitlicher Auflösung bereitstellt.

Februar 2007: Ein Frontensystem auf dem Weg nach Europa. Die schnelle Bild-Wiederholrate von 15 Minuten des Satelliten Meteosat 9 ermöglichte es, das Wetter genau vorherzusagen (Bild: EUMETSAT).



Der DWD nutzt für seine Wettervorhersage zudem 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 MTSAT, der über Neuguinea platziert ist.

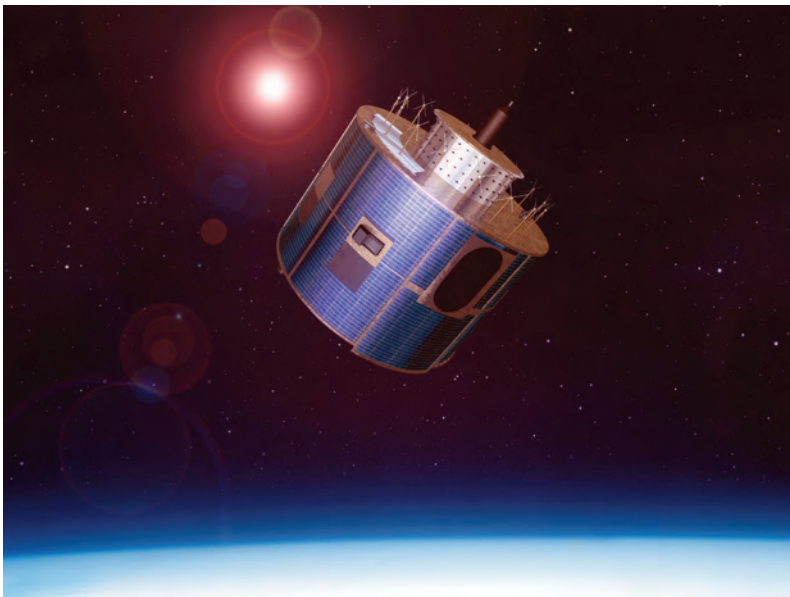
Herz eines Meteosat ist ein so genanntes Radiometer, das die Erde in verschiedenen Spektralbereichen aufnimmt. Im Bereich des sichtbaren Lichts lässt sich die Bewölkung besonders gut verfolgen. Im Spektralbereich des Infrarot werden hingegen andere für meteorologische Vorgänge wichtige Informationen gewonnen, wie die Verteilung atmosphärischen Wasserdampfs sowie die Temperaturen der Wolken und Meeresoberflächen.

Geostationäre Wettersatelliten wie Meteosat sind unverzichtbar. Im Vorhersagebereich bis zwei Stunden gehören sie zu den wichtigsten Datenquellen, da sie pro Stunde mehrere Aufnahmen machen. Ihr volkswirtschaftlicher Nutzen übersteigt die Kosten für Bau und Betrieb um ein Vielfaches. Anfang der 1990er 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 nahm unter der Bezeichnung Meteosat 8 im Januar 2004 den regulären Betrieb auf. Er

steht – wie seine Vorgänger – über dem Golf von Guinea und überblickt Europa, Afrika und den Ostatlantik. Im Jahre 2006 nahm der zweite MSG-Satellit (Meteosat-9) den operationellen Betrieb auf. Er steht in direkter Nachbarschaft von Meteosat 8. Bis 2014 werden voraussichtlich zwei weitere MSG-Satelliten starten und bis mindestens 2021 Daten liefern. Die neue Meteosat-Generation zeichnet sich gegenüber seinen Vorgängern durch eine Reihe technischer Neuerungen aus.

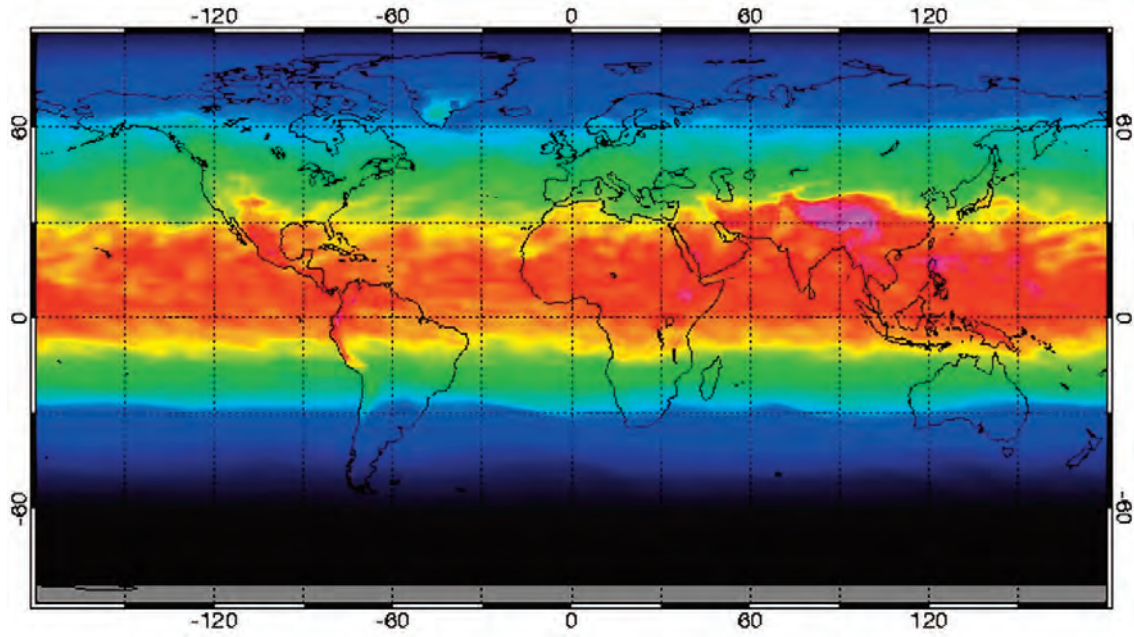
Das wichtigste Messinstrument an Bord ist SEVIRI (Spinning Enhanced Visible and Infrared Imager). Das Radiometer misst die von der Erde kommende Strahlung nicht wie seine Vorgänger in drei, sondern in zwölf verschiedenen Kanälen. Acht Kanäle liegen im Infrarot und geben Auskunft über die Temperaturen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



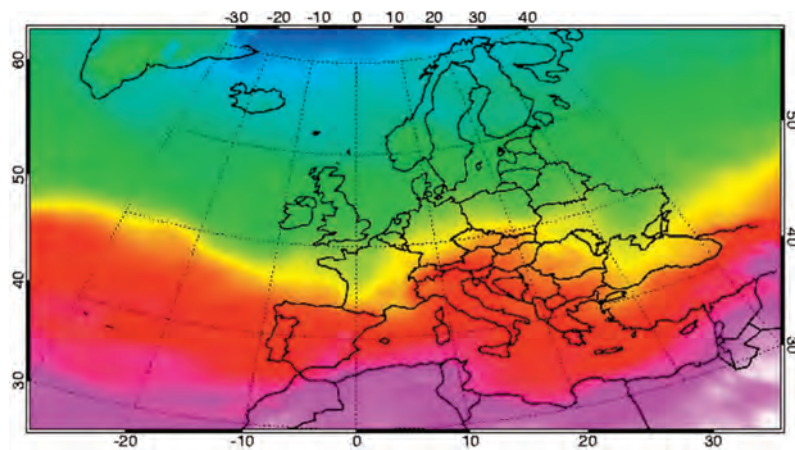
Meteosat 8 ist der erste Vertreter der zweiten Meteosat-Generation (Grafik: ESA).

Ein besonders wichtiger Fortschritt ist der erste auf einem geostationären europäischen Satelliten zur Verfügung stehende Ozonkanal. Dieser ermöglicht es dem DWD, routinemäßig globale Karten der für den Menschen schädlichen UV-Einstrahlung zu erstellen und den UV-Index regional vorherzusagen. Für die Forschung ergibt sich die Möglichkeit, ein räumliches Modell der atmosphärischen Ozonkonzentration zu erstellen.

Auch die Sehschärfe und Wiederholrate wurde mit MSG verbessert. SEVIRI kann im sichtbaren Licht Details mit einem Durchmesser von nur einem Kilometer sichtbar machen und liefert



Die Messdaten des Instruments Sciamachy auf Envisat ermöglichen es, die Intensität der UV-Strahlung (UV-Index) global zu bestimmen (Bild: ESA, KNMI)



alle 15 Minuten ein Bild. Dank dieses Fortschritts können Meteorologen Wetterentwicklungen kurzfristiger 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 am Tag und in der Nacht automatisch erkannt, so dass beispielsweise Flughäfen gezielt gewarnt werden können.

Neben SEVIRI befindet sich noch das Instrument GERB (Geostationary Earth Radiation Budget) an Bord. Die zwei Kanäle des Instruments ermöglichen es, die von der Atmosphäre reflektierte Sonnenstrahlung und die von der Erde abgestrahlte Infrarotstrahlung zu messen. Diese Parameter der so genannten Strahlungsbilanz sind wichtig für Klima- und Wettermodelle.

Außerdem dient Meteosat auch als Relaisstation. Er empfängt 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.

Bereits in Planung: die dritte Meteosat-Generation

Derzeit laufen bereits Studien für die dritte Meteosat-Generation (MTG), die voraussichtlich ab 2016 ins All gelangen und bis mindestens 2030 die Aufzeichnung von Wetter- und Klimadaten garantieren soll. Das BMVBS trägt mit etwa einem Drittel zu den Gesamtkosten bei.

Anders als bei der ersten und zweiten Generation werden unterschiedliche Messinstrumente auf jeweils zwei Satelliten installiert. Ein abbildender Satellit wird mit zwei Hauptinstrumenten bestückt und die Position von Meteosat-8 einnehmen. Eine Kamera (Flexible Combined Imager) wird im Zehn-Minuten-Takt Aufnahmen der Erde in 16 Spektralkanälen liefern. Sie ist eine Weiterentwicklung von SEVIRI. Ein Blitzsensor (Lightning Imager) erfasst Ort und Stärke von Blitzen und dient als Warnvorrichtung. Darüber hinaus spielen Blitze in der Atmosphärenchemie eine große, bislang nur ansatzweise geklärte Rolle.

Parallel zum abbildenden Satelliten wird ein Sondierungssatellit (sounding satellite) im Orbit sein. Er trägt zwei Instrumente an Bord: Eines beobachtet die Atmosphäre im Infrarotbereich, das andere im UV und sichtbaren Licht. Das ermöglicht es unter anderem, die Windgeschwindigkeiten in allen drei Raumrichtungen und den Feuchtegehalt der Atmosphäre zu ermitteln.

Insgesamt umfasst MTG vier abbildende und zwei Sondierungssatelliten, wovon jeweils zwei abbildende (einer als Ersatz) und ein Sondierungssatellit gleichzeitig im All sein werden.

Von Pol zu Pol – Metop

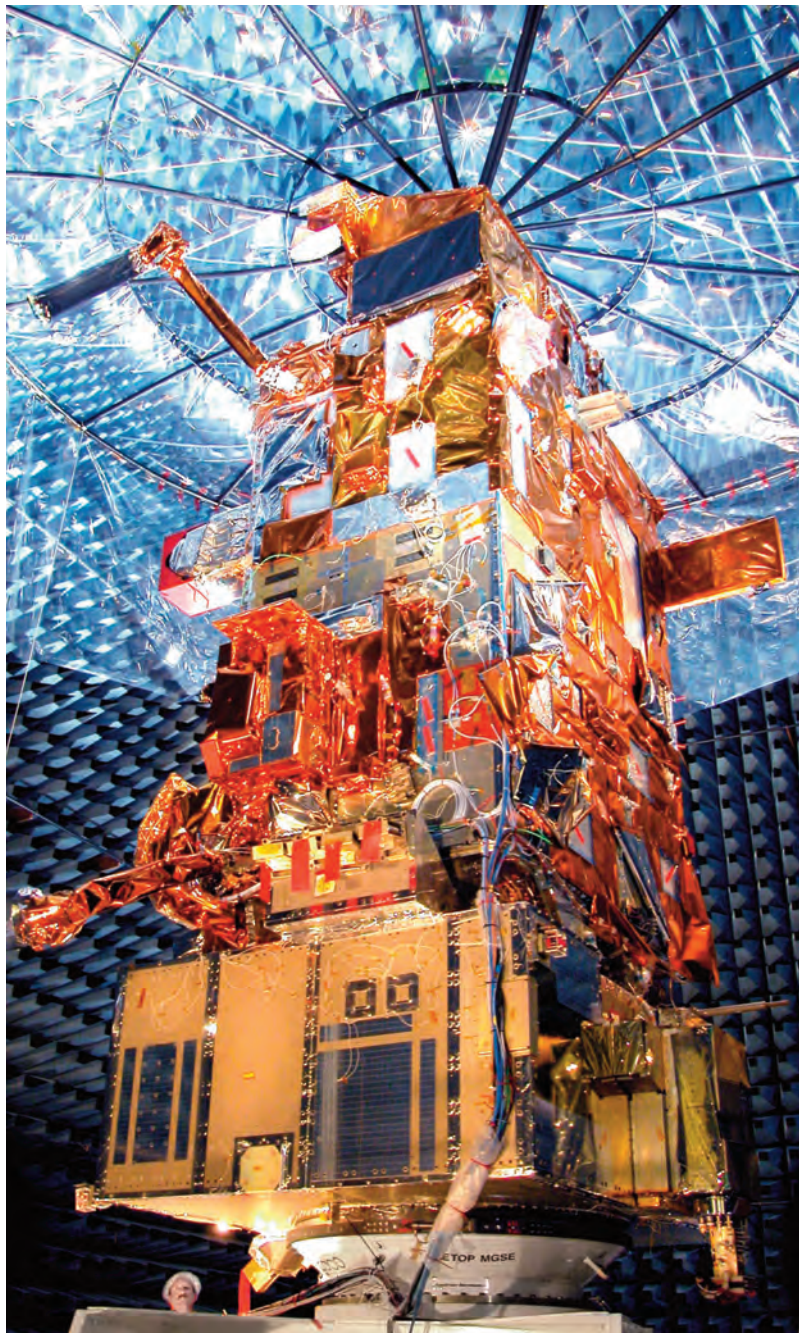
Deutlich schwerer als zuverlässige kurzfristige Wetterprognosen zu machen, ist es für Meteorologen immer noch vorherzusagen, wie sich das Wetter mittel- und langfristig entwickelt. Doch wer möchte nicht schon gerne am Dienstag wissen, ob er am Wochenende eine Fahrradtour unternehmen oder ans Meer zum 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. Diese sind aber von geostationären Wettersatelliten nicht einsehbar. Solche Daten liefern Satelliten, die auf Bahnen von Pol zu Pol die Erde umrunden – so genannte polar umlaufende Satelliten.

Seit 2007 verfügt Europa über seinen ersten polar umlaufenden Satelliten: Metop-A. Der unter gemeinsamer Verantwortung von ESA und EUMETSAT entwickelte Satellit wird von EUMETSAT betrieben und ist der erste Wettersatellit des Programms EUMETSAT Polar System. Es ist Teil des Global Operational Satellite Observation System (GOSOS) der World Meteorological Organization (WMO) der Vereinten Nationen.

Der Wettersatellit Metop in der Fertigungshalle (Foto: Astrium).

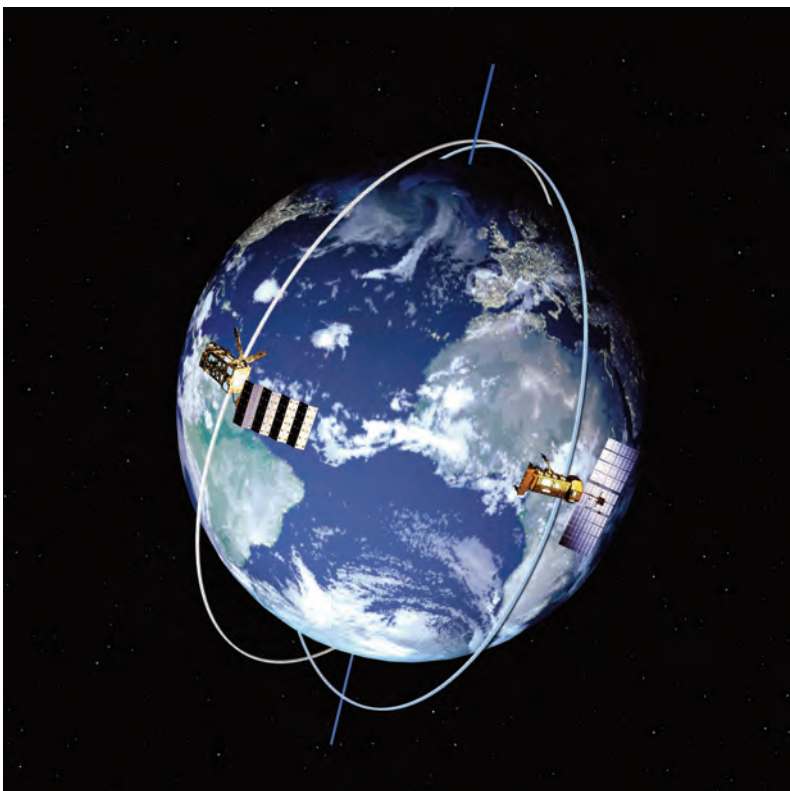


Metop-A umrundet die Erde in einer Höhe von 835 Kilometern. Für einen Umlauf benötigt er rund 100 Minuten und überfliegt zweimal pro Tag die gleiche Region. Durch die Erdrotation verschiebt sich die Umlaufbahn immer weiter nach Westen, so dass Metop mit seinen Messinstrumenten in einem fünftägigen Zyklus immer denselben 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 ergänzt Metop den US-amerikanischen „Nachmittagssatelliten“, der seine Zielgebiete um 14.30 Uhr Ortszeit überquert.

Die Metop-Daten 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 weniger als drei Stunden. Darüber hinaus übermittelt der Satellit aktuelle Messdaten in Echtzeit an Empfangsstationen in dem Gebiet, das er gerade überfliegt.

Der Wettersatellit Metop fliegt auf einer polaren Bahn um die Erde (Grafik: ESA).



Die auf niedrigen polaren Bahnen laufenden Wettersatelliten Europas und der USA ergänzen sich (Grafik: ESA).

Metop-B soll 2012 starten, sechs Jahre später könnte Metop-C folgen. Damit sollen die drei geplanten Satelliten der Metop-Serie bis ins dritte Jahrzehnt des 21. Jahrhunderts hinein Daten für mittel- und langfristige Wetterprognosen sowie für die Klimaforschung sammeln.

Die Metop-Daten haben auch dazu beigetragen, dass der DWD seit Anfang 2009 erstmals Wettervorhersagen für vier Wochen im Voraus anbieten kann. Damit schließt er eine Lücke zwischen den bisher maximal zweiwöchigen Wettervorhersagen und den erheblich ungenaueren Jahreszeitenprognosen für Zeiträume von einem bis sechs Monaten.

Derzeit laufen bereits Studien für Instrumente, die auf der nächsten Generation polar umlaufender Satelliten arbeiten sollen. Im Rahmen dieses Post-EPS-Programms fördert das BMVBS die Entwicklung von METimage. Dieses Instrument registriert das von Erdoberfläche, Atmosphäre und Wolken ins All zurückgeworfene Sonnenlicht in mehreren Farbkanälen. Ziel ist es unter anderem, meteorologische Größen wie den Wolkenbedeckungsgrad oder die Menge an Luftschwebstoffen (Aerosolen) zu bestimmen.

Im Rahmen der bis Mitte 2010 laufenden Entwicklungsphase des vorläufigen Designs wurden mehrere Instrumentvarianten konzipiert. Kernstück des METimage-Konzepts ist ein technologisch neuartiges, rotierendes Teleskop, das ein außergewöhnlich großes Bild von Horizont zu Horizont aufnehmen kann. Das neuartige Konzept ermöglicht es, ohne Veränderungen der Optik bestimmte Aufnahmegrößen den Beobachtungsanforderungen anzupassen. Die erste Studie sieht 20 oder 30 schmale Farbkanäle vom Bereich des sichtbaren Lichts bis zum thermischen Infrarot vor. Das Gerät soll einen 2800 Kilometer breiten Streifen der Erdoberfläche mit einer räumlichen Auflösung von 250 bis 1000 Meter aufnehmen. Mit den qualitativ deutlich besseren Daten wird die Wettervorhersage langfristiger möglich sein als bisher.

Klimaüberwachung beim DWD

In zunehmendem Maße engagiert sich der DWD auch im Bereich der Klimaüberwachung. Als Nationales Klimadatenzentrum der Bundesrepublik Deutschland unterstützt er die Forschung mit Klimadaten. In den letzten Jahren ist die Beratung von Politik und Verwaltung über die Folgen des Klimawandels und die notwendigen Anpassungen eine Kernaufgabe des DWD geworden.

Ein Schwerpunkt des internationalen Engagements ist das Klimamonitoring – also die Beobachtung und Überwachung des Klimas sowie die Interpretation der Beobachtungsdaten. So betreibt der DWD das Weltzentrum für Niederschlagsklimatologie (WZN), das alle global verfügbaren Daten zum Niederschlag sammelt und bewertet. Ohne diese Einrichtung gäbe es keine belastbaren Zahlen zur Niederschlagsentwicklung in den Berichten des zwischenstaatlichen Ausschusses für Klimaänderungen (IPCC).

In Europa ist der DWD federführend verantwortlich beim flächendeckenden Klimamonitoring mit Hilfe von Satelliten. Insgesamt enthalten die Archive inzwischen grob geschätzt 100 Milliarden Klimadaten. Hinzu kommen derzeit etwa 250 Terabyte an Klimadaten aus der Satellitenbeobachtung. Der DWD archiviert zudem die täglich anfallenden Daten der weltweiten Wetterprognosen aus den Computermodellen. Ihr Bestand liegt inzwischen im Petabyte-Bereich.

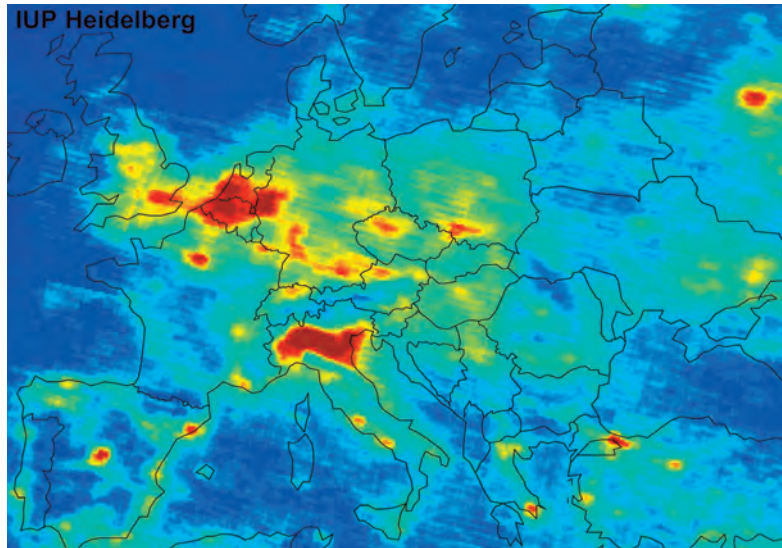
Der weit in die Vergangenheit zurück reichende Satz an meteorologischen Messdaten erweist sich nun als wahrer Schatz für die Klimaforschung. Unter Führung des DWD haben sich sechs europäische Wetterdienste und EUMETSAT zusammengeschlossen, um in einem gemeinsamen Projekt den Klimawandel mit Hilfe von 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. Dazu gehören Informationen über die Bewölkung, den Strahlungshaushalt und den Wasserdampfgehalt in der Atmosphäre. Finanziell trägt der DWD zu 25 Prozent den Klima-SAF, den er federführend leitet. Auf lange Sicht werden diese Daten homogene Zeitreihen bilden und Wissenschaftler bei der Untersuchung von Klimaänderungen unterstützen. Darüber hinaus werden bis 2012 historische Satellitendaten neu ausgewertet. Der Klima-SAF verarbeitet Daten von mehreren Satelliten, zu denen auch Meteosat und Metop gehören. Nach einer mehrjährigen Aufbauzeit startete der Routinebetrieb im März 2007.

EUMETSAT betreibt derzeit europaweit insgesamt acht SAF. Neben dem Klima-SAF ist der DWD an dem SAF Ozone and Atmospheric Chemistry Monitoring (O3M SAF) beteiligt. Hauptaufgabe ist es, Messdaten der atmosphärischen Stoffe O₃, NO₂, SO₂, OClO, HCHO, BrO und H₂O sowie der Aerosole und der auf

die Erdoberfläche auftreffenden UV-Strahlung zu prozessieren und zu archivieren. Die Mehrzahl der Messwerte stammt von dem Spektrometer GOME-2 an Bord von Metop-A. Der DWD liefert zudem über seine Wetterwarte Hohenpeißenberg Höhenprofile der atmosphärischen Ozonkonzentration. Diese Daten werden mit Hilfe eines Lasers (LIDAR) gewonnen.

Mit Satelliten wie Envisat lassen sich klimarelevante Spurenstoffe in der Atmosphäre, hier Stickstoffdioxid (NO_2), nachweisen (Bild: ESA/Uni Heidelberg).



Satellitenbilder geleiten die Polarstern

Als das Forschungsschiff Polarstern am 17. Oktober 2008 in Bremerhaven einlief, gab es Grund zum Feiern. Als erstes Forschungsschiff weltweit hatte es sowohl die Nordwest- als auch die Nordostpassage durchfahren und damit einmal den Nordpol umrundet. Mehr als zwei Monate hatte das Schiff des Alfred-Wegener-Instituts für Polar- und Meeresforschung für die schwierige Fahrt benötigt. Täglich berieten ein Meteorologe und ein Wetterfunktechniker des DWD die Besatzung mit aktuellen Vorhersagen und Satellitenbildern, so dass das Unternehmen gelang. Die Expedition der Polarstern diente dem Ziel, Daten über die Entwicklung der Arktis in der Erdgeschichte zu erheben.

Das Forschungsschiff Polarstern in eisigen Gewässern (Foto: AWI).



Hilfe auf den Meeren und an der Küste

Die Meere haben für unsere Existenz und unser Alltagsleben eine überragende Bedeutung. Sie sind zum einen Nahrungsquelle: Fünf Prozent des Weltfischfangs wird aus der Nordsee geholt, obwohl deren Fläche nur 0,2 Prozent der Weltmeere ausmacht. Zum anderen sind die Meere für Verkehr und Warenaustausch von großer Bedeutung. Die maritimen Branchen erreichen pro Jahr einen Weltmarktumsatz von 1200 Milliarden Euro – Tendenz steigend. Und nicht zuletzt spielen die Meere im irdischen Klimageschehen eine entscheidende Rolle. Sie wirken als Wärmepumpen und nehmen einen Teil des atmosphärischen Treibhausgases Kohlendioxid auf.

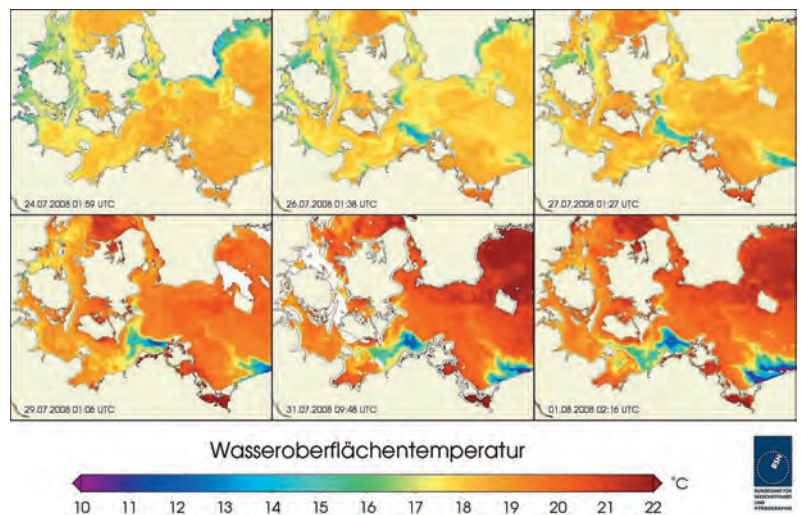
Aus diesen Gründen kommt der Überwachung der Meeresumwelt eine große Rolle zu. Naturvorgänge und Veränderungen im Meer müssen beurteilt werden können, um notwendige Maßnahmen beispielsweise zur Verhütung von Meeresverschmutzungen anzustoßen.

Satelliten überwachen den Zustand der Meeresumwelt

Hohe Priorität hat diese Aufgabe auch mit Blick auf den Klimawandel und dessen Auswirkungen auf Meere und Küsten in Deutschland. Deshalb untersucht das Bundesamt für Seeschifffahrt (BSH) regelmäßig Nord- und Ostsee. Die mit Forschungsfahrten und anderen In-situ-Messungen (also vor Ort) gewonnenen Daten sind naturgemäß auf ausgewählte Messpunkte begrenzt. Hier kommen die flächendeckenden Satellitendaten zum Tragen. Sie helfen, die punktuellen Messungen in einen räumlichen Bezug einzuordnen und ermöglichen so umfangreichere und bessere Aussagen als die erdgebundene oder die satellitengestützte Beobachtungskomponente allein.

Auch für die Berechnung numerischer Modelle spielen Fernerkundungsdaten eine große Rolle. Insbesondere erleichtern sie die Interpretation von Messdaten und

Die Wasseroberflächentemperaturen in der westlichen Ostsee, ermittelt aus NOAA-Daten im Juli 2008. Auffällig ist das Auftriebsgebiet vor Rügen und der polnischen Küste, in dem deutlich geringere Oberflächentemperaturen herrschen.



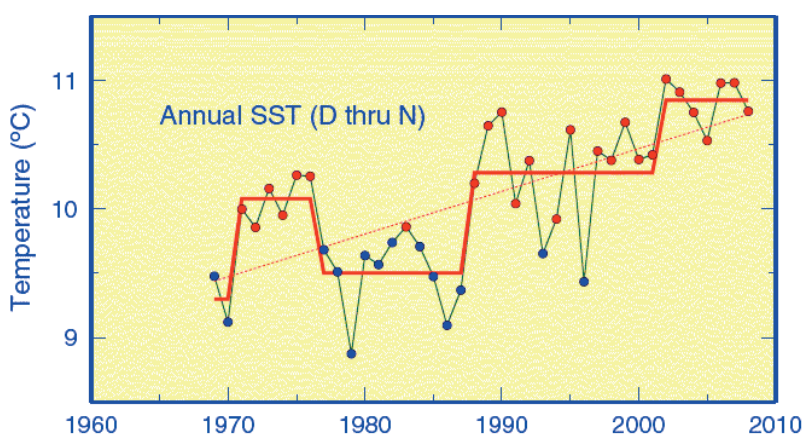
fördern das Prozessverständnis. So lassen sich beispielsweise unerwartet kühle Meeresoberflächentemperaturen während eines warmen Sommers mit Satellitendaten zuverlässig einem windbedingten Auftrieb von kaltem Bodenwasser oder der Verlagerung eines Frontensystems zuordnen.

Inzwischen sind Satellitendaten bei der weltweiten Ermittlung der Meerestemperaturen unentbehrlich geworden. Bereits seit 1968 erstellt das BSH wöchentliche und monatliche Karten der Oberflächentemperatur der gesamten Nordsee, bei denen Satellitendaten Lücken in der Verteilung der In-situ-Daten schließen und räumliche Strukturen erklären. Die Meerestemperatur ist ein wichtiger Parameter für die Wettervorhersage, da sie die Verdunstungsrate und damit die Wolkenbildung über den Meeren mitbestimmt.

Auch für die Schifffahrt ist die Meerestemperatur von Bedeutung. So hängt die Dichte des Wassers und damit auch der Tiefgang eines Schiffes von der Temperatur ab. Ein Kapitän muss in kritischen Situationen die Lademenge auch nach der Wassertemperatur einrichten. Darüber hinaus überträgt sich die Temperatur des Meereswassers auf die des Schiffsrumpfes. Daher muss der Kapitän eines Kühltankers sie bei der Auslegung der Klimaanlage berücksichtigen. Und schließlich ist die Wassertemperatur entscheidend bei der Suchdauer nach Schiffbrüchigen, weil die Überlebenszeit mit sinkender Temperatur abnimmt.

Darüber hinaus ist die Meerestemperatur ein wichtiger Parameter beim Erfassen langfristiger globaler Klimatrends. Die aus Satelliten- und Messdaten berechneten und über die gesamte Fläche der Nordsee gemittelten Jahresoberflächentemperaturen lassen bereits deutliche Verschiebungen zu höheren Temperaturen erkennen.

Jährliche Mittelwerte der über die gesamte Nordsee gemittelten Wasseroberflächentemperaturen zeigen seit 40 Jahren einen klaren Aufwärtstrend (gepunktete Linie). Die rote Linie markiert sogenannte Regimeshifts, blaue Punkte geben Temperaturen unter, rote Punkte Temperaturen über dem langjährigen Mittel wieder (Foto: BSH).



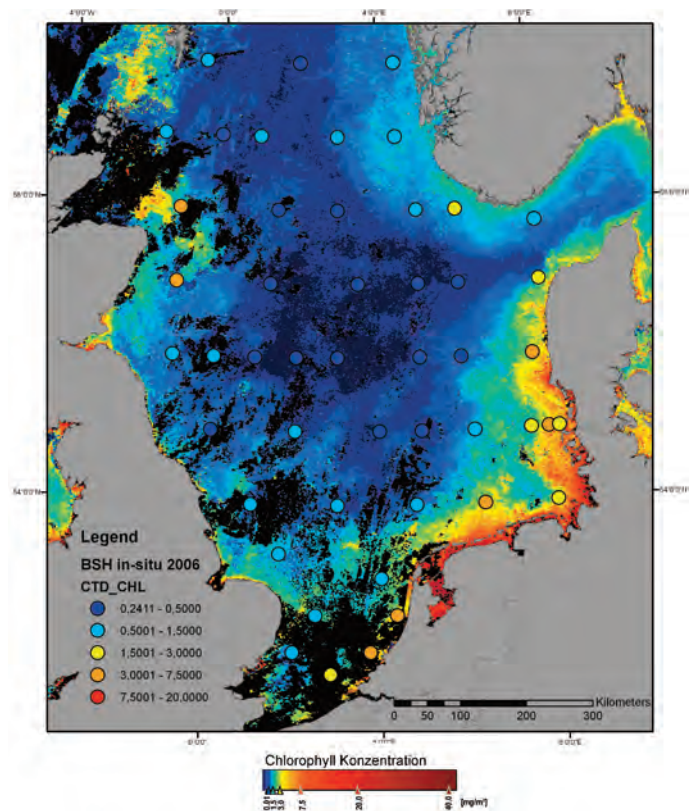
Für die Beurteilung des Umweltzustandes der Meere sind neben der Wassertemperatur auch andere mit Satelliten gemessene Parameter wie Trübung, Gelbstoff-, Schwebstoff- und Chlorophyllkonzentrationen von Bedeutung. (Gelbstoffe sind im Wasser gelöste organische Substanzen. Sie haben einen bedeutenden Anteil am maritimen Nährstoffkreislauf.) Dem BSH werden hierzu täglich Oberflächenmessungen des abbildenden Spektrometers Meris auf dem europäischen Klimasatelliten Envisat über einen Service-Provider zur Verfügung gestellt.

Bei der Überwachung der Wasserqualität sind vor allem die Küstengewässer wegen der hohen ökonomischen und ökologischen Bedeutung von besonderem Interesse. Hier gilt es, durch geeignete Maßnahmen und deren Überwachung dafür Sorge zu tragen, dass vielfältige Nutzungen der Gewässer mit einem nachhaltig guten Zustand der Umwelt in Einklang gebracht werden. So können beispielsweise Satellitenaufnahmen der Chlorophyllverteilung wichtige Hinweise auf massive und gelegentlich auch gefährliche Algenblüten liefern. Absterbende Algenblüten führen immer wieder zu Sauerstoffmangel und damit verbundenem Fischsterben.

Durch das Zusammenführen von Satellitendaten, lokalen Messungen und Daten operationeller Vorhersagemodelle ist die Zustandsbewertung in den letzten Jahren deutlich robuster geworden. Das BSH stützt sich bei der Fernerkundung inzwischen in großem Maße auf nutzerdefinierte Produkte, die unter anderem im Rahmen der GMES-Initiative von EU und ESA zur Verfügung gestellt werden. Im Gegenzug validiert das BSH Fernerkundungsdaten mit In-situ-Daten von ortsfesten Beobachtungssystemen und Forschungsreisen.

Satelliten lotsen durch vereistes Meer

Damit der Winter für die Schifffahrt an deutschen Küsten keine bösen Überraschungen bietet, gibt das BSH aktuelle Eisberichte und Eiskarten heraus, sobald in Nord- oder Ostsee mit Behinderungen gerechnet werden muss. Davon profitieren jeden Winter über 20 000 Schiffe. Über Radiofax, E-Mail und das Internet sind die Produkte des Eisdienstes jederzeit an Bord verfügbar.

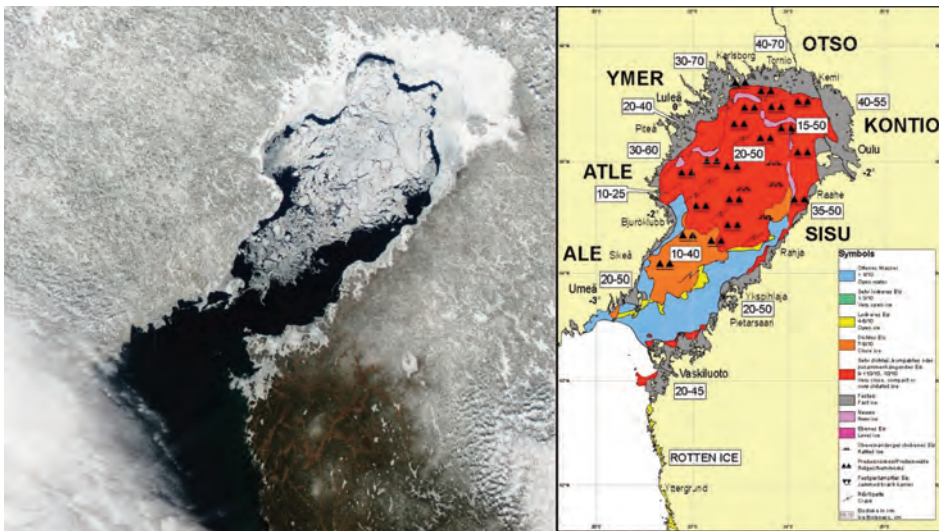


Die Chlorophyllkonzentration im Oberflächenwasser der Nordsee, wie sie von dem Spektrometer MERIS auf Envisat (Flächensignaturen) sowie mit dem Forschungsschiff Gauss (Punktsignaturen) gemessen wurden (Bild: BSH).

Forschungs- und Kreuzfahrtschiffe werden weltweit mit Informationen versorgt.

Der bereits seit 1896 bestehende Eisdienst des BSH nutzt seit über 40 Jahren neben den herkömmlichen, lokalen Beobachtungen von Küstenstationen, Schiffen und Messplattformen auch Satellitendaten. Das BSH verfügt über eine eigene Empfangstation für Daten der NOAA-Satelliten sowie eine EUMETCAST-Anlage. EUMETCAST ist ein von EUMETSAT bereitgestellter Service, der umweltbezogene Informationen auf Basis von zahlreichen Satellitenbeobachtungen liefert. Die Informationen werden beim BSH weitgehend automatisch aufbereitet und archiviert und sind binnen einer Stunde als Eis- und Oberflächentemperatur-Karten verfügbar. Da optische Systeme bei Bewölkung keine Oberflächenaufnahmen liefern können, werden vom BSH zusätzlich Radardaten genutzt, welche die ESA zur Verfügung stellt.

Eisverteilung in der nördlichen Ostsee am 15. April 2009, ermittelt aus NOAA-Satellitendaten (links). Entsprechende Eiskarte des Bundesamtes für Seeschifffahrt und Hydrographie (rechts) (Bilder: NOAA, BSH).



Von großer Bedeutung für die Sicherheit der Seeschifffahrt ist 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. Der amerikanische Küstenschutz ermittelt beispielsweise die genaue Lage der Treibeisfelder und Positionen der weit über 2000 Eisberge, die pro Saison mit dem Labradorstrom in den Nordatlantik hineindriften. Die aktuellen Karten strahlt der Sender Offenbach/Pinneberg des DWD aus.

Zudem soll ein neues Projekt nicht nur die Sicherheit der Schifffahrt in der Arktis erhöhen, sondern auch zu einer ökonomischen Routenplanung beitragen. Im Rahmen des Förderprogramms Schifffahrt und Meerestechnik für das 21. Jahrhundert soll das BSH im Teilprojekt IRO (Eis-Routen-Optimierung - eine Voraussetzung für einen wirtschaftlichen Transport auf dem Nördlichen Seeweg) bei der Entwicklung eines Eismodells für die Arktis mitwirken. Dieses soll später auch operationell einge-

setzt werden, wobei unter anderem Fernerkundungsdaten und Vorhersagemodelle miteinander verknüpft werden.

Unterstützung der Seevermessung

Nord- und Ostsee gehören zu den meist befahrenen Gewässern der Welt. Wesentliche Voraussetzung für eine sichere Schifffahrt ist die Seevermessung. Auch für Umweltschutz, Offshore-Anlagen, Küstenschutz und Wasserbau liefert sie entscheidende Grundlagen. Das Relief des Meeresbodens ändert sich jedoch laufend aufgrund von Strömungen und Seegang und den damit verbundenen Sedimentumlagerungen, so dass immer wieder neu vermessen werden muss. Aufgabe der Seevermessung ist es, die Tiefenverhältnisse des Meeresbodens zu bestimmen, um Grundlagendaten für aktuelle Seekarten bereitzustellen. Diese ermöglichen der Schifffahrt eine sichere Navigation.



Mit dem Satelliten RapidEye bestimmte Tiefenverteilung im Seegebiet vor der Insel Poel in der westlichen Ostsee (Bild: BSH).

In der Regel erfassen Vermessungsschiffe den Meeresboden. Neuere Satellitenmissionen wie TerraSAR-X und RapidEye ermöglichen es zudem, in küstennahen Bereichen Tiefeninformationen zu gewinnen. In einem Forschungsprojekt des DLR wird derzeit untersucht, ob diese bathymetrischen Informationen geeignet sind, in hoher zeitlicher Abfolge Veränderungen des Meeresbodens aufzuzeigen. Langfristig könnten satellitengestützte Verfahren dazu dienen, ergänzend zu den schiffsgebundenen Vermessungen kostengünstig Tiefeninformationen zu liefern.

MyOcean

Innerhalb des europäischen Aktionsplans Global Monitoring for Environment and Security (GMES) spielt der marine Bereich eine große Rolle. Hier werden derzeit in dem Projekt MyOcean bis 2012 so genannte Marine Core Services aufgebaut. Fünf Datenzentren sammeln, kalibrieren, validieren, bearbeiten, archivieren und verteilen Beobachtungsdaten für unterschiedliche Parameter. Eines der Zentren stellt In-situ-Messdaten bereit, während sich die anderen Zentren auf Satellitendaten mit den folgenden Schwerpunkten konzentrieren: Meereshöhe, Farbe der Ozeane (und damit Informationen zu Schwebstoffen und Algenblüten), Wassertemperatur sowie Meereis und Wind. Für jedes europäische Meeresgebiet (Arktis, Ostsee, NW-Schelfgebiet, Iberische See, Mittelmeer und Schwarzes Meer) sowie den globalen Ozean werden ferner Überwachungs- und Vorhersagezentren aufgebaut, die Beobachtungen und Modellsimulationen verknüpfen und Vorhersagen erstellen.

Himmelsspäher jagen Ölsünder

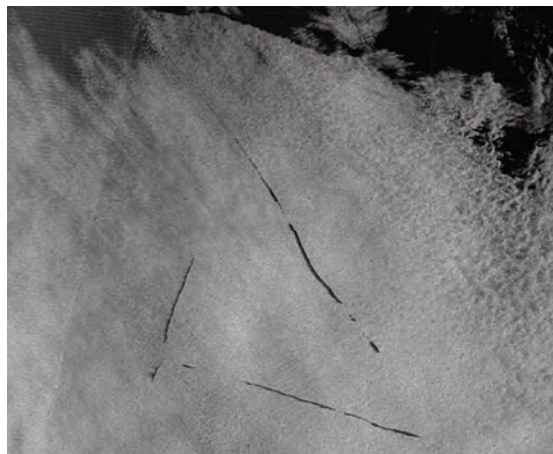
Durch Schiffsunfälle oder illegale Einleitungen von ölhaltigen Abfallstoffen kann es zu gravierenden Folgen für die Meeresumwelt kommen. Zur Überwachung der Nord- und Ostsee werden daher in Deutschland schon seit langem Fernerkundungsdaten von Flugzeugen und Satelliten eingesetzt. Im Rahmen europäischer Direktiven und weltweiter und regionaler Abkommen wie MARPOL (Internationales Übereinkommen zur Verhütung der Meeresverschmutzung durch Schiffe) und das Bonn- oder HELCOM-Abkommen zur Bekämpfung von Verschmutzungen mit Öl haben sich auch andere europäische Staaten zum Schutz der Meeresumwelt verpflichtet.

Um dieser Verantwortung gerecht zu werden, wurde auf europäischer Ebene das satellitenbasierte Monitoringsystem Clean-

SeaNet eingerichtet.

Es wird von der Europäischen Agentur für die Sicherheit des Seeverkehrs (EMSA) betrieben und liefert den Mitgliedstaaten aufbereitete Satellitenbilder mit Hinweisen auf mögliche Verschmutzungen. Im operationellen

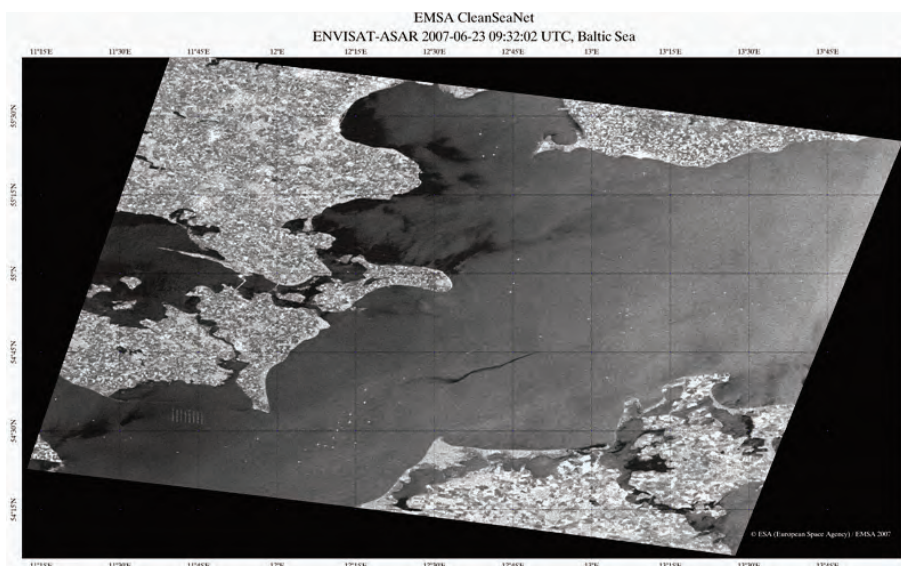
Diese Radaraufnahme von Radarsat-1 zeigt drei längliche Ölteppiche vor der Küste Zyperns. (Foto: CSA, MDA, EMSA).



Einsatz ist hierbei unter anderem der Radarsensor an Bord von Envisat, um weiträumige Gebiete unabhängig von den Lichtverhältnissen und der Bewölkung abzudecken.

Die Identifizierung von Ölteppichen auf dem Wasser mit Hilfe von Radarsensoren basiert auf folgendem Prinzip: Die vom Sensor ausgestrahlten Radarimpulse werden an der Meeresoberfläche von kleinen Wellen gestreut und von der Antenne wieder empfangen. Das Öl hat die Eigenschaft, diese Wellen zu glätten. Eine ölverschmutzte Meeresoberfläche ist daher im Radarbild wegen der fehlenden Rückstreuung als dunkler Fleck erkennbar. Allerdings gibt es auch natürliche Ursachen für eine Glättung der Meeresoberfläche, beispielsweise durch Algen oder bei Windstille. Das erschwert eine eindeutige Identifizierung von Ölteppichen mit Hilfe von Radar.

Zusätzlich ist der Einsatz von Flugzeugen unverzichtbar. Diese überblicken zwar kleinere Gebiete, sind aber im Einsatz flexibler und liefern mit ihrer spezialisierten Sensorik mehr und genauere Informationen als die Radarsatelliten. So lassen sich Verschmutzungen zweifelsfrei als Öl identifizieren und deren Volumina abschätzen. In Deutschland wird daher ein kombiniertes System aus dem CleanSeaNet-Service und zwei Flugzeu-



Diese mit dem Radar auf Envisat gewonnene Aufnahme zeigt einen Ölteppich im Baltischen Meer. Den Verursacher konnten deutsche Behörden aufspüren (Foto: ESA, EMSA).



Mit Satelliten lassen sich Ölsuren beispielsweise von Bohrinseln auf den Meeren nachweisen (Foto: Agência Brasil).

gen des BMVBS vom Typ Do228 eingesetzt, deren Instrumente zu jeder Tages- und Nachtzeit Schadstoffe auf der Meeresoberfläche entdecken können.

Am Ölmonitoring in der deutschen ausschließlichen Wirtschaftszone sind im Geschäftsbereich des BMVBS mehrere Einrichtungen beteiligt: Das Havariekommando ist zuständig für die Koordination und den Einsatz der vom Marinefliegergeschwader 3 betriebenen Flugzeuge. Im Ernstfall simulieren operationelle Vorhersagemodelle des Bundesamtes für Seeschifffahrt und Hydrographie (BSH) die Ausbreitung von Ölflecken und liefern dem Havariekommando wichtige Entscheidungshilfen für die Ölbekämpfungsmaßnahmen.

Außerdem dienen Strömungsmodelle dem Auffinden des Verursachers einer Ölverschmutzung. Die Bundesanstalt für Gewässerkunde (BfG) berät bei der Konzeption und der wissenschaftlich-technischen Weiterentwicklung der Überwachungssysteme. Forschungsprojekte und GMES-Initiativen wie OCEANIDES oder MarCoast treiben die Entwicklung von Fernerkundungsmethoden für die operationelle Nutzung voran.

Die Organisationen arbeiten gemeinsam am Projekt DeMarine-Umwelt. Dieses Projekt liefert einen nationalen Beitrag zu GMES im Bereich der marinen Umwelt. Das Teilprojekt Driftprognose verbessert und erweitert bestehende Methoden der deutschen Ölüberwachung, indem es Fernerkundungsdaten und Strömungsmodellierung kombiniert: Die aus Satellitendaten gewonnenen Informationen zu einem möglichen Ölfleck werden so aufbereitet, dass sie dem Strömungsmodell als Eingangsparmeter zeitnah und automatisiert zur Verfügung stehen. Vor allem Ausdehnung und Form einer Verschmutzung können berücksichtigt werden. Im Ernstfall erleichtert der Einsatz von Fernerkundungsdaten nicht nur den Modell-Operateuren die Arbeit, die Abläufe werden auch automatisiert und dadurch effizienter.



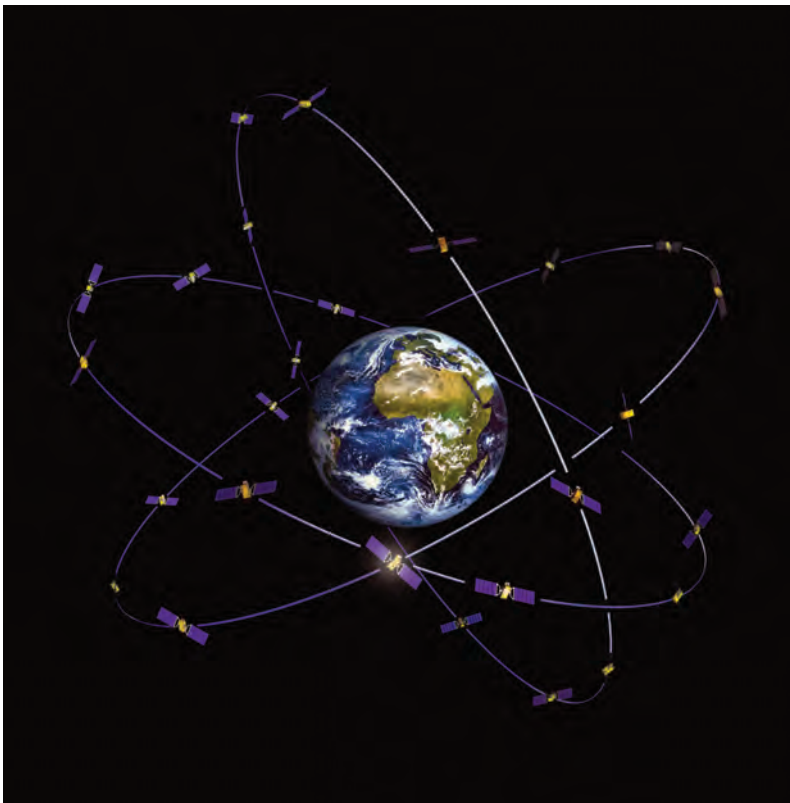
Wenn sich größere Mengen Öl ins Meer ergossen haben, ist häufig das Havariekommando zur Stelle. Es ist eine gemeinsame Einrichtung des Bundes und der fünf Küstenländer mit Sitz in Cuxhaven, um bei Unfällen im Bereich der Nord- und Ostsee ein koordiniertes und gemeinsames Unfallmanagement zu gewährleisten (Fotos: Havariekommando).



Satelliten weisen den Weg

Die Zukunft heißt Galileo

Angesichts der wachsenden Bedeutung von Navigationssystemen gaben EU-Rat und EU-Parlament am 9. Juli 2008 den Startschuss für den öffentlich finanzierten Aufbau von Galileo. Die Entwicklung der ersten vier Satelliten und des Bodensegments ist bereits im vollen Gange. Das später aus insgesamt 30 Satelliten bestehende Netz soll in knapp 24 000 Kilometer Höhe aufgebaut werden. Drei Satelliten sind hierbei inaktiv und dienen als Reserve für ausfallende Satelliten. Das System wird seinen Betrieb 2014 mit zunächst eingeschränkten Diensten aufnehmen.



Das zukünftige europäische Satellitennavigationssystem Galileo besteht aus 30 Satelliten, die die Erde in 24 000 Kilometer Höhe umkreisen (Grafik: ESA).

Jeder Satellit sendet ununterbrochen hochgenaue Zeitsignale aus. Aus der Kenntnis der aktuellen Bahn kann man mit einem geeigneten Empfänger aus diesen Impulsen die Position am Boden bestimmen. Die Genauigkeit beträgt bisher im Normalfall etwa zehn Meter, lässt sich aber mit technischen Maßnahmen bis in den Millimeterbereich steigern.

Galileo soll unterschiedliche Dienste anbieten. 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 sein. Er beinhaltet



Navigationsgeräte erobern viele Bereiche des alltäglichen Lebens. Auch beim Wandern sind sie hilfreich (Foto: IFF)

tet eine Servicegarantie mit Zusatzinformationen und dürfte beispielsweise für das Vermessungswesen oder für Authentifizierungsdienste 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.

Insbesondere der Verkehrsbereich knüpft hohe Erwartungen an das europäische Satellitennavigationsprogramm. Daher gestaltet das BMVBS in nationalen und europäischen Gremien die Politik zu diesem Thema mit und beteiligt sich mit erheblichen finanziellen Mitteln an der Entwicklung.

Ein wichtiger Baustein für Deutschland ist das Galileo-Kontrollzentrum in Oberpfaffenhofen. Über ein weltweit verteiltes Bodenstationsnetzwerk werden dort die Satelliten gesteuert und Missionsdaten empfangen. Das Kontrollzentrum ist wie das Gegenstück im italienischen Fucino mit modernster Infrastruktur ausgestattet, um den hohen Anforderungen an die Galileo-Infrastruktur zu genügen. Wichtige Daten zur Navigation und auch die für alle Galileo-Anwendungen relevante Referenzzeit werden am Boden in den Kontrollzentren generiert und über die Bodenstationen an die Galileo-Satelliten gesendet.

Das Galileo-Kontrollzentrum befindet sich in Oberpfaffenhofen (Foto: DLR).



Das DLR hat an seinem Standort in Oberpfaffenhofen zudem ein Zentrum für zukünftige Anwender von Galileo eingerichtet, um beispielsweise die Entwickler von Endgeräten an Galileo heranzuführen und innovative Dienstleistungen zu fördern. Deutsche Firmen sind an allen Bausteinen der Entwicklung und des Aufbaus von Galileo beteiligt. Dem Standort Deutschland dürfte dies neue Impulse geben und helfen, neue innovative Anwendungsmöglichkeiten und Dienstleistungen zu generieren.

Galileos Vorläufer EGNOS

Als Vorstufe zu Galileo hat Europa das System EGNOS (European Geostationary Navigation Overlay Service) aufgebaut. Es nahm am 1. Oktober 2009 den Betrieb auf und stellt einen offenen kostenlosen Dienst über Europa zur Verfügung.

EGNOS basiert auf GPS, verbessert aber dessen Präzision auf etwa zwei bis drei Meter und stellt Integritätsinformationen über GPS zur Verfügung. Sie zeigt dem Nutzer an, ob er sich auf die Navigationssignale verlassen kann oder ob eventuell eine Störung vorliegt. EGNOS besteht aus einem Netzwerk von Bodenstationen und drei geostationären Satelliten. Die von den Stationen empfangenen GPS-Signale werden in vier Kontrollzentren ausgewertet. Die ermittelten Korrekturdaten werden dann mit Hilfe von geostationären Satelliten über ganz Europa ausgestrahlt und können von den einzelnen Empfängern genutzt werden. Ein Kontrollzentrum befindet sich bei der Deutschen Flugsicherung (DFS) in Langen bei Frankfurt.

Die Betriebsaufgaben für EGNOS wurden der Firma European Satellite Services Provider (ESSP SAS) übertragen. Die ESSP ist ein Zusammenschluss europäischer Flugsicherungen mit Sitz in Toulouse, an der die DFS beteiligt ist. Nächster Meilenstein für die ESSP ist die Zertifizierung von EGNOS. Nach Abschluss dieses Verfahrens soll ein für sicherheitskritische Anwendungen in der Luftfahrt verfügbarer Dienst Ende 2010 zur Verfügung stehen.

EGNOS erhöht zwar die Genauigkeit und Integrität 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.

SatNav-Forum und GATE – Vorbereitung auf Galileo

Galileo wird vielen Anwendern aus ganz unterschiedlichen Bereichen eine Fülle von Anwendungsmöglichkeiten bieten. Um diese auszuloten und neue innovative Techniken zu entwickeln, begleitet die Bundesregierung mehrere Initiativen.

Das 2006 vom BMVBS ins Leben gerufene Forum für Satellitennavigation (SatNav-Forum) bietet eine Plattform zum Informations- und Erfahrungsaustausch regionaler Initiativen in Deutschland. Die Raumfahrt-Agentur des DLR fungiert hierin als Koordinator. Das SatNav-Forum versteht sich als Kontaktbörse und fördert eine bundesweite Vernetzung der regionalen Initiativen. So lädt das BMVBS jährlich zu Anwenderkonferenzen ein, auf denen sich die Mitglieder über die Potentiale von Galileo informieren und weitere Impulse erhalten können. In Einzelfällen können die regionalen Initiativen auch Firmengründern finanzielle und logistische Unterstützung bieten. Derzeit gibt es 14 Initiativen in 10 Bundesländern.

Aus Mitteln des Nationalen Weltraumprogramms wurden durch das DLR im Auftrag des Bundesministeriums für Wirtschaft und Technologie fünf Test- und Entwicklungsumgebungen (GATE) aufgebaut. Sie bieten Forschung und Industrie die Möglichkeit, zukünftige Navigationstechnologien vorab praxisnah zu erproben und unterstreichen den Ansatz der Bundesregierung, dass Raumfahrtanwendungen über eine frühzeitige Förderung ein hohes Potenzial an nachgelagerten Diensten und damit Marktchancen erschließen können.

Jedes GATE besteht aus einem Testgelände und einer Sendeanlage, die Signale abstrahlt, wie sie später von den Galileo-Satelliten kommen werden. Jede dieser Sendeanlagen besteht aus bis zu sechs dieser Antennen, Pseudolites genannt. Auf diese Weise können Anwendungen im Land-, See- und Luftverkehr unter realen Einsatz- und Umgebungsbedingungen getestet werden.

GATE ermöglicht in einem großflächigen Areal in Berchtesgaden eine realitätsnahe Simulation der zukünftigen Galileo-Satellitenkonstellation und dient dazu, speziell die Empfänger- und Anwendungsentwickler bei der Entwicklung ihrer Produkte für Galileo zu unterstützen.

Das GATE-Gelände bei Berchtesgaden wird von sechs in den umliegenden Bergen installierten Pseudolites bestrahlt (Foto: DLR)



SEA GATE umfasst ein 20 Quadratkilometer großes Gelände des Rostocker Hafens. Dort wird die Navigation von Schiffen im Dezimeterbereich sowie Logistik- und Umschlagvorgänge im Hafen, wie Containerverkehr, untersucht.

AviationGATE entsteht am Forschungsflughafen Braunschweig. Hier kann ein kompletter, auf Satellitennavigation basierender Landeanflug getestet werden.



Das AviationGATE am Forschungsflughafen Braunschweig umfasst ein 5500 km² großes Areal (Foto: TU Braunschweig)

AutomotiveGATE entsteht auf dem Gelände einer früheren Zeche in der Nähe von Aachen. Es wird speziell für Anwendungen im Straßenverkehr errichtet. Fahrerassistenz- und Kollisionsvermeidungs-Systeme für kommende Fahrzeuggenerationen stehen hier im Vordergrund.

RailGATE in Wegberg-Wildenrath, nördlich von Aachen, bietet eine Test- und Entwicklungsumgebung für den Schienenverkehr. Einer der Schwerpunkte betrifft das automatische Rangieren von Güterwagen.

Wegweiser im Flugverkehr

Die Lotsen der DFS kontrollieren jährlich rund drei Millionen Flüge. Trotz eines Rückgangs der Flugbewegungen im Jahre 2009 wegen der Weltwirtschaftskrise gehen Experten von einem mittelfristig 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 seit 1999 auch für den Anflug (genauer: im Nichtpräzisions-Anflugverfahren) zugelassen,



Eines von sechs Pseudolites von SEA GATE (Foto: EADS-RST).



Das Gelände von RailGATE in der Nähe von Aachen (Foto: Cenalo/Logiball).



Die DFS hat in den vergangenen Jahren bei der Einführung der Satellitennavigation in Europa eine führende Rolle übernommen (Fotos: DFS).

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 Funkfeuern. Das ermöglichte es, enge Flugrouten zu entzerren, die Sicherheit zu erhöhen und gleichzeitig Kraftstoff sparende Begradigungen der Strecken vorzunehmen.

Die dritte Phase trat in Deutschland 1999 in Kraft, als die DFS als erste Flugsicherungsorganisation Europas allein auf GPS beruhende Nichtpräzisionsanflüge an Flughäfen genehmigte.



Nichtpräzisionsanflüge unterschieden sich von Präzisionsanflügen auf folgende Weise: Große Flughäfen verfügen über ein Instrumentenlandesystem (ILS). 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 Lande- richtung 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 gewartet werden. Bei den Nichtpräzisionsanflugverfahren findet die Führung nur horizontal statt, der Sinkflug wird über barometrische Höhenmesser geführt.

Voraussetzung für den Nichtpräzisionsanflug mit GPS ist jedoch, dass die Wetterbedingungen 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-Empfänger mit konventionellen Navigationsempfängern ausgestattet sein.

Die automatische Landung lässt sich allein mit Hilfe von GPS jedoch nicht bewerkstelligen. Dafür reicht die Positionsgenauigkeit von etwa 20 Metern nicht aus, auch Zuverlässigkeit und Integrität sind nicht in ausreichendem Maße garantiert. Auf dieses Ziel wird jedoch hingearbeitet. Im Oktober 2009 nahm EGNOS den technischen Betrieb auf und soll bis Ende 2010 für Landungen mit Vertikalführung zertifiziert werden. Damit werden satellitengestützte Anflüge unter schlechteren Wetterbedingungen möglich.

Exakte Landung via Satellit

Noch genauer als EGNOS arbeitet ein System mit der Bezeichnung Ground Based Augmentation Systems (GBAS), das ebenfalls auf dem Prinzip des Differentiellen GPS basiert, wobei hier jedoch die Referenzstation auf dem Flughafengelände steht. Während EGNOS ein regionales System für ganz Europa darstellt, ist GBAS auf ein lokales Gebiet wie einen Flughafen beschränkt. Das erhöht die Positionsgenauigkeit und Integrität ganz erheblich.

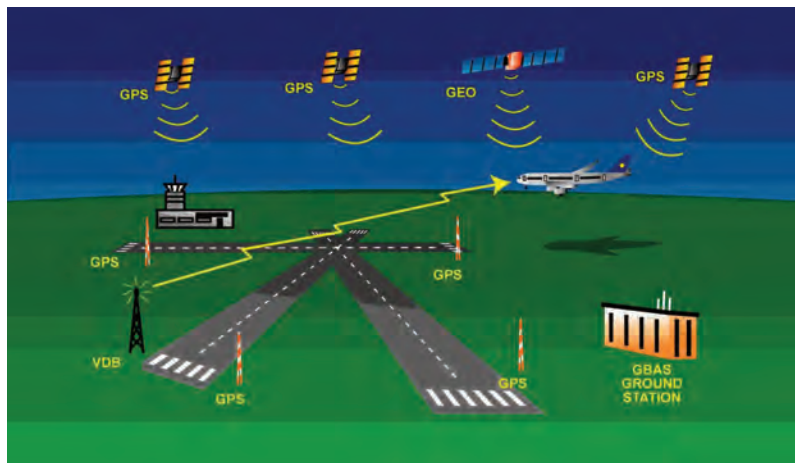
Die Deutsche Flugsicherung betreibt seit 2000 eine GBAS-Experimentalstation in Frankfurt und seit 2008 ein GBAS-System SmartPath der Firma Honeywell in Bremen. Dieses wird seit Mai 2009 von der Air Berlin für Anflüge in beschränktem Maße genutzt. Im Sommer 2009 nahm das Deutsche Zentrum für Luft- und Raumfahrt am Flughafen Braunschweig-Wolfsburg eine experimentelle GBAS-Bodenstation in Betrieb. Mit ihr wurden satellitengestützte Präzisionsanflüge mit einer Boeing B737-700 der Fluggesellschaft Air Berlin durchgeführt.

Eine GBAS-Station besteht aus mindestens zwei GPS-Empfängern auf dem Flughafengelände, deren Positionen exakt vermessen wurden. Diese Station übermittelt dem Empfangsgerät im Flugzeug alle halbe Sekunde aktuelle Korrekturdaten, mit denen der Empfänger dann seine horizontale und vertikale Position verbessern kann. Außerdem werden alle zehn Sekunden die Endanflugdaten an die Flugzeuge übertragen. Zusätzlich

wird der Pilot rechtzeitig von dem System gewarnt, wenn der Positionierungsfehler größer als eine vorgegebene Schranke ist.

Im Gegensatz zum herkömmlichen Instrumentenlandesystem, das nur gerade Anflüge erlaubt, können mit GBAS die Anflugrouten beliebig im Raum angeordnet werden. So lassen sich variable, nur durch Sicherheits- und Komfortanforderungen begrenzte Anflugrouten fliegen, die es unter anderem ermöglichen, geographische Besonderheiten zu berücksichtigen. Darüber hinaus kann eine GBAS-Station bis zu 49 Anflugverfahren an verschiedenen Landebahnen eines Flughafens bereitstellen, während ein ILS nur ein Landebahnde bedienen kann.

Das auf dem Prinzip des Differential-GPS basierende Ground Based Augmentation Systems (GBAS) ermöglicht eine sehr genaue Navigation eines Flugzeugs beim Landeanflug.



Mit GBAS sind heute Landeanflüge unter Kategorie-I-Bedingungen möglich, sowohl in den USA als auch in Russland sind entsprechende Systeme zertifiziert. In Deutschland soll die erste Zertifizierung für das System auf dem Flughafen Bremen bis Ende 2010 ausgestellt werden. Dann kann dort jedes, mit einem entsprechenden Empfangssystem ausgerüstete Flugzeug mit GBAS landen.

Das Ziel besteht aber darin, mit weiteren technischen Verbesserungen auch unter schlechteren Wetterbedingungen der Kategorie II und III Flugzeuge satellitengestützt landen zu lassen und das ILS langfristig abzulösen.

Himmlische Hilfe für den Kapitän

In der Seeschifffahrt hat die Satellitennavigation bereits breiten Einzug gehalten. Seit Mitte 2002 ist sie sogar verpflichtend auf allen Handelsschiffen in der internationalen Fahrt. Wesentlich einfacher als früher liefert ein GPS-Empfänger an Bord die Schiffposition und weitere wichtige nautische Daten, wie Kurs und Geschwindigkeit über Grund sowie die Vorausrichtung. 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 aus, die sich mit der Satellitennavigation realisieren lässt.

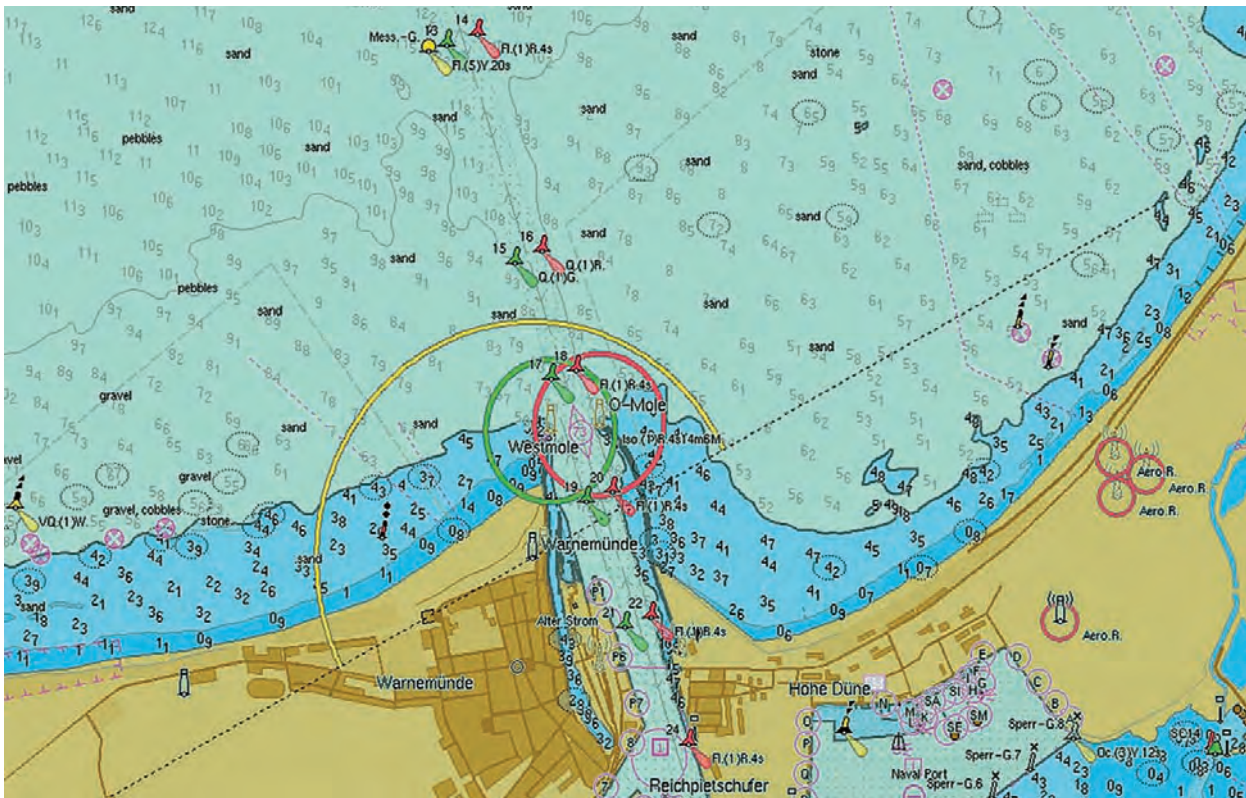
Bei der Hafenansteuerung, im „Revier“, muss die Position aber bis auf etwa einen Meter feststellbar sein. Diese Genauigkeit liefert das Differentielle GPS (DGPS) durch landseitig zu den Schiffen gesendete Korrektursignale. Seit Mitte 2002 ist sie sogar verpflichtend auf allen Handelsschiffen in der internationalen Fahrt. 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. Dieses Verfahren wird im Rahmen des Galileo-Testfeldes Sea Gate im Rostocker Hafen erprobt.

Seine vielfältigen Möglichkeiten entfaltet die Satellitennavigation aber vor allem im Zusammenhang mit dem so genannten Electronic Chart Display and Information System (ECDIS). Diese „elektronische Seekarte“ hat gegenüber der klassischen Papierkarte 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 vorausberechnet 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, so dass andere Schiffe erkennbar werden.

In Deutschland erstellt das Bundesamt für Seeschifffahrt und Hydrographie (BSH) die elektronischen Seekarten. Die deutschen Seegebiete sind vollständig mit elektronischen Karten abgedeckt, hinzu kommen noch 109 Hafenpläne. Ende 2010 soll die weltweite Überdeckung die 800 wichtigsten Seehäfen und die sie verbindenden Hauptschifffahrtsrouten erfassen. Nach einem Beschluss der Weltschifffahrtsorganisation IMO wird ab 2012 eine schrittweise Ausrüstungspflicht der Berufsschifffahrt mit ECDIS eingeführt.

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.

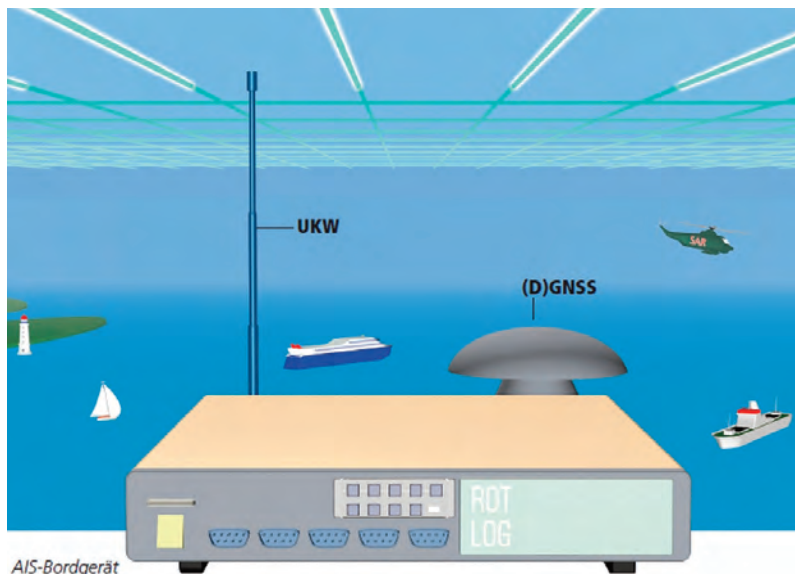
Elektronische Seekarten des ECDIS beinhalten sehr viele für die Schiffskapitäne wichtige Informationen, die sich schnell aktualisieren lassen (Foto: BSH).



Seit 2005 müssen alle Schiffe in der internationalen Fahrt mit AIS-Bordsystemen ausgestattet sein. Auch für ältere Fahrzeuge wurde eine Nachrüstungspflicht festgelegt. 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.

Durch die Kombinationsmöglichkeit von Satellitennavigation, Radar, ECDIS und AIS lässt sich ein integriertes Telematiksystem aufbauen, das die Sicherheit auf den Meeren erhöht und gleich-

zeitig ein effizientes weltweites Flottenmanagement ermöglicht. Unterstützt wird dies durch lokale DGPS-Systeme, wie sie in einigen Häfen und entlang vieler Küsten weltweit installiert sind. Mit ihnen lassen sich beispielsweise Container und Großgeräte orten.



AIS-Bordgerät

Über spezielle UKW-Sender und Empfänger werden Schiffs- und Fahrtdaten automatisch in kurzen Zeitabständen ausgetauscht. Das Verfahren des Datenaustausches ist weltweit standardisiert und funktioniert auf allen Weltmeeren. Zu einem AIS-Bordgerät gehört ein GPS-Empfänger D(GNSS), eine UKW-Sende- und Empfangseinheit sowie ein Steuergerät (Grafik: WSD-Nord).

Nicht zuletzt unterstützt die Satellitennavigation Rettungseinsätze bei Havarien und „Mann über Bord.“ Ist die genaue Position des Havaristen bekannt, sind Rettungskräfte schneller vor Ort und andere Schiffe können leichter zu einem Rendezvous anlegen, um Mannschaft oder Passagiere zu übernehmen. Im Rahmen des seit 1992 arbeitenden Global Maritime Distress and Safety System (GMDSS) lässt sich neben Seenotmeldungen auf terrestrischem Wege auch ein Notruf über Satelliten-Seenotfunkbaken (EPIRB) absetzen.

Die EPIRB sendet Signale aus, die von den polar umlaufenden Satelliten empfangen werden können. Daraus wird eine Position errechnet und an ein Maritime Rescue Coordination Center (MRCC) weitergeleitet. EPIRBs mit GPS senden zusätzlich ihre Position über geostationäre Satelliten, von wo aus diese in ein zuständiges MRCC gelangen. Das für die deutschen Küstengewässer zuständige MRCC befindet sich in Bremen und wird von der Deutschen Gesellschaft zur Rettung Schiffbrüchiger betrieben.

Mit ARGO auf deutschen Flüssen

Auf einer Gesamtlänge von rund 7 300 Kilometern 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 BMVBS 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.

Das elektronische Fahrrinnen-Informationssystem ARGO unterstützt die Binnenschiffer bei der Navigation auf den teils dicht befahrenen Flüssen und Kanälen (Foto: WSD-Südwest).



Voraussetzung für ARGO ist eine elektronische Wasserstraßenkarte, die eine Fülle von wichtigen Informationen enthält, wie die Uferlinie, Uferbauwerke, Umrisse 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 bedeutet 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 km langen Streckenabschnitt nur eine Fahr-

rinnentiefe von 1,90 m zur Verfügung. Durch diesen Rheinabschnitt transportieren jährlich rund 60 000 Schiffe insgesamt circa 60 Millionen Gütertonnen.

Mit ARGO liegen den Kapitänen nun genauere Informationen über die Lage der Fahrrinne und über die aktuell verfügbaren Wassertiefen vor. Die Tiefeninformationen werden in unregelmäßiger Folge immer dann aktualisiert, wenn wesentliche Veränderungen bekannt geworden sind. Dies geschieht in Form einer Benachrichtigung im Nautischen Informationsfunk und auf der Homepage Elwis (Elektronisches Wasserstraßen-Informationssystem) der deutschen Wasser- und Schifffahrtsverwaltung des Bundes (WSV). In besonderen Fällen erfolgt ein Update in der Edition der entsprechenden elektronischen Karte.



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

Nachdem sich ARGO auf dem Rhein bewährt hat, wurden von zahlreichen anderen Wasserstraßen elektronische Karten angefertigt, so dass dieses System nun in Deutschland weit verbreitet ist.

Satelliten überwachen Güterwaggons

Täglich verkehren zwischen den Werken und Zulieferern des Volkswagen-Konzerns mehrere hundert neue 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 verfügen über fest installierte GPS-Geräte und mehrere Sensoren. Via Satellit kann damit das Kundenservicezentrum von DB Schenker Rail die Positionen der Wagen jederzeit kontrollieren und Auskunft über deren Beladezustand erhalten.

Dies ist nur ein Beispiel von vielen für den Einsatz des satellitengestützten Ortungs- und Navigationssystems bei DB Schenker



Mehr als 13 000 Güterwagen der DB Schenker Rail sind mit autonom arbeitenden GPS-Anlagen ausgerüstet (Foto: DB Schenker Rail).

Rail. Insgesamt rollen unter ihrer Flagge rund 100 000 Güterwagen über die Schienen, Transporte aus rund 4000 Gleisanschlüssen werden abgeholt und etwa 1400 Güterverkehrsstellen bedient. Damit ist sie die führende Güterbahn in Europa.

Mehr als 60 Prozent der Güterverkehre von DB Schenker Rail sind grenzüberschreitend unterwegs. Um dabei für erhöhte Sicherheit zu sorgen, hat DB Schenker Rail bislang rund 13 200 Güterwagen unterschiedlicher Bauarten mit Satelliten-Ortungsgeräten ausgerüstet - insbesondere mit Blick auf „gefährdete Auslandsverkehre“.

Die GPS-Geräte 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 300 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 Zuges überwachen.

Die Datenübertragung erfolgt in Form einer SMS – 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 Abweichungen. 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 können zum Beispiel erschütterungsempfindliche Waren wie Laptops und andere hochwertige Güter jederzeit überwacht werden. Sollte es entlang der Transportkette zu Stößen kommen, so ist im Nachhinein lokalisierbar, wann und wo die Ware welchem Schock ausgesetzt war. Schließlich ist auch feststellbar, wann und wo eine Tür geöffnet wird. Falls dies gewaltsam und unvorhergesehen geschieht, wird ein Alarm ausgelöst und eine Sicherheitsmaßnahme veranlasst.

Darüber hinaus können Drucksensoren an den Federungen 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 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 meinen Intercity noch?

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, setzt die Deutsche Bahn das Reisenden-Informationssystem (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 weiter geleitet. 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 Abfahrzeiten und etwaige Verspätungen selbst über seinen RIS-Communicator melden.

Das Reisenden-Informationssystem (RIS) sorgt dafür, dass zu jeder Zeit die Positionen aller Züge der Deutschen Bahn bekannt sind (Foto: DLR).



Communicator oder Handy mit Reisenden-Informationssystem (RIS) ist das technische Fundament, von dem aus Reisende und DB-Mitarbeiter gleichzeitig und unmittelbar in Echtzeit (SMS-Basis) über die Betriebslage unterrichtet werden (Foto: Deutsche Bahn).



RIS wird jedoch ständig weiterentwickelt. So werden alle Lokführer in Nahverkehrszügen mit mobilen Endgeräten ausgerüstet. Diese GPS-fähigen Geräte orten die aktuelle Zugposition und schicken gegebenenfalls Verspätungsmeldungen in das zentrale RIS. Neufahrzeuge sind mit einem GPS-gestützten Fahr-

gastinformationssystem ausgestattet und leiten per Mobilfunk die relevanten Daten an den RIS-Zentralrechner weiter. Reisende in Regionalzügen werden dann über automatische Lautsprecherdurchsagen und Bildschirme mit aktuellen Informationen über den weiteren Reiseverlauf informiert. In den Zug gelangen die Informationen per Mobilfunk.

Das LKW-Mautsystem auf deutschen Autobahnen

Seit dem 1. Januar 2005 läuft auf deutschen Autobahnen das LKW-Mautsystem. Es basiert auf einer Kombination von Mobilfunktechnologie und dem Satellitennavigationssystem GPS. Kernstück der automatischen Einbuchung in das Mautsystem ist ein Gerät im Fahrzeug, die so genannte On-Board-Unit. Sie bestimmt mit Hilfe von GPS-Signalen und anderen Ortungssensoren automatisch die zurückgelegten Streckenabschnitte, berechnet auf Basis der eingestellten Fahrzeug- und Tarifparameter die Mautgebühren und übermittelt diese Daten anschließend per Mobilfunk an ein Rechenzentrum. Der Lkw-Fahrer braucht seine Strecke nicht selbst einzubuchen, und auch die wichtigsten Fahrzeugdaten sind bereits im Gerät gespeichert.

Ein solches elektronisches Mautsystem ist sehr flexibel und lässt sich auch zur Verkehrslenkung einsetzen. So könnte man die Mautgebühren nach Tageszeit und Verkehrsaufkommen gestaffelt erheben.

Das deutsche Lkw-Mautsystem ist so ausgelegt, dass es grundsätzlich auch mit dem europäischen Satellitennavigationssystem Galileo funktioniert.



Auf deutschen Autobahnen müssen LKWs seit 2005 Maut bezahlen. Das System basiert auf einer Kombination von Mobilfunktechnologie und dem Satellitenortungssystem GPS (Foto: Tollcollect).

Glossar

ARGO	Advanced River Navigation. www.elwis.de/telematik/argo
BMVBS	Bundesministerium für Verkehr, Bau und Stadtentwicklung. www.bmvbs.de
DLR	Deutsches Zentrum für Luft- und Raumfahrt. www.dlr.de
DWD	Deutscher Wetterdienst. www.dwd.de
BfG	Bundesamt für Gewässerkunde. www.bfg.de
BSH	Bundesamt für Seeschifffahrt und Hydrographie. www.bsh.de
DGPS	Differential Global Positioning System.
ECDIS	Electronical Chart and Displas Information System. www.elwis.de/telematik/argo/historie/inland-ecdis-standard
EGNOS	European Geostationary Navigation Overlay Service. www.esa.int/export/esaNA/GGG63960NDC_index_0.html
ERS	European Radar Satellite. www.esa.int/export/esaEO/SEMGWH2VQUD_index_0_m.html
ESA	Europäische Weltraumbehörde. www.esa.int
EUMETSAT	European Organisation for the Exploitation of Meteorological Satellites. www.eumetsat.de
Galileo	Europäisches Satellitennavigationssystem. www.dlr.de/galileo
GLONASS	Russisches Satellitennavigationssystem. www.glonass-center.ru/frame_e.html
GMES	Global Monitoring for Environment and Security. www.gmes.info
GOES	Geostationary Orbiting Environmental Satellite
GPS	Global Positioning System
METEOSAT	European geostationary Meteorological Satellite. www.eumetsat.de
MSG	METEOSAT Second Generation. www.eumetsat.de
MTG	METEOSAT Third Generation. www.eumetsat.de
NOAA	National Oceanic and Atmospheric Administration. www.noaa.gov
POES	Polar Orbiting Environmental Satellite
SAF	Satellite Application Facility. www.eumetsat.de/saf
SAR	Synthetic Aperture Radar

Herausgeber

Bundesministerium für Verkehr,
Bau und Stadtentwicklung
Invalidenstraße 44
10115 Berlin

Bezugsquelle/Ansprechpartner

Bundesministerium für Verkehr,
Bau und Stadtentwicklung
Referat Bürgerservice und Besucherdienst
11030 Berlin
E-Mail: buergerinfo@bmvbs.bund.de
<http://www.bmvbs.de>
Telefon: +49 30 18-300-3060
Fax: +49 30 18-300-1942

Gestaltung und Druck

Bundesministerium für Verkehr,
Bau und Stadtentwicklung

Bildnachweis

ESA, NOAA, DLR, EUMETSAT, Astrium, Diba, DWD, AWI, BSH, CSA, MDA,
EMSA, Agência Brasil, Havariekommando, IFF, EADS-RST, TU Braunschweig,
Cenalo/Logiball, DFS, WSD-Nord, WSD-Südwest, DB Schenker Rail, Deutsche
Bahn, Toll Collect

Stand

Mai 2010