

»Perspektivisch sind Satellitendaten auch in der Hydrographie gefragt«

Ein Wissenschaftsgespräch mit EGBERT SCHWARZ*

Beim Stichwort »maritime Sicherheit« denkt man nicht unbedingt als erstes an das DLR, das Deutsche Zentrum für Luft- und Raumfahrt. Doch am Standort Neustrelitz gibt es seit 2014 die Forschungsstelle Maritime Sicherheit. Unser Gesprächspartner Egbert Schwarz ist Teamleiter dieser Forschungsstelle. Im Wissenschaftsgespräch wollten wir von ihm erfahren, wie er mit seiner Arbeit zur Sicherheit auf See beitragen kann. Und als Hydrographen interessierten wir uns natürlich besonders dafür, was uns die Erdbeobachtung in puncto hydrographische Daten bieten kann.

* Das Interview mit Egbert Schwarz führten Lars Schiller und Holger Klindt am 15. September in Neustrelitz.

DLR | Erdbeobachtung | Fernerkundung | maritime Sicherheit | Informationsprodukte | Schiffsdetektion
signifikante Wellenhöhe | Öldetektion | Eisklassifizierung | Datenfusion | Datensicherheit

Warum sollte man bei maritimer Sicherheit auch an das DLR denken?

Wir beschäftigen uns am Deutschen Zentrum für Luft- und Raumfahrt bereits seit Langem mit der satellitengestützten Erkundung von Meeren und Gewässern. Seit 2012 stellen wir unsere Arbeiten gezielt auch in den Dienst der maritimen Sicherheit. Damals wurde ein Forschungsverbund etabliert, um über Instituts- und Fachgrenzen hinweg das Thema interdisziplinär zu adressieren: von der Satellitenentwicklung über Kommunikationsverfahren, sichere Navigation, bis hin zu Informationsprodukten aus der Erdbeobachtung. In Braunschweig, Bremen, Neustrelitz und Oberpfaffenhofen wurden hierzu eigens Forschungsstellen eingerichtet, wo mehrere Institute in einem virtuellen Verbund thematisch zusammenarbeiten. In Neustrelitz und in Bremen arbeiten das Institut für Kommunikation und Navigation und das Earth Observation Center des DLR gemeinsam daran, Schiffe zu detektieren, zu identifizieren und bei ihrer Fahrt mit hochaktuellen Informationen vom Satelliten zu unterstützen. Wir haben den großen Vorteil, dass wir hier Wissen aus verschiedenen Bereichen bündeln können. Angefangen von

»Die Satellitenflotte ist stark gewachsen. Dadurch ist es möglich geworden, die Meere regelmäßig zu beobachten«

Egbert Schwarz

der hardwarenahen Entwicklung neuer Satellitenmodi, über die Ableitung von neuen Informationsprodukten aus Satellitendaten, bis hin zur Entwicklung einer Echtzeitprozessierung der Daten an der eigenen Empfangsstation haben wir hier alles in einer Hand.

Wie ist die Forschungsstelle organisiert?

Wir haben eine Doppelspitze. Thoralf Noack vom Institut für Kommunikation und Navigation und ich leiten die Forschungsstelle in Neustrelitz gemeinsam. So können wir die verschiedenen Bereiche inhaltlich gut abdecken.

Erzählen Sie uns, wie Sie zur sicheren Schifffahrt aus dem Weltraum beitragen können.

Wir entwickeln zum Beispiel Methoden, um Ölverschmutzungen bei Nacht und bei Nebel aus dem All zu identifizieren und auf den Verursacher zurückzuführen. Services, wie sie beispielsweise auch bei der European Maritime Safety Agency (EMSA) im CleanSeaNet eingesetzt werden. Durch unsere Möglichkeit, auch durch Wolken hindurch Schiffe detektieren zu können, die ohne Automatisches Identifikationssystem fahren, etwa weil dieses ausgefallen ist oder manipuliert wurde, können unsere Techniken dazu beitragen, Schiffen in Seenot zu helfen und kriminellen Aktivitäten, wie Piraterie, illegalem Fischfang oder Schmuggel nachzugehen.

Da wir vom Satelliten aus auch verschiedene Meereistypen identifizieren und Eisberge detektieren können, unterstützen wir regelmäßig Forschungsschiffe in der Arktis oder der Antarktis bei der Navigation durch das Eis. Die Schiffe erhalten so von uns in Nahe-Echtzeit einen Überblick über ihre Umgebung, der die Sichtweite ihres Eisradars um ein Vielfaches übersteigt. Wir selbst können durch diese Kooperationen unsere Verfahren validieren und verbessern. Neben der Eisbedeckung leiten wir aus den Daten unserer Radarsatelliten großflächig Parameter wie die Höhe und Richtung von Wellen, sowie Windgeschwindigkeiten ab.

In diesem Jahrzehnt ist die Satellitenflotte – insbesondere auch dank der europäischen Sentinel-Satelliten aus dem Copernicus-Programm – stark gewachsen. Dadurch ist es möglich geworden, die Erde – aber eben auch die Meere – regelmäßiger zu beobachten und neue Produkte bereitzustellen, für ganz konkrete Nahe-Echtzeit-Anforderungen ebenso, wie als Input für komplexe Modellierungen.

Sie sprechen von Produkten. Wie sehen diese Produkte aus?

Es sind zusätzliche Layer, basierend auf den Erdbeobachtungsdaten, Produkte zur Schiffsdetektion, Wind oder signifikanter Wellenhöhe. In anderen Produkten soll beispielsweise Meereisbedeckung klassifiziert werden, um mit diesen Informationen

die Navigation zu unterstützen. Auch für Eisberge gibt es Produkte.

Kann jeder solch ein Produkt nutzen?

Einige Produkte im maritimen Umfeld sind bereits kommerziell erhältlich. Die Firma EOMAP zum Beispiel, eine Ausgründung aus dem DLR, nutzt seit vielen Jahren Erdbeobachtungsdaten, um die Bathymetrie in Küstenbereichen abzuleiten. Auch Produkte für das Umweltmonitoring, wie Trübung oder Chlorophyllkonzentration des Wassers, bietet die Firma an.

Wenn nun jemand eine Messung plant, für die er Seegangsdaten benötigt, wie viele Tage vorher müsste er beim DLR anrufen, um aktuelle Daten aus der Erdbeobachtung zu erhalten?

Wir bedienen als wissenschaftliche Einrichtung keine regulären, kommerziellen Anfragen. Das ist Aufgabe der Industrie. Unser Fokus ist die Entwicklung der Techniken. Im Rahmen einer Messkampagne würden wir jedoch idealerweise vier Wochen Vorlauf einplanen, um die Satellitenaufnahmen für die Messkampagne zu kommandieren und die erforderlichen Daten zu verarbeiten. In Zukunft werden solche Daten jedoch operationell, also ohne Zeitverzug, bereitgestellt werden, etwa durch von uns entwickelte Echtzeitdienste, die die Daten unmittelbar nach Empfang noch an der Antenne zu einem leichten, schlanken Informationsprodukt weiterverarbeiten.

Muss man das wirklich anmelden? Kann man die Bilder nicht jederzeit bekommen?

Die Satellitendaten der europäischen Copernicus-Missionen sind, ebenso wie viele amerikanische Satellitendaten, offen und kostenlos zugänglich. Die Daten der Sentinel-Satelliten kann jeder über Portale der ESA oder über unser DLR-Portal (CODE-DE) kostenfrei herunterladen. Für komplexe, daraus abgeleitete Produkte, wie die Seegangshöhe, die Öl- und Eisdetektion und Windfelder, braucht es jedoch das Wissen von Spezialisten, sowie entsprechende Hard- und Softwareausstattung. Solche Produkte sind, sofern sie nicht in wissenschaftlichem oder öffentlichem Interesse erstellt werden, dann nur kommerziell erhältlich.

Wenn wir jetzt nicht nur die frei verfügbaren Daten wollten, sondern ausgewertete Produkte, was müssten wir für ein Produkt zur Wellenhöhe bezahlen?

Das DLR ist eine Forschungseinrichtung. Unsere Forschungs- und Entwicklungsarbeiten tragen auch dazu bei, marktreife Produkte zu entwickeln. Sobald jedoch die Marktreife erreicht ist, ist es Aufgabe der Industrie, solche Produkte anzubieten. Eine solche Arbeitsteilung existiert zum Beispiel seit zehn Jahren im Rahmen der Radarmissionen TerraSAR-X und TanDEM-X. Airbus ist als Industriepartner im Rahmen einer Public-private-Partnership für die kommerzielle Vermarktung der Daten verantwortlich, das DLR verantwortet die Durchführung der Mission und betreut die wissenschaftlichen Nutzer. Im Idealfall können wir über Lizenzen an den Erlösen der Industrie teilhaben und so

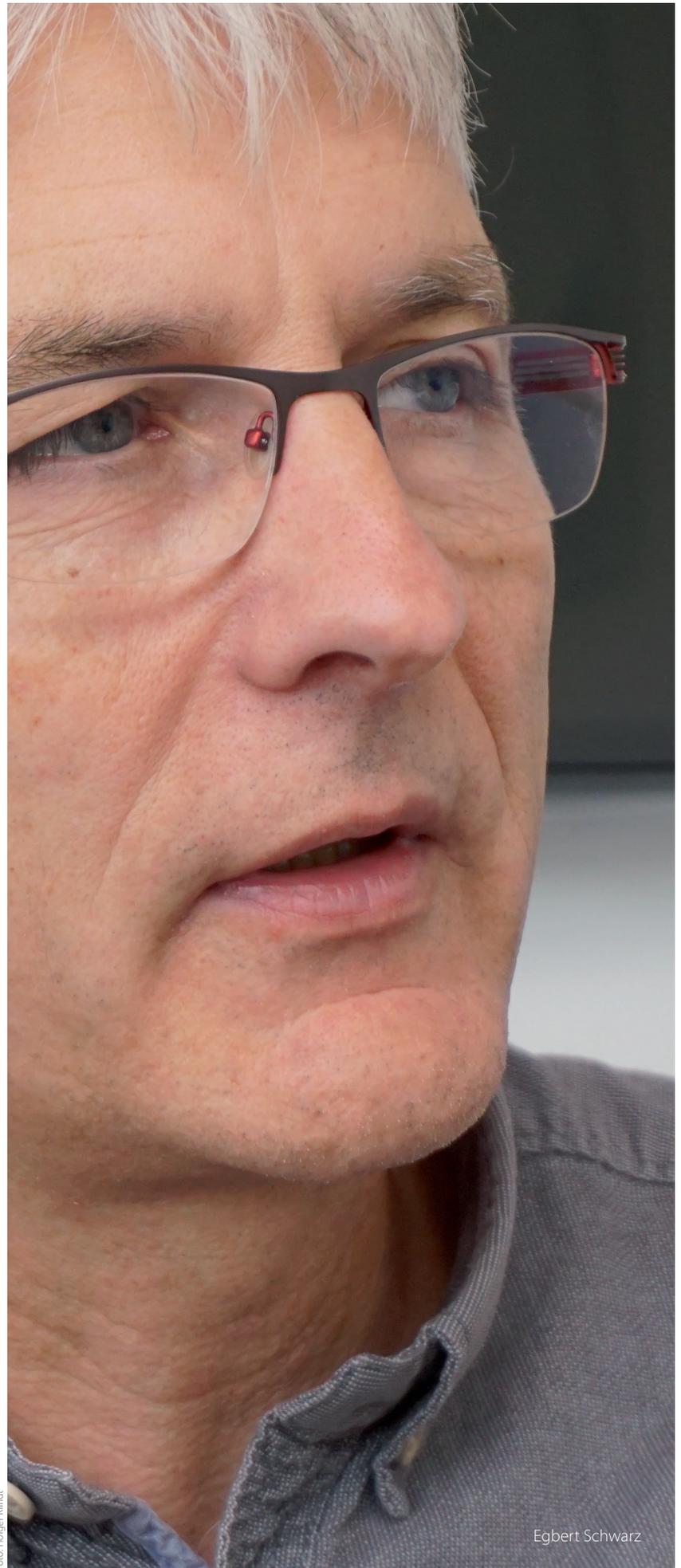


Foto: Holger Klindt

Egbert Schwarz

weitere Forschungsarbeiten finanzieren, doch mit dem Verkauf der Daten haben wir nichts zu tun. Daher kann ich Ihnen keine Preise nennen.

[Bei welchen Firmen könnten wir noch gewässerbezogene Produkte erhalten?](#)

Bei der Firma »Drift and Noise« zum Beispiel, einer Ausgründung aus dem AWI, die beim Thema Eis sehr aktiv ist und entsprechende Produkte wie Eiskonzentrationen anbietet.

[Was ist das integrierte maritime Informationssystem?](#)

Ich nehme an, Sie meinen das im Projekt »Echtzeitdienste maritime Sicherheit« (EMSec) gemeinsam mit Partnern entwickelte System. In diesem System wurden Informationen aus verschiedenen Datenquellen zu einem maritimen Lagebild zusammengeführt. In Neustrelitz entwickeln wir auf Basis des Umwelt- und Kriseninformationssystems UKIS, einer Systementwicklung des DFD in Oberpfaffenhofen, eine webbasierte Lösung zur Bereitstellung der satellitenbasierten Informationsprodukte. Noch handelt es sich um eine Pilotentwicklung, mit der wir Produkte zur Schiffsdetektion zur Verfügung stellen, fusioniert mit AIS-Informationen, Seegangshöhen und Windinformationen. Momentan validieren wir die Algorithmen, um die notwendige Verlässlichkeit der Ergebnisse sicherzustellen.

[Für wen ist denn UKIS gedacht?](#)

UKIS ist ein institutsinternes Baukastensystem, um die Entwicklung von Systemen effizient und nachhaltig voranzutreiben. Durch den gewählten Ansatz kann auf bestehende Module zurückgegriffen und wertvolle Entwicklungszeit eingespart werden. Die einzelnen Module können zur Implementierung von webbasierten Warnsystemen für unterschiedliche Naturgefahren, etwa Hochwasser und Waldbrände, oder von Umweltinformationssystemen, zum Beispiel Schiffsdetektion, Wind und Eisklassifikation, verwendet werden. Das DFD verwendet das System für unterschiedliche Anwendungen, beispielsweise auch im Rahmen der Flutkartierung am Zentrum für Satellitengestützte Kriseninformation. In unterschiedlichen Anwendungsprojekten wird das System ständig weiterentwickelt.

[In die Produkte fließen teilweise auch Daten aus anderen Quellen ein, zum Beispiel Wettermodelle, Seekarten oder Offshore-Bauwerke. Dazu müssen die Daten fusioniert werden.](#)

Bei solchen Value-added-Produkten kooperieren wir dann mit Partnern, welche die benötigten Zusatzdaten bereitstellen. Beispielsweise sind wir in einem gemeinsamen Projekt für die Firma European Space Imaging (EUSI) im Unterauftrag tätig, um Produkte an die EMSA auszuliefern. Die Daten kommen von EUSI, wie auch von der EMSA. Wir führen diese Daten zusammen und erstellen die gewünschten Informationsprodukte, bevor diese an den Nutzer ausgeliefert werden.

[Wer treibt die Anwendungsentwicklung, die Technologie oder der Markt?](#)

Weder noch, Treiber hinter den Entwicklungen am EOC sind zumeist offene Forschungsfragen, zum Beispiel aufgrund der klimatischen Veränderungen. Im Zuge der Climate Change Initiative beschäftigen wir uns im EOC damit, wie bestimmte Fragestellungen unter Nutzung verschiedenster Sensorik besser beantwortet werden können. Wir forschen auch innerhalb von ESA-Projekten und im Rahmen des EU-Forschungsrahmenprogramms Horizon 2020.

[Schon kurz nachdem Sie die Satellitendaten empfangen haben, stellen Sie die Produkte bereit. Das Ganze geht nahezu in Echtzeit, heißt es. Wie alt sind die Daten, wenn sie veröffentlicht werden?](#)

Wenn wir von nahezu Echtzeit reden, beziehen wir uns in der Erdbeobachtung immer auf die Zeitspanne, die wir benötigen, um die empfangenen Daten in ein Produkt für zeitkritische Anwendungen umzuwandeln. Das kann, je nach Anwendung und Datenmenge, bis zu 30 Minuten dauern und berücksichtigt dabei auch die Nutzeranforderungen. Beim Thema Ölverschmutzung muss in dieser Zeit das Produkt beim Nutzer sein. Ein solches Produkt beinhaltet dann neben dem Satellitenbild abgeleitete Informationen wie Koordinaten, Größe und Ausdehnung der Verdachtsflächen sowie auch Angaben zur Wahrscheinlichkeit, dass es sich tatsächlich um eine Ölverschmutzung handelt.

[Sie sagen, es gehe um die Zeitspanne zwischen dem Empfang der Daten und der Auslieferung des Produkts. Was meinen Sie mit dem Empfang – den Zeitpunkt, zu dem das Satellitenbild gemacht wird, oder den Moment, da die Daten von der Bodenstation empfangen werden?](#)

In dieser Zeitspanne von maximal 30 Minuten ist alles enthalten, die Aufnahme des Bildes, der Empfang der Daten, das Auswerten und schließlich das Ausliefern des Produkts. Und deswegen gilt: Um diese Nahe-Echtzeit-Anforderung erfüllen zu können, muss die Antenne an der Bodenstation zum Zeitpunkt der Aufnahme Sichtbarkeit zum Satelliten haben.

[Andernfalls gibt es ein Delay.](#)

Ja, dann muss man warten, bis der Satellit in den Sichtbarkeitsbereich der Antenne kommt. Bei der TerraSAR-X Mission beispielsweise nutzen wir zusätzlich zur Bodenstation hier in Neustrelitz weitere Stationen. Alle Aufnahmen werden zunächst im Bordspeicher zwischengespeichert, bevor die Daten an den Boden übertragen werden. Aufnahmen, welche in nahe Echtzeit (NRT) benötigt werden, werden dann bei der Übertragung zur Bodenstation vorgezogen. Andere Satelliten wie beispielsweise Sentinel-1A und -B arbeiten sowohl mit einem Bordspeicher als auch im Pass-through-Modus. Dadurch können wir die über Europa aufgezeichneten Daten in Echtzeit in Neustrelitz empfangen. Der Empfangsbereich der Neustrelitzer Antennen deckt Europa sehr gut ab: In Nord-Süd-Richtung können wir die Satelliten vom Nordkap bis hin zur Küste Nordafrikas verfolgen. Das hängt

Bisher erschienen:

Horst Hecht (HN 82),
Holger Klindt (HN 83),
Joachim Behrens (HN 84),
Bernd Jeuken (HN 85),
Hans Werner Schenke (HN 86),
Wilhelm Weinrebe (HN 87),
William Heaps (HN 88),
Christian Maushake (HN 89),
Monika Breuch-Moritz (HN 90),
Dietmar Grünreich (HN 91),
Peter Gimpel (HN 92),
Jörg Schimmler (HN 93),
Delf Egge (HN 94),
Gunther Braun (HN 95),
Siegfried Fahrentholz (HN 96),
Gunther Braun, Delf Egge, Ingo Harre, Horst Hecht, Wolftram Kirchner und Hans-Friedrich Neumann (HN 97),
Werner und Andres Nicola (HN 98),
Sören Themann (HN 99),
Peter Ehlers (HN 100),
Rob van Ree (HN 101),
DHYG-Beirat (HN 102),
Walter Offenborn (HN 103),
Jens Schneider von Deimling (HN 104),
Mathias Jonas (HN 105),
Jürgen Peregovits (HN 106),
Thomas Dehling (HN 107)

jedoch auch davon ab, wie hoch die Satelliten fliegen, ob in 500 Kilometer Höhe oder in 800.

Werden nicht manche Satellitendaten zunächst an geostationäre Satelliten übertragen und von dort aus dann an die Bodenstation?

In der Tat nutzt man schon solche geostationären Relais-Satelliten. Die polar-umlaufenden Satelliten übertragen ihre Daten an den geostationären Relais-Satelliten. Das geschieht zum Teil mit Hilfe eines Lasers. Von dem geostationären Satelliten aus werden die Daten dann an die Bodenstation übertragen. So kann man den Horizont der Bodenstation deutlich erweitern. Und wir können in einem wesentlich größeren Aktionsradius Nahe-Echtzeit-Anwendungen bedienen. Beispielsweise ist es uns bei einem Test mit Sentinel-1A gelungen, aus einer Aufnahme, die vor Brasilien gemacht wurde – also weit außerhalb des Sichtbarkeitsbereichs –, innerhalb von 18 Minuten ein Schiffsdetektionsprodukt zu erstellen. Hierbei wurden die Daten vom Sentinel-1A an den Satelliten Alphasat übertragen, mit der DFD-Antenne in Oberpfaffenhofen empfangen und in Neustrelitz prozessiert.

Vor der Küste Griechenlands gab es kürzlich eine Ölkatastrophe. Nun stellt sich die Frage, wie sich das Öl dort ausbreitet. In welchen Zeitabständen fliegen Satelliten über den Ölteppich?

Wir sind immer darauf angewiesen, dass ein Satellit das Gebiet überfliegt. Wenn wir nur einen Satelliten betrachten, so liegt die Wiederholrate bei 11 bis 16 Tagen.

Sie wollen sagen, dass zwar keine halbe Stunde verstreicht, bis aus einer Satellitenaufnahme ein Ölprodukt erstellt ist, wir aber dann zwei Wochen warten müssen, bis wir das nächste Ölprodukt erhalten können?

So wäre es, wenn wir nur einen Erdbeobachtungssatelliten zur Verfügung hätten. Zum Glück gibt es inzwischen eine Vielzahl von Satelliten. Doch nicht jeder Satellit ist mit Sensorik ausgestattet, die für die Erkennung von Ölverschmutzungen geeignet ist. Dennoch, wenn wir sowohl mehrere Radarsatelliten als auch optische Satelliten einsetzen, können wir den Zeitraum für eine Wiederholung deutlich reduzieren. Wir prüfen dann, welche Satelliten demnächst das Gebiet überfliegen werden und auch aufnehmen. Es ist nicht so, dass die Satelliten ständig eingeschaltet sind und eine globale Abdeckung aufnehmen. Dazu würden die Satellitenressourcen gar nicht ausreichen. Stattdessen nehmen viele Satelliten nur auf Basis der Nutzerbestellungen auf.

Und sonst schlafen die Satelliten?

Viele Erdbeobachtungssatelliten haben einfach nicht die Leistung, ständig aufnehmen zu können. Insbesondere Radarsatelliten haben einen erhöhten Energiebedarf. Von den etwa 100 Minuten, die ein Sentinel-1-Satellit für einen Umlauf benötigt, kann er lediglich 25 Minuten eingeschaltet sein. Wobei das nicht am Stück sein muss. Beim TerraSAR-Satelliten sind es sogar nur drei Minuten. Wir brauchen also deutlich mehr Satelliten, um alle Nutzeranforderungen erfüllen zu können. Manche Satellitenmissionen arbeiten nach einem High-Level-Operations-Plan, beispielsweise die Sentinel-Satelliten. Hierin ist neben dem Aufnahmegebiet auch der Aufnahmemodus festgelegt. Da kann es sein, dass bestimmte Gebiete, wann immer sie

»Nahezu Echtzeit bedeutet, dass spätestens 30 Minuten nachdem eine Aufnahme gemacht wurde ein bestätigtes Produkt beim Nutzer ist.«

Egbert Schwarz



Spanien, Straße von Gibraltar. In der Bildmitte ist die Straße von Gibraltar zu sehen – das Tor zwischen Atlantik und Mittelmeer. Die zahlreichen hellen Punkte repräsentieren Schiffe und dokumentieren, wie stark die Meerenge befahren ist. Die Daten von TerraSAR-X tragen zur Überwachung des Schiffsverkehrs bei

überflogen werden, aufgenommen werden. Andere Missionen werden entsprechend der Nutzeranforderungen kommandiert. Erst wenn ein Nutzer eine Aufnahme bestellt, wird das Instrument eingeschaltet.

Bei jedem Umlauf kann ein Satellit nur eine verhältnismäßig kurze Zeit lang aufnehmen. Nun

»Perspektivisch sind Daten aus Satellitenmissionen gefragt, vor allem wenn es um Fragestellungen geht, die man sonst nur mit erheblichem operationellen Aufwand bearbeiten kann«

Egbert Schwarz

wollen wir immer noch etwas über den Ölteppich vor Griechenland in Erfahrung bringen. Kann der Satellit mehrere Aufnahmen von dem Ölteppich machen, aus verschiedenen Blickwinkeln? Die Erdbeobachtungssatelliten bewegen sich in der Regel auf einer polnahen Umlaufbahn, während sich die Erde drunter hinweg dreht. Der Satellit fliegt mit 7 Kilo-

metern pro Sekunde. Daher kann er nur in einem bestimmten Zeitfenster einen Punkt auf der Erde fixieren. Bei einer TerraSAR-X-Spotlight-Aufnahme, einer geometrisch hochaufgelösten Radaraufnahme mit einem Synthetic Aperture Radar (SAR), sind es etwa drei Sekunden. Im kommerziellen Bereich kommen wir dadurch auf eine Auflösung von etwa einem Meter. Im optischen Bereich verhält es sich anders. Die optischen Satelliten arbeiten teilweise mit mehreren Kameras oder führen die Kamera so schnell nach, dass sie im selben Überflug mehrere Aufnahmen aus verschiedenen Blickwinkeln machen können. Hier spricht man dann auch von Stereoaufnahmen.

Nun haben wir eine Aufnahme von dem Ölteppich. Dank des Ölprodukts wissen wir, wie groß der Ölteppich zum Zeitpunkt der Aufnahme war. Doch wohin driftet der Ölteppich und dehnt er sich aus? Um das zu erfahren, benötigen wir ein zweites Bild. In welchem Zeitabstand ist das möglich?

Das hängt stark von den Satelliten ab, die eingesetzt werden. Die SAR-Satelliten haben ihre Überflugzeiten in den frühen Morgen- bzw. Abendstunden, das Instrument arbeitet unabhängig vom Tageslicht. Die optischen Satelliten wiederum haben ihre Aufnahmezeit in der Regel beim höchsten Sonnenstand. Dadurch ergibt sich ein Abstand zwischen den Aufnahmen von etwa sechs Stunden.

Bei Aufnahmen in der Nordsee haben wir genau diese Fragestellung untersucht. Bei einem Morgenpass haben wir die Ölverschmutzung mit einer SAR-Aufnahme detektiert. Mittags konnten wir den Verdacht der Ölverschmutzung mit einer optischen Aufnahme bestätigen. Gleichzeitig zeigte die Überlagerung der Aufnahmen, wie sich der Ölteppich zwischenzeitlich verändert hatte. Sofern mindestens zwei Aufnahmen zur Verfügung stehen, lassen sich also auch Aussagen über die Drift treffen. Darüber hinaus können wir die aus den Radardaten abgeleiteten Wind- und Wel-

lenfelder für Ausbreitungsanalysen nutzen. Bei dem Fall in Griechenland konnten wir übrigens durch die Zusammenarbeit mit European Space Imaging mehrere kommerzielle optische Satelliten nutzen und auf diese Weise täglich neue Aufnahmen machen.

Ein anderes Anwendungsszenario ist, dass Sie die Position von Schiffen feststellen. Bisher sind Schiffe, damit es nicht zu Kollisionen kommt, mit Radar und dem Automatischen Identifikationssystem (AIS) ausgestattet. Nun fügen Sie noch die Sicht von oben hinzu. Diese Vogelperspektive vermittelt ein Gesamtbild des Schiffsverkehrs. Aber um die Bewegung der Schiffe abdecken zu können, muss doch die Aufnahmefrequenz viel höher sein.

Richtig, mit einer Satellitenaufnahme liefern wir immer nur einen Snapshot. Wir fügen zu dem AIS-Lagebild, das ja in kurzen Abständen aktualisiert wird, nur etwas hinzu, sozusagen ein Beweisfoto. Denn es ist ja so, dass nicht alle Schiffe ausstattungspflichtig sind. Und bekanntlich melden Schiffe zum Teil auch falsche Positionen. Darum geht es, wenn wir Satelliten einsetzen. Wir wollen damit genau die fehlenden Informationen beisteuern, um den Gesamtüberblick zu bekommen. Wir bieten also eine zusätzliche Informationsquelle, die unabhängig vom AIS ist.

Sie kontrollieren und ergänzen also. Sie überprüfen, ob das Schiff, das behauptet, ein Fischerboot zu sein, tatsächlich ein Fischerboot ist.

Ob dies möglich ist, hängt sehr stark von der Größe der Schiffe, wie auch von der Satellitenauflösung ab. Aber die Schiffsklassifizierung ist prinzipiell ein Teilaspekt der Schiffsdetektion. Im ersten Schritt geht es um die sichere Detektion und Charakterisierung hinsichtlich Position und Größe.

In diesem Bereich gibt es derzeit auch viele kommerzielle Entwicklungen. Beispielsweise hat die Firma Planet Labs rund 190 Mini-Satelliten in den Orbit gebracht. Mit diesen gerade einmal 10 mal 10 mal 30 Zentimeter großen Satelliten soll es gelingen, eine globale Abdeckung zu erzeugen, und zwar täglich. Damit werden innovative Produkte möglich. Zum Beispiel kann ein Gebiet permanent überwacht werden, und sobald ein Schiff in dem Gebiet auftaucht, wird ein Nutzer darüber informiert. Anders als unsere Radarsatelliten sind diese optischen Satelliten jedoch auf freie Sicht, also einen wolkenfreien Himmel angewiesen.

190 Satelliten kommen hinzu. Wie viele Satelliten schwirren denn insgesamt durchs All?

Im Moment sind etwa 1500 aktive Satelliten unterwegs. Ungefähr 400 davon sind Erdbeobachtungssatelliten. Die anderen werden im Wesentlichen für die Kommunikation, Navigation oder als Technologiedemonstrator bzw. für wissenschaftliche Fragestellungen eingesetzt.

Ab wann besteht denn die Gefahr, dass die Satelliten sich gegenseitig behindern?

Heutzutage ist für jeden neu gestarteten Satelliten nach Missionsende ein De-orbiting vorgeschrie-

ben. Das heißt, er muss aus der Umlaufbahn genommen werden. Entweder verglüht der Satellit dann beim Wiedereintritt in die Atmosphäre oder er wird auf eine andere Umlaufbahn in der sogenannten »Disposal Region« gebracht.

Kürzere Seewege durch die immer öfter eisfreie Arktis sind für die Schifffahrt verlockend. Satellitenbilder könnten Schiffen verraten, ob die Passage eisfrei ist. Und umgekehrt könnte bei starkem Seegang oder schlechtem Wetter von einer geplanten Schiffsroute abgeraten werden.

Genau das ist das Ziel. Wir arbeiten zum Beispiel daran, Eisinformationen zur Verfügung zu stellen, um damit die Routenplanung zu unterstützen. Auch Firmen sehen das Potenzial der Routenoptimierung im Markt und arbeiten an entsprechenden Systemlösungen.

Lassen sich denn auch Vorhersagen ableiten?

Diese Informationen sollen nicht nur dazu genutzt werden, um ein Produkt für ein bestimmtes Gebiet zur Verfügung zu stellen, sondern diese Informationen sollen zukünftig auch in Modelle assimiliert werden, damit die Modelle selber besser werden. Dann kann man Vorhersagen machen.

Gelingt es, allein anhand der Fernerkundungsdaten die Eisdicke festzustellen? Oder müssen die Ergebnisse mit Messungen vor Ort abgeglichen werden?

In unseren Forschungsarbeiten geht es konkret um die Meereisklassifizierung. Dabei wollen wir beispielsweise zwischen jungem oder mehrjährigem oder auch Presseis unterscheiden. In-situ-Daten sind notwendig, um die Algorithmen zu trainieren und die Produkte zu validieren.

In den Eiskarten werden verschiedene Eistypen dargestellt. Wie gelingt es den Algorithmen, zwischen zum Beispiel jungem Eis und mehrjährigem Eis zu unterscheiden?

Das kommt stark auf die Sensorik an. Bei den SAR-Satelliten haben wir die Möglichkeit, verschiedene Polarisationen einzusetzen. Daraus kann man letztlich diese Information ableiten. Für die Eisklassifizierung ist eine bestimmte Auflösung am Boden notwendig, und am besten eignen sich hierfür vollpolarimetrische SAR-Aufnahmen.

Können Sie gar Extremereignisse wie Monsterwellen beobachten?

Solche Ereignisse aufzunehmen, ist Glückssache. Wir sind auf Vorhersagen angewiesen, damit wir den Satelliten auf das betroffene Gebiet schauen lassen können. Wir haben schon das Auge eines Taifuns oder Hurrikans aufgenommen. Im Zuge des Firebird-Projekts haben wir gerade die Temperatur innerhalb eines Hurrikans gemessen.

Bisher haben wir über Randbereiche der Hydrographie gesprochen, nämlich über das, was sich



Ölschlieren im Golf von Mexiko. Mit einem Blick nach links außer der Reihe zeichnete TerraSAR-X am 9. Juli 2010 das Gebiet im Golf von Mexiko auf, in dem Öl austritt. Die Umweltkatastrophe begann am 20. April 2010, als nach einer Explosion die Bohrplattform »Deepwater Horizon« sank und die Ventile nicht geschlossen werden konnten. Gut zu erkennen ist auf der TerraSAR-X-Aufnahme die »Artificial Barrier Island«, eine künstlich aufgeschüttete Insel östlich der Chandeleur Islands, die allerdings von den Ölschlieren schon wieder umspült wird

auf dem Wasser abspielt. Kommen wir zum Kern der Hydrographie: Grenzen und Tiefen der Gewässer. Auf Satellitenbildern gut zu erkennen sind im Vergleich natürlich Änderungen der Küstenlinien und Flussmündungen. Auch die Verlagerung von einzelnen Prieln oder Sandbänken werden sichtbar. Wird das systematisch untersucht?

»Der Automatisierungsgrad ist hoch. Wir nutzen Algorithmen, mit denen wir direkt das Endprodukt ableiten können. Nur bei der Öldetektion funktioniert das nicht. Da haben wir es oft mit Lookalikes zu tun«

Egbert Schwarz

In den letzten Jahren wurde insbesondere an der Forschungsstelle Maritime Sicherheit in Bremen untersucht, wie man aus einem SAR-Bild den Küstenverlauf bestimmen kann. Der Verlauf ist wegen des durch Ebbe und Flut veränderlichen Wasserstands ja gar

nicht so eindeutig. Bei der Kartierung von Wattgebieten sind im Bereich der Radaraufnahmen erhebliche Fortschritte erzielt worden. Inzwischen kann man die Küstenverläufe direkt aus den SAR-Daten ableiten. Im Rahmen der Mission TanDEM-X ist das WorldDEM entstanden, ein globales Höhenmodell in bisher nicht erreichter Genauigkeit. Im Weiteren leitet Airbus daraus ein Küstenlinienprodukt ab.

Kann ein Satellit denn auch unter die Wasseroberfläche gucken?

Im BASE-Projekt untersuchen wir, wie man durch die Kombination verschiedener Satellitensensoren bathymetrische Informationen ableiten kann.

SAR-Satelliten können nicht ins Wasser schauen. Stattdessen wird die Oberflächenstruktur genutzt, um indirekt über die Wellenbildung auf die Bathymetrie unter Wasser zu schließen. Das geht aber auch nur bis zu einer bestimmten Tiefe. Darüber hinaus werden hochauflösende optische Satelliten eingesetzt, die sehr gut geeignet sind, um flachere Meeresgebiete wie zum Beispiel Riffe zu kartieren. Doch auch da hängt die Machbarkeit von der Wassertiefe und weiteren Faktoren ab. Zusätzlich werden Altimeterdaten eingesetzt.

Was ist Ihre Prognose, werden die auf neuem Wege gewonnenen Tiefendaten vom Markt verlangt?

In der Hydrographie existiert ja schon eine gut etablierte Sensorik, ob Fächerecholot oder LiDAR, mit der Fragestellungen schnell und gut beantwortet werden können. Aber perspektivisch sehen wir schon, dass Daten aus Satellitenmissionen gefragt sind, vor allem wenn es um die Kartierung großer Gebiete geht, was sonst mit einem erheblichen operationellen Aufwand verbunden ist.

Was fasziniert Sie an Satellitentechnik?

Faszinierend finde ich die Technologieentwicklung. Nehmen wir mal die Menge der Satellitendaten einer Mission, die täglich verarbeitet werden wollen. Bei heutigen Missionen reden wir von einem Tagesaufkommen von bis zu 8 Terabyte. Wir müssen uns ständig Gedanken machen, wie wir diese Daten möglichst schnell an die Bodenstation übertragen bekommen, damit der Bordspeicher wieder frei wird für neue Aufnahmen. Und wie wir die Daten mit einer Sicherheit von 99,9 Prozent auch weiterverarbeitet bekommen. Es ist



Eine Aufnahme des Radarsatelliten TerraSAR-X macht Meereis und Eisberge sichtbar – dank der aktiven Radarantenne bei jedem Wetter, durch Wolken und Nebel, bei Tag und Nacht

©DLR

sehr wichtig, auch am Boden an der Zuverlässigkeit zu arbeiten. Jedes Bit, das im Datenstrom drin ist, muss ausgewertet werden können.

Sämtliche Daten bleiben aber im Archiv erhalten?

Ja, wir sichern die Erdbeobachtungsdaten langfristig. Die Langzeitarchivierung stellt sicher, dass wir die Daten in Zukunft mit neuen, heute noch nicht verfügbaren Methoden erneut prozessieren können. Erst durch den Rückblick auf mehrere Jahrzehnte an Daten sind wir in der Lage, Trends von Schwankungen zu unterscheiden und die Dynamik der Erde zu verstehen. Eine wichtige Aufgabe, denn die Daten sind das, was nach Ablauf einer Satellitenmission bleibt. Es ist der eigentliche Schatz, den es zu bewahren gilt. Aus diesem Grund muss die Archivtechnologie immer auf dem aktuellen Stand der Technik gehalten werden. Wir erneuern regelmäßig die Archivmedien. Im Hintergrund wird automatisch geprüft, ob die Daten noch lesbar sind.

Und wenn ein Datensatz nicht mehr lesbar ist?

Wir haben in Neustrelitz allein zwei identische Archive, verteilt in zwei Gebäuden. Für den größten anzunehmenden Unfall existiert für viele Daten ein weiteres, vollständiges Abbild in Oberpfaffenhofen. Sofern ein Datensatz nicht mehr lesbar ist, erstellen wir einfach eine neue Kopie. Datensicherheit ist bei uns ein ganz großes Thema.

Wo liegen die Daten, nur hier in Neustrelitz oder auch anderswo?

Je nach Mission. Die Daten von manchen Missionen liegen nur bei uns in Neustrelitz. Für andere Missionen werden die Daten sowohl hier in Neustrelitz als auch in Oberpfaffenhofen archiviert. Insgesamt geht der Trend dahin, die Daten nicht nur an einem Ort zu speichern, sondern mit verteilten Systemen zu arbeiten.

Liegen die Daten nicht auch irgendwo im Netz oder in der Cloud?

Für die Speicherung in der Cloud müssen noch einige rechtliche Aspekte untersucht werden. Was ist zum Beispiel, wenn ein Cloud-Provider ausfällt? Oder wenn man den Provider wechseln will? Was passiert, wenn die Daten eine Zeit lang nicht online sind? Wie lässt sich sicherstellen, dass keine Daten verlorengehen? Das ist ein sensibles Thema, das man mit der gebotenen Sorgfalt betrachten muss. Schauen wir mal, was die Zukunft in puncto Cloud bringt.

Wie dürfen wir uns die Archive vorstellen? Liegen die Speichermedien im Schrank?

Die Medien stehen in einem Roboterarchiv. Über ein Webinterface kann man auf die Daten zugreifen. Sobald uns eine Anfrage erreicht, wird der Roboter aktiv, sucht aus den vielen Tausend Medien das richtige raus und übergibt es an ein Lesegerät. Dann werden die Daten ausgelesen und dem Prozessierungssystem zur Verfügung gestellt.

Im Archiv sind wirklich alle jemals hier akquirierten Daten enthalten?

Ja, ohne Verluste.

Wenn ein Notfalllagezentrum nach einem Erdbeben die Daten der letzten Jahre sehen will, um zu



Bodenstation in Neustrelitz, im Hintergrund das DLR-Hauptgebäude

Foto: Eberhard Schwarz

schauen, ob sich an der Topographie etwas verschoben hat, dann flitzt der Roboter im Archiv los?

Bei TerraSAR-X sehen wir deutlich den Anstieg der Nutzeranfragen, insbesondere im Bereich der Zeitserienprozessierung. Da werden dann 50 Datensätze innerhalb kurzer Zeit prozessiert. Die Auswertung von Zeitserien rückt immer mehr in den Fokus der Fragestellungen.

Wussten Sie schon als kleiner Junge, dass Sie was mit Satelliten machen wollen?

Nein. Ich habe Elektrotechnik studiert, bin also ein Seiteneinsteiger. Dass ich zum DLR kam, war ein glücklicher Zufall. Ich wohnte schon in Neustrelitz, als vor 15 Jahren eine Stelle frei wurde.

Kann man Sie einen Forschungsmanager nennen?

Manageraufgaben sind durchaus dabei. Es geht immer auch darum, neue Forschungsprojekte zu akquirieren. Und ich habe die Aufgabe, zu schauen, wie die Kollegen mit ihren Arbeitspaketen vorankommen. Eine Kernaufgabe meines Teams ist es, Komplettlösungen für die Erstellung maritimer Informationsprodukte zu entwickeln. Wir entwickeln Applikationen mit denen wir die Daten direkt nach dem Empfang zu Informationen verarbeiten. Dies geschieht in enger Zusammenarbeit mit den anderen EOC-Standorten. Dabei geht es immer auch um die Entwicklung neuer Algorithmen oder die Frage, wie wir die benötigten zusätzlichen Daten bereitgestellt bekommen, wie die Daten fusioniert und die Produkte entwickelt werden. Und das alles mit einer hohen Zuverlässigkeit und einem hohen Grad an Automatisierung.

Die Satelliten kommen, wann sie wollen. Richtet sich Ihre Arbeitszeit nach den Satelliten?

Das Operator-Team an der Bodenstation muss die Empfangszeiten berücksichtigen. An 365 Tagen im Jahr ist die Bodenstation rund um die Uhr verfügbar. Einige Kollegen übernehmen auch Bereitschaftsdienst, um unerwartete Störungen im operationellen Betrieb schnellstmöglich zu beheben.

Empfinden Sie einen gewissen Stolz, an diesen wichtigen Missionen mitzuarbeiten?

Ja, durchaus. Bei der Mission TerraSAR-X war ich von Anfang an dabei. Da haben wir eine Zuverlässigkeit erreicht, die uns schon stolz macht. Natürlich wächst der Anspruch mit der Zeit. Auch auf hohem Niveau will man immer noch ein wenig besser werden. Stolz sind wir auch, wenn unsere Bodenstation Empfangsaufträge bekommt, weil die KPIs, die Key-Performance-Indikatoren, stimmen. Die Auftraggeber fordern in der Regel für Empfang und Prozessierung eine Zuverlässigkeit von mindestens 99 Prozent.

[Sie haben über Datenprozessierung gesprochen. Was versteht man unter Pre-Processing, Level-1- und Level-2-Processing?](#)

Von Level 0 sprechen wir, wenn die Daten als Bilddatensatz zur Verfügung stehen bzw. für die Archivierung bereitgestellt werden. Bei Level 1 ist das Produkt dann schon geocodiert oder orthorektifiziert. Level-2-Produkte zeichnen sich durch einen thematischen Mehrwert aus, das sind dann die Produkte zum Beispiel zur signifikanten Wellenhöhe, zum Wind in 10 Metern Höhe oder zur Eisklassifizierung.

[Wie hoch ist der Automatisierungsgrad bei der Datenprozessierung? Wo muss noch von Hand eingegriffen werden?](#)

Der Automatisierungsgrad ist so hoch, dass in vielen Fällen kein Eingriff mehr notwendig ist. Wir nutzen die verschiedenen Algorithmen innerhalb eines Frameworks und können so direkt das Endprodukt ableiten. Zum Beispiel kann man aus SAR-Daten anhand der Rauigkeit der Oberfläche die signifikante Wellenhöhe ableiten. Ein solches Produkt lässt sich vom Empfang der Daten über die Vorprozessierungsschritte bis hin zu den Value-adding-Schritten vollautomatisch generieren.

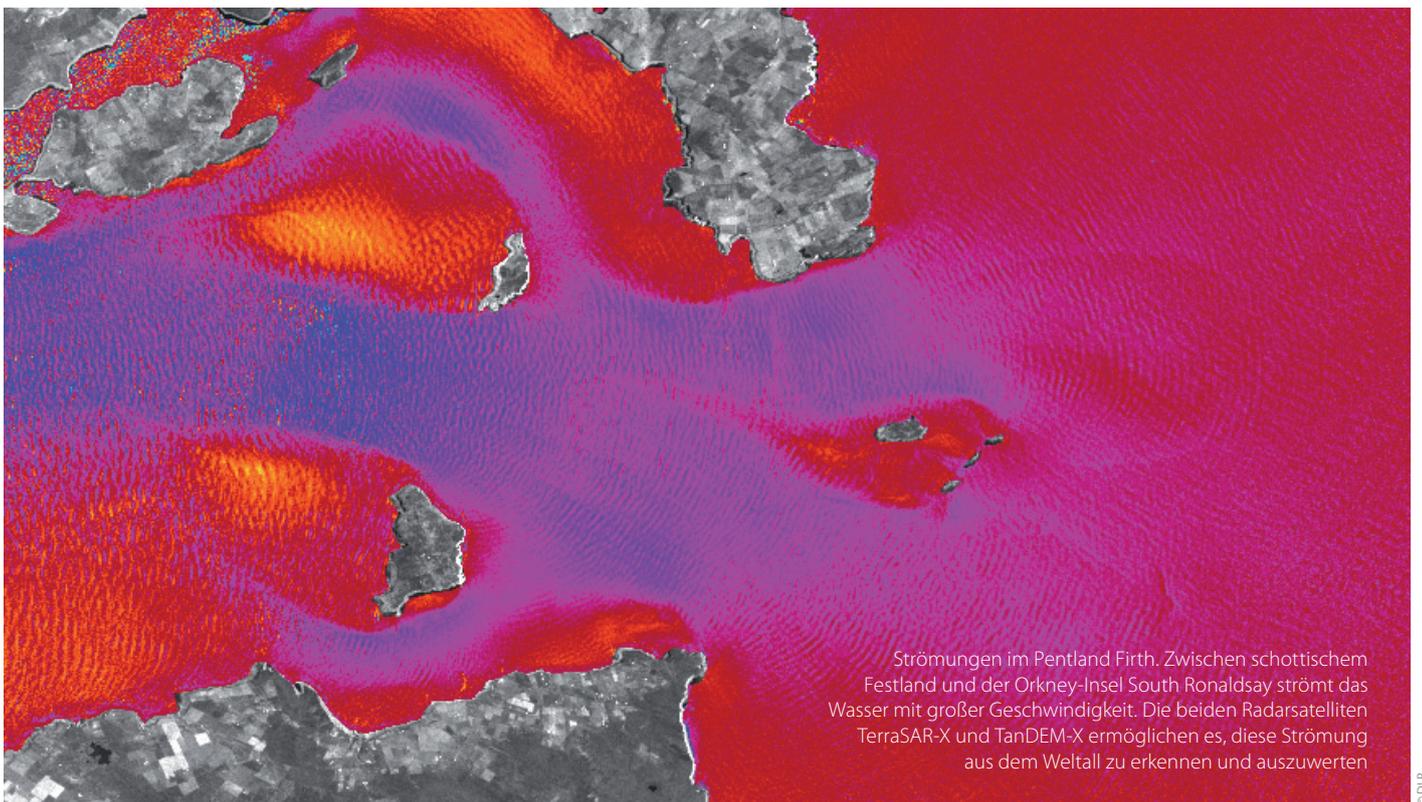
Bei Produkten zur Öldetektion funktioniert das noch nicht. Hier haben wir es oftmals auch mit Lookalikes zu tun. Da sind wir derzeit noch auf eine manuelle Interaktion angewiesen. Ein Operator muss sich das Zwischenprodukt anschauen und entscheiden, ob es sich tatsächlich um Öl handelt. Auch bei Produkten zur Schiffsdetektion ist ein prüfender Blick erforderlich, weil ja nicht nur Schiffe das Radarsignal zurückstreuen, sondern auch Seezeichen, Plattformen oder Bauwerke. Für bekannte Objekte setzen wir natürlich eine Filterfunktion ein, bei Windparks in der Nordsee zum Beispiel. Darüber hinaus arbeiten die Kollegen in Bremen an Verfahren, um auch hier künftig so operationell wie möglich zu werden.

[Was wäre ein Beispiel für ein Lookalike von Öl?](#)

In Nord- und Ostsee kommt es unter bestimmten Witterungsbedingungen vor, dass Wirbel oder Strömungen aussehen wie Ölverschmutzungen. Bei der automatischen Bildanalyse werden Schwellwerte betrachtet. Liegen diese unterhalb einer bestimmten Schwelle und weisen ein entsprechendes Muster auf, dann detektiert der Prozessor dieses als mögliche Ölverschmutzung. Solche Lookalikes kommen bei bestimmten Strömungsverhältnissen oder auch im Windschatten von Plattformen vor.

[Zusammengefasst, wofür sind SAR-Daten besser geeignet, wofür optische Daten?](#)

Mit SAR-Daten kann man schneller größere Gebiete aufnehmen, und zwar unabhängig vom Tageslicht und bei jeder Witterung. SAR-Aufnahmen sind prinzipiell immer auswertbar, wodurch sie insbesondere für Monitoringaufgaben verlässlich eingesetzt werden können. Radarsatelliten sind sehr gut für marine Informationsprodukte wie Wind,



Strömungen im Pentland Firth. Zwischen schottischem Festland und der Orkney-Insel South Ronaldsay strömt das Wasser mit großer Geschwindigkeit. Die beiden Radarsatelliten TerraSAR-X und TanDEM-X ermöglichen es, diese Strömung aus dem Weltall zu erkennen und auszuwerten

©DLR

Wellenhöhen oder die Detektion von Öl oder Schiffen geeignet. Auch für die Klassifizierung von Meereis sind SAR-Satelliten meiner Ansicht nach derzeit das Mittel der Wahl.

Optische Satellitendaten liefern im maritimen Kontext komplementäre Informationen wie Schwebstoffe und Chlorophyllgehalt – auch Öl ist sichtbar. Da optische Kanäle die Wasserschichten unterschiedlich durchdringen, können diese Daten für die Ableitung von bathymetrischen Informationen eingesetzt werden. Hierfür sind besonders auch die geometrisch hochaufgelösten Daten im Bereich besser als ein Meter geeignet. Je nach Bewölkung ist die Auswertung jedoch teilweise eingeschränkt oder auch gar nicht möglich, auch Sunlint-Effekte können die Auswertung erschweren.

Ist die Erdbeobachtung nur etwas für ein paar wenige Spezialisten?

Nein, mit den frei verfügbaren Daten der Copernicus-Missionen wird die Erdbeobachtung mehr und mehr in die Breite getragen und für verschiedene Anwendungen, privatwirtschaftlich wie behördlich, erschlossen. Auch die steigende Anzahl von Anbietern und Start-ups im Markt ist ein Zeichen für die zunehmende Akzeptanz der Fernerkundung.

Wie viele Leute mit Fernerkundungshintergrund – Geographen oder Geodäten – sind hier tätig?

Am Standort arbeiten etwa 70 Mitarbeiter, davon etwa die Hälfte im EOC. Neben den Kollegen mit Fernerkundungshintergrund, den Anteil würde ich auf 20 Prozent schätzen, sind auch Informatiker, Mathematiker und Physiker beschäftigt, bzw. Kollegen mit ingenieurwissenschaftlichem Hintergrund, zum Beispiel aus der Nachrichtentechnik.

Aber wenigstens in Bremen, wo die Anwendungsforschung vorangetrieben wird, ist doch das Domänenwissen eines Ozeanographen, eines Hydrographen, eines Meteorologen gefragt?

Ja, bei der Entwicklung im maritimen Thema ist natürlich auch Domänenwissen gefragt. Dennoch geht es sehr interdisziplinär zu. Um eine Applikation zu entwickeln, müssen die Kompetenzen zusammenkommen, die Systemkompetenz unserer Entwicklungsingenieure und die Domänenkompetenz der Fachleute, wie beispielsweise auch der Hydrographen.

Was würden Sie gerne besser können?

Das Netzwerken. Es ist einfach wichtig, mit Partnern vernetzt zu sein. In jedem Projekt kommt es auf eine gute Zusammenarbeit im Team an. Nur so kann man sich gemeinsam weiterentwickeln. 



DISCOVER THE UNKNOWN

Wärtsilä ELAC Nautik

Wärtsilä ELAC Nautik offers integrated survey solutions, including project management, research and development, software and hardware design as well as extensive training and logistics tailored to our customer's needs.

