

HYDROGRAPHISCHE NACHRICHTEN

Fachzeitschrift für Hydrographie und Geoinformation

10/2017

HN 108

*Schwerpunkt:
Space
Hydrography*



Consulting



Ocean engineering from space into depth

Realise your projects in cooperation with our hydrographic services

CTDs & SVPs



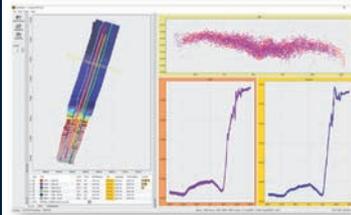
Our hydrography engineers at MBT are happy to develop systems tailored exactly to your needs and to provide professional advice and support for setting up your systems and training your staff.

Representing MacArtney's German subsidiary, MBT GmbH benefits from being part of the MacArtney Group and enjoys unlimited access to cutting-edge engineering competences and advanced facilities.

Acoustic sensors



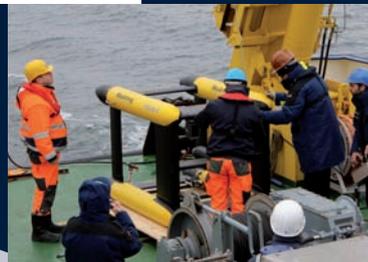
Software



Auxiliary sensors



Integration



Liebe Leserinnen und Leser,

dieses Heft widmet sich dem Schwerpunktthema »Space Hydrography«. Damit greifen wir die gleichnamige Session der HYDRO 2016 auf. Die mit vier Vorträgen besetzte Session hat vor einem Jahr in Rostock-Warnemünde viel Zuspruch unter den Konferenzteilnehmern gefunden.

Was verbirgt sich hinter der Hydrographie aus dem Weltraum? Was ist mit satellitengestützten Fernerkundungsmethoden möglich? Was ist überhaupt messbar, was detektierbar? Und was eher nicht? Wie genau ist die Erdbeobachtung eigentlich? Diese Fragen haben wir mit Egbert Schwarz vom Deutschen Zentrum für Luft- und Raumfahrt (DLR) erörtert, der die Session bei der HYDRO 2016 moderiert hat. Das Wissenschaftsgespräch mit dem Leiter der Forschungsstelle »Maritime Sicherheit« in Neustrelitz führt Sie in die Thematik ein.

Einzelne Fachausdrücke, die Egbert Schwarz im Interview verwendet – beispielsweise »Produkt« und »signifikante Wellenhöhe« –, werden in den vier Fachbeiträgen aufgegriffen und vertieft. Alle Vortragenden von der HYDRO-Session haben ihre Themen für die *HN* aufbereitet und aktualisiert.

Stefan Wiehle vom DLR Maritime Safety and Security Lab in Bremen erklärt, wie beim Projekt »BASE-plattform« verschiedene Satellitendaten miteinander kombiniert werden, um bathymetrische Karten erstellen zu können. Pau Gallés von isardSAT aus Barcelona geht dann noch weiter ins Detail und erläutert, wie Altimetriedaten für »BASE-plattform« zur Verfügung gestellt werden.

In einem weiteren Beitrag zeigt Knut Hartmann auf, wie die Firma EOMAP Satellitendaten nutzt, um flache Gewässer zu kartieren und entsprechende Produkte zu vermarkten.

Und Andrey Pleskachevsky, auch er am DLR Maritime Safety and Security Lab in Bremen beschäftigt, untersucht, wie der Wellengang aus hochauflösenden SAR-Bildern abgelesen werden kann.

Was erwartet Sie noch in dieser Ausgabe? – Zwei nicht minder spannende Beiträge.

Jochen Schiewe von der HafenCity Universität macht sich Gedanken über das Verhältnis zwischen Kartographie und Hydrographie. Und er formuliert den künftigen Forschungsbedarf im Hinblick auf die Visualisierung von Gewässern.

Statt in die Zukunft blickt Ingo Hennings in die Vergangenheit. Er hat untersucht, wie die Polynesier im 19. Jahrhundert Stabkarten verwendet haben, um sich anhand von Wellenmustern im Pazifik zurechtzufinden.

In diesem Heft blicken wir aus unterschiedlichsten Richtungen und Zeiten auf die Hydrographie. Doch wir dürfen feststellen: Der Untersuchungsgegenstand ist seit Jahrhunderten derselbe – die Gewässer der Erde. Hydrographen beschreiben, was sich auf und in den Gewässern tut. Dazu greifen sie seit jeher auf die Hilfe der Kartographen zurück. Früher mehr, heute weniger. Und künftig vielleicht wieder etwas mehr. Karten jedenfalls waren, sind und bleiben das wesentliche Informationsmittel der Hydrographie – als Stabkarte vor 200 Jahren, als elektronische Seekarte oder als aus Algorithmen abgeleitetes »Produkt« heute und als Quelle für die Wissensexploration morgen. Daran ändert auch die neue Perspektive aus dem Weltraum nichts. Die Methoden entwickeln sich beständig weiter. Vom Bleilot zum Fächerecholot war es ein weiter Weg – nun können Hydrographen eben auch noch Fernerkundungsdaten nutzen. Doch der Untersuchungsgegenstand bleibt unverändert, das Paradigma der Hydrographie hat Bestand.



Lars Schiller

Lars Schiller

Titelbild © DLR

Für die Erstellung dieser Aufnahme von Sylt wurden drei Bilder von TerraSAR-X übereinander gelegt. Die einzelnen Datensätze wurden am 22., 24. und 27. Oktober 2007 aufgenommen. Alle Gebiete, in denen zwischen den Aufnahmezeitpunkten Veränderungen stattfanden, erscheinen in Blau und Grün – insbesondere die durch Gezeiten beeinflussten Gebiete des Wattenmeeres. Hier verändert sich durch den Wechsel zwischen Ebbe und Flut der Wasserstand von Aufnahme zu Aufnahme. Die Landflächen erscheinen aufgrund der relativ geringen Veränderungen innerhalb der fünf Tage in Grau- und Brauntönen.



R2SONIC

Fächerlotsysteme



Sonic 2020



Sonic 2022



Sonic 2024



Sonic 2026

Beispiellose Leistungsfähigkeit mit 256 Beams und 1024

- Soundings bei 160° Öffnungswinkel (einstellbar) und einer Pingrate von 60 Hz
- **Breitbandtechnologie** mit Frequenzwahl in Echtzeit zwischen 200 bis 400 kHz sowie 700 kHz optional
- **Dynamisch fokussierende Beams** mit einem max. Öffnungswinkel von 0,5° x 1° bei 400 kHz bzw. 0,3° x 0,6° bei 700 kHz
- **Höchste Auflösung** bei einer Bandbreite von 60 kHz, bzw. 1,25 cm Entfernungsauflösung
- **Kombinierbar** mit externen Sensoren aller gängigen Hersteller
- **Flexibler Einsatz** als vorausschauendes Sonar und der Fächer ist vertikal um bis zu 30° schwenkbar
- **Zusätzliche Funktionen** wie True Backscatter und Daten der Wassersäule
- **MultiSpectral Modus™**, der es den R2Sonic-Systemen ermöglicht, Backscatter Daten mehrerer Frequenzen in einem einzigen Durchlauf zu sammeln

Nautilus Marine Service GmbH ist der kompetente Partner in Deutschland für den Vertrieb von R2Sonic Fächerecholotsystemen. Darüber hinaus werden alle relevanten Dienstleistungen wie Installation und Wartung kompletter hydrographischer Vermessungssysteme sowie Schulung und Support für R2Sonic Kunden angeboten.

R2Sonic ist ein amerikanischer Hersteller von modernen Fächerecholoten in Breitbandtechnologie. Seit Gründung des Unternehmens im Jahr 2009 wurden weltweit bereits mehr als 1.300 Fächerlote ausgeliefert und demonstrieren so eindrucksvoll die außergewöhnliche Qualität und enorme Zuverlässigkeit dieser Vermessungssysteme.

HN 108 – Space hydrography



Kartographie und Hydrographie

6 Visualisierung von Gewässern

Status quo der wissenschaftlichen Behandlung

Ein Beitrag von JOCHEN SCHIEWE



Space hydrography – Wissenschaftsgespräch

10 »Perspektivisch sind Satellitendaten auch in der Hydrographie gefragt«

EGBERT SCHWARZ im Wissenschaftsgespräch

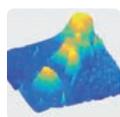


Space hydrography

20 The BASE-platform project

Deriving the bathymetry from combined satellite data

An article by STEFAN WIEHLE et al.



Space hydrography

24 The altimetry processing chain

Bathymetry for BASE-platform

An article by PAU GALLÉS et al.



Space hydrography

30 Satellite-derived bathymetry

An effective surveying tool for shallow-water bathymetry mapping

An article by KNUT HARTMANN et al.



Space hydrography

34 Sea state from high-resolution satellite-borne SAR imagery

An article by ANDREY PLESKACHEVSKY et al.



Geschichte

40 Hydrographische Inhalte auf Stabkarten

Stabkarten zur Navigation im Seegebiet der Marshallinseln/Mikronesien im Pazifik

Ein Beitrag von INGO HENNINGS



Veranstaltungen

46 MARSAT-Workshop

Ein Veranstaltungsbericht von PETER DUGGE



Nachrichten

48 HCU Geomatics excursion to Copenhagen



Nachrichten

49 Nautilus markets Stema products in Germany



Nachrichten

50 Neues Institut für den Schutz maritimer Infrastrukturen

Visualisierung von Gewässern

Status quo der wissenschaftlichen Behandlung

Ein Beitrag von JOCHEN SCHIEWE

Eine wesentliche Aufgabe der Hydrographie besteht darin, die Gewässer darzustellen. Doch welchen Stellenwert hat diese kartographische Aufgabe? Wie die Gewässer-visualisierung zurzeit wissenschaftlich behandelt wird, wurde durch eine systematische Auswertung der Fachliteratur und durch eine Umfrage unter Hydrographie-Experten ermittelt. Aus den Ergebnissen lassen sich Rückschlüsse auf künftige Forschungsaufgaben und auf den anstehenden Entwicklungsbedarf ableiten.

Hydrographie | Kartographie | Gewässervisualisierung | Marine Charting | Marine Cartography

1 Einleitung

Der Definition von Schiller (2015, S. 62) folgend, besteht das Ziel der Hydrographie in der Erweiterung des Wissens über Gewässer, um diese verantwortlich und sicher nutzen und die Lebenswelt schützen zu können. Eines der zugehörigen Aufgabefelder – neben der Datenaufnahme (Vermessung) und Datenprozessierung – ist demnach die Visualisierung der Gewässer in Karten und Informationssystemen zum Zweck des Informierens.

Angeregt durch Gespräche mit Kollegen aus Hydrographie und Kartographie, in denen immer wieder eine geringe Beachtung der Visualisierungsthematik in der Hydrographie angemerkt wurde, ist es Ziel dieses Beitrages, den Status quo der wissenschaftlichen Behandlung des Themas der Gewässervisualisierung detaillierter aufzuarbeiten und Rückschlüsse für künftige Forschungen und Entwicklungen (F&E) sowie organisatorische Maßnahmen aufzuzeigen.

Hierzu erfolgt nach einer thematischen Eingrenzung (Abschnitt 2) eine kritische Betrachtung aus den beiden disziplinären Richtungen – aus der Kartographie (Abschnitt 3) sowie der Hydrographie (Abschnitt 4). Es werden dazu die Ergebnisse einer Recherche von ausgewählten, hauptsächlich deutschsprachigen Fachzeitschriftenartikeln der letzten zehn (oder mehr) Jahre präsentiert. Ferner wird die Auswertung einer Umfrage unter Experten der Hydrographie beschrieben, die die Alleinstellungsmerkmale sowie die offenen Forschungs- und Entwicklungsfragen im Kontext der Gewässervisualisierung zum Thema hatte. Die gesammelten Ergebnisse werden abschließend zusammengefasst, ein entsprechendes »F&E-Frame-

work« vorgestellt und Empfehlungen für künftige Aktivitäten in diesem Themenfeld gegeben (Abschnitt 5).

2 Thematische Eingrenzung

2.1 Beteiligte Disziplinen

Die Aufnahme, Verarbeitung und Präsentation von hydrographischen Daten sind Gegenstand einer Reihe von Disziplinen. Eine vereinfachte Darstellung dieser Interdisziplinarität führt zu den Kernfächern Geodäsie, Geoinformatik und Kartographie (Abb. 1). Damit wird auch deutlich, dass eine isolierte Betrachtung – wie bei dem im Folgenden betrachteten Zusammenspiel zwischen Hydrographie und Kartographie – nur schwer möglich ist. Gleichwohl soll nun aus Gründen der Vereinfachung bzw. Pointierung versucht werden, Aspekte wie die Abhängigkeit von aktuellen technischen Entwicklungen, Modellen, Datenquellen, Formaten etc. zu vermeiden. Stattdessen erfolgt der Fokus auf die Visualisierung im engeren Sinne, das heißt, die vorverarbeitenden Schritte werden so weit wie möglich außer Acht gelassen.

2.2 Arten der Gewässervisualisierung

In der kartographischen Literatur gibt es keine umfassenden bzw. eindeutigen Definitionen der verschiedenen Kartenarten, die Gewässerinformationen zum Inhalt haben. Auch eine klare Kompatibilität zu den Definitionen im *Hydrographic Dictionary* (IHO 1994) ist nicht gegeben.

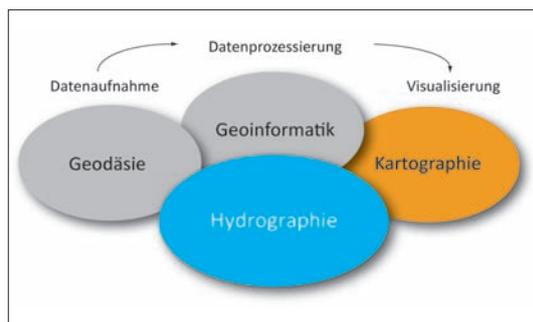
Generell erfolgt der heutige Daten- und Arbeitsablauf hin zur Visualisierung von Geoinformationen in einem zweistufigen Prozess (Abb. 2): Die Beschreibung von Topographie und Thematik geschieht durch ein Datenbankmodell, die Speicherung in Datenbanken. Aus diesen heraus können dann basierend auf kartographischen Modellen (vereinfacht: »Zeichenvorschriften«) verschiedene Arten und Typen der Visualisierung – digital oder analog bzw. innerhalb oder außerhalb des (Informations-)Systems – abgeleitet werden. Ein Beispiel für diese Strukturierung im hydrographischen Kontext ist das Konzept von ENC und ECDIS: Die Electronic Navigational Chart (ENC) beinhaltet

Autor

Jochen Schiewe ist Professor für Geoinformatik und Geovisualisierung an der HCU in Hamburg, wo er das Labor für Geoinformatik und Geovisualisierung (gzlab) leitet. Er ist ferner Vizepräsident der Deutschen Gesellschaft für Kartographie (DGfK), in der er die Kommission »Kartographie und Forschung« leitet.

jochen.schiewe@
hcu-hamburg.de

Abb. 1: Interdisziplinäres Zusammenspiel der Hydrographie



»nur« die reinen Daten, deren Inhalt, Struktur und Format durch den Standard S-57 der IHO spezifiziert werden (Dugge 2016a). Die eigentliche kartographische Darstellung für den konkreten Fall des Electronic Chart Display and Information System (ECDIS) ihrerseits wird durch den Standard S-52 festgelegt (Jonas 2007).

Beschränkt man sich auf die Beschreibung der Gewässertopographie (das heißt der 3D-Geometrie) im engeren Sinne, werden aus den zugrunde liegenden bathymetrischen Daten bathymetrische Karten abgeleitet, in denen generell Tiefenlinien oder -stufen verwendet werden. Weitere räumliche Sachdaten erlauben (in der Regel in Kombination mit bathymetrischen Daten) die Ableitung von thematischen Karten. Eine besondere Rolle nehmen dabei nautische Karten (auch: Seekarten, hydrographische oder marine Karten) als eine Ausprägung der Verkehrs- bzw. Navigationskarten ein. Sonstige thematische Karten können viele weitere Informationen im Zusammenhang mit Gewässern darstellen (für mögliche Themen siehe z. B. Schiller 2015, S. 62).

Mit der dargestellten Bandbreite von topographischen und/oder thematischen Inhalten wird auch deutlich, dass die folgende Betrachtung des Forschungs- und Entwicklungsstandes bzw. des Bedarfes nicht pauschal, sondern immer wieder auch in Abhängigkeit einzelner Kartenarten erfolgen muss.

3 F&E-Aktivitäten in der Kartographie

3.1 Institutionelle Berücksichtigung

Innerhalb der International Cartographic Association (ICA) wurden Themen der Gewässervisualisierung zwischen 1980 und 1984 in der Kommission »Marine Charting« sowie zwischen 1995 und 2011 unter der Bezeichnung »Marine Cartography« behandelt. Danach wurde die Kommission geschlossen. Im Jahr 2015 hat sie immerhin wieder den Status einer Arbeitsgruppe erhalten. Neben dem strategischen Ziel, ab 2019 wieder den Status einer Kommission zu haben, und der wissenschaftlich-technischen Behandlung relevanter Themen, sieht die Gruppe ihre Aufgabe in der Kooperation mit diversen Fachgesellschaften wie der IHO, der Fédération Internationale des Géomètres (FIG), dem CoastGIS Scientific Committee oder der IGU Commission on Coastal Systems.

In Deutschland gab es seit Gründung der Deutschen Gesellschaft für Kartographie (DGfK) keine Kommissionen zu Themen der Gewässervisualisierung (Dodt 2011). Diese Tatsache lässt sich auch bei anderen bedeutenden nationalen kartographischen Fachgesellschaften feststellen – wie z. B. der British Cartographic Society (BCS) oder der Canadian Cartographic Association (CCA).

3.2 Literaturrecherche

Betrachtet man Veröffentlichungen in den *Kartographischen Nachrichten*, dem wissenschaftlich-

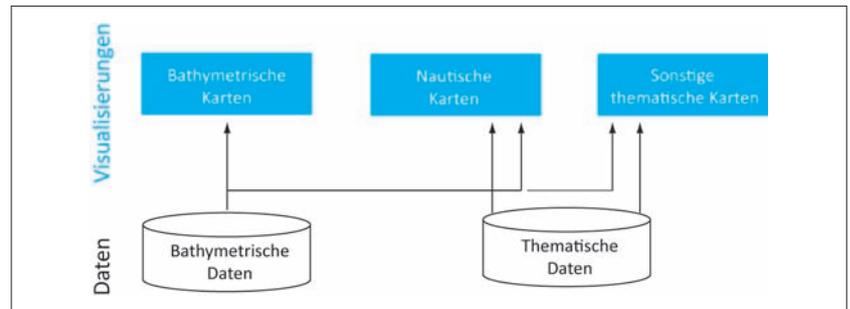


Abb. 2: Vereinfachtes Schema zu den Arten der Gewässervisualisierung

technischen Publikationsorgan der DGfK, so findet man seit 2000 ganze zwei Beiträge (eines Hydrographen) zum Thema Gewässervisualisierung: Jonas (2007) beschrieb die »Zukunft der Seekarten – Seekarten der Zukunft«, derselbe Autor erläuterte dann auch den Standard S-100 (Jonas 2010). Die Beiträge von Meinel u. Lange (2002) sowie Márton (2006) können noch am Rande in die Thematik der Gewässervisualisierung einsortiert werden.

Nur unwesentlich umfangreicher ist die Behandlung in internationalen Zeitschriften. Betrachtet man stellvertretend hierfür *The Cartographic Journal* (ebenfalls seit 2000), findet man auch dort nur fünf Beiträge, die sich hauptsächlich mit nautischen Karten (Lovrinčević 2017; Yan et al. 2015), historischen Aspekten (Morato-Moreno 2017; Altici 2015) sowie Datumsfragen (Burke 2003) befassen.

Die durchgeführte Literaturrecherche erhebt natürlich keinen Anspruch auf Vollständigkeit. Gleichwohl lässt sich der qualitative Trend recht zuverlässig belegen, nach dem das Thema der Gewässervisualisierung seitens der (wissenschaftlichen) Kartographie fast vollständig vernachlässigt wurde.

4 F&E-Aktivitäten in der Hydrographie

4.1 Literaturrecherche

Stellvertretend für die Behandlung in der hydrographischen Fachliteratur wurden die Ausgaben (seit 2008) der *Hydrographischen Nachrichten* nach Beiträgen mit einem klaren Fokus auf die Visualisierung durchsucht. Auch wenn eine klare Trennung zu den Bereichen der Datenerfassung und -prozessierung nicht immer einfach zu ziehen ist, lassen sich doch zwei Aussagen ableiten:

Im Hinblick auf die thematische Ausrichtung lag der Schwerpunkt der Beiträge in den Bereichen ENC/ECDIS (Dugge 2016b; Hecht 2009), Produktionsverfahren (Moggert-Kägeler 2014; Freytag u. Moggert-Kägeler 2008), neue Produkte bzw. Produktlinien (Dugge 2016b; Tauber 2013; Bärlocher 2012) oder Technik (Schenke u. Lemenkova 2008). Methodische oder algorithmische Aspekte sowie Fragen der kartographischen Gestaltung wie bei Dufek et al. (2016) wurden dagegen so gut wie gar nicht angerissen.

Grundsätzlich gilt wie im Fall der kartographischen Literatur, dass die absolute Anzahl an Veröffentlichungen im Kontext der Gewässervisualisierung insgesamt als sehr niedrig einzustufen ist.

Literatur

- Altici, Mirela Slukan (2015): The British Contribution to the Charting of the Adriatic Sea; *The Cartographic Journal*, Vol. 52, No. 4, S. 305–317
- Bärlocher, Markus (2012): OpenSeaMap – die freie Seekarte; *Hydrographische Nachrichten*, Nr. 91 (2/2012), S. 10–13
- Burke, Michael (2003): Transfer of Admiralty Charts of the British Isles to a WGS84 Compatible Datum; *The Cartographic Journal*, Vol. 40, No. 1, S. 89–93
- Dodt, Jürgen (2011): Sechzig Jahre Deutsche Gesellschaft für Kartographie – ein Rückblick; *Kartographische Nachrichten*, Vol. 61, Nr. 5, S. 231–240
- Dufek, Tanja; Johannes Kröger; Brendon Duncan; Jochen Schiewe (2016): A new view on the Elbe – Dynamic and interactive 3D views for public participation purposes in news media; *Hydrographische Nachrichten*, Nr. 105 (11/2016), S. 56–58
- Dugge, Peter (2016a): Kartographie für Marine-Führungssysteme; *Hydrographische Nachrichten*, Nr. 103 (3/2016), S. 6–10
- Dugge, Peter (2016b): ENC and ECDIS; *Hydrographische Nachrichten*, Nr. 105 (11/2016), S. 30–33
- Freytag, Anette; Friedhelm Moggert-Kägeler (2008): Herstellung maßgeschneiderter elektronischer Seekarten für die hochpräzise Navigation; *Hydrographische Nachrichten*, Nr. 82 (10/2008), S. 21–25
- Hecht, Horst (2009): Die Entwicklung der Elektronischen Seekarte; *Hydrographische Nachrichten*, Nr. 84 (6/2009), S. 17–19
- IHO (1994): *Hydrographic Dictionary – Part I, Volume I, Special Publication No. 32*, 5th edition; Monaco 1994
- ...

Jonas, Mathias (2007): Zukunft der Seekarten – Seekarten der Zukunft; Kartographische Nachrichten, Vol. 57, Nr. 1, S. 30–35; auch: Hydrographische Nachrichten, Nr. 81 (6/2008), S. 22–26

Jonas, Mathias (2010): S-100 – das universelle hydrographische Datenmodell der IHO und seine Bedeutung für die digitale Seekartographie; Kartographische Nachrichten, Vol. 60, Nr. 3, S. 123–129

Kember, I.D. (1971): Some Distinctive Feature of Marine Cartography; The Cartographic Journal, Vol. 8, Nr. 1, S. 13–20

Lovrinčević, Dejan (2017): Quality Assessment of an Automatic Sounding Selection Process for Navigational Charts; The Cartographic Journal, Vol. 54, Nr. 2, S. 139–146

Márton, Mátyás (2006): Die kartographische Darstellung der Ozeane in der geänderten Projektion IV. von Baranyi; Kartographische Nachrichten, Vol. 56, Nr. 3; S. 145–148

Meinel, Gotthard; Anja Lange (2002): GIS-basierte Visualisierung eines Gewässerentwicklungsplanes; Kartographische Nachrichten, Vol. 52, Nr. 2, S. 55–59

Moggert-Kägeler, Friedhelm (2014): Produktion von maßgeschneiderten elektronischen Seekarten für die deutschen Lotsen; Hydrographische Nachrichten, Nr. 98 (6/2014); S. 24–25

Morato-Moreno, Manuel (2017): Map of Tlacoapa by Francisco Gali, 1580: An Early Example of Local Coastal Chart in Spanish America; The Cartographic Journal, Online publication: <http://dx.doi.org/10.1080/00087041.2017.1323152>

Schenke, Hans Werner; Polina Lemenkova (2008): Zur Frage der Meeresboden-Kartographie; Hydrographische Nachrichten, Nr. 81 (6/2008), S. 16–21

Schiewe, Jochen (2013): Geovisualization and Geovisual Analytics – The Interdisciplinary Perspective on Cartography; Kartographische Nachrichten, Special Issue 2013, S. 122–126

Schiller, Lars (2015): What exactly is hydrography?; Hydrographische Nachrichten, Nr. 100 (2/2015), S. 59–62

Tauber, Franz (2013): Neue Reliefkarten der deutschen Ostsee; Hydrographische Nachrichten, Nr. 95 (6/2013), S. 6–9

Yan, Jingya; Eric Guilbert; Eric Saux (2015): An Ontology of the Submarine Relief for Analysis and Representation on Nautical Charts; The Cartographic Journal, Vol. 52, Nr. 1, S. 58–66

4.2 Umfrage

Um die tatsächliche Rolle von Visualisierungen sowie die Bedarfe hinsichtlich künftiger Forschungs- und Entwicklungsthemen näher beschreiben zu können, wurde im Juni 2017 eine Umfrage unter Hydrographie-Experten im deutschsprachigen Raum durchgeführt. Per E-Mail wurde ein Fragebogen an 27 Experten versendet. Acht Fragebögen wurden retourniert – gut verteilt auf Personen von amtlichen Institutionen (3 von 11), privaten Unternehmen (2 von 11), Hochschulen (2 von 4) sowie mit sonstigem Hintergrund (1 von 1).

Der absolute und relative Rücklauf mag auf den ersten Blick sehr gering erscheinen – es war aber von Anfang an nicht die Absicht, repräsentative Aussagen mit statistischer Signifikanz zu erzielen. Auch Rankings sollten aufgrund der oben erwähnten Vielfalt von Kartenarten vermieden werden. Vielmehr sollte eine Kollektion qualitativer Aussagen (mit eventuell auffälligen Häufungen) herausgearbeitet werden.

Der Fragebogen enthielt diverse Fragen mit Single-Choice-Antwortmöglichkeiten sowie Freitextfeldern. Bei den Ankreuzfragen wurden einige Aspekte vorgegeben und es wurde eine Einordnung in eine fünfstufige Skala von »sehr wichtig« über »wichtig«, »durchschnittlich«, »unwichtig« bis »sehr unwichtig« erbeten.

Im Folgenden werden die Ergebnisse der fünf thematischen Blöcke der Umfrage summarisch dargestellt.

(1) Alleinstellungsmerkmale von Gewässervisualisierung

Bezüglich der Alleinstellungsmerkmale gegenüber anderen kartographischen Darstellungen (siehe hierzu auch Kember 1971) wurde die Bedeutung der folgenden, vorgegebenen Aspekte durchgehend zwischen »sehr wichtig« und »wichtig« angesehen (wie im Folgenden ohne Ranking):

- die darzustellenden Objekte (Meeres-, Flusstopographie etc.),
 - hoher Anspruch an thematischer Genauigkeit (Korrektheit der Attribute),
 - hoher Anspruch an geometrischer Genauigkeit (Lage, Tiefe),
 - hoher Grad der Standardisierung zur Gewährleistung des internationalen Gebrauchs.
- Vorwiegend in die Kategorie »wichtig« wurden eingeordnet:
- Gebrauchstauglichkeit unter schwierigen Einsatzbedingungen,
 - Notwendigkeit der Einbindung in Systeme und Hardware an Bord.

Neben den vorgegebenen Merkmalen konnten auch eigene Nennungen erfolgen. Hierzu gehören unter anderem:

- Aktualität (unter Umständen in Echtzeit) und Zuverlässigkeit,
- Skalierbarkeit der Daten und Informationen,
- Generalisierung »zur sicheren Seite«.

(2) Software-Einsatz für Visualisierungszwecke

Es zeigte sich eine große Heterogenität an eingesetzten Software-Produkten, die sich sowohl der Spezial-Hydrographie- als auch der GIS- oder reinen Grafik-Software zuordnen lassen. Man kann aus den Mehrfachnennungen einzelner Teilnehmer sowie der Breite insgesamt ablesen, dass spezifische Aufgaben oder Kartenarten auch spezifische Hilfsmittel bedingen. Gleichzeitig erahnt man aus dieser Vielfalt auch Schnittstellenprobleme.

(3) Rolle der Papierkarten

Jonas (2007) diskutierte bereits Vor- und Nachteile von Papierkarten und stellte den rückläufigen Gebrauch bzw. Verkauf fest. Einige Teilnehmer der aktuellen Umfrage unterstrichen den Fortgang dieses Trends mit expliziten Äußerungen. Insgesamt wurde die Bedeutung der Papierkarten aber immerhin noch als »durchschnittlich« bezeichnet.

(4) Rolle von Open Data bzw. von Open-Source-Software

Je nach Herkunft bzw. Aufgabenbereich variierten die Antworten zur Nutzung von offenen Daten bzw. Open-Source-Software im Tagesgeschäft. Der Modalwert der Antworten lag jeweils bei einer »durchschnittlichen« Bedeutung. Gegenüber topographischen Anwendungen ist der Einsatz damit noch als eher zurückhaltend einzustufen, aus einigen Äußerungen lässt sich aber je nach Anwendungsszenario auch durchaus ein künftiger Bedeutungszuwachs antizipieren.

(5) Künftige und wichtige Forschung- und Entwicklungsthemen

In die Kategorie »sehr wichtig« bis »wichtig« wurden mehrheitlich folgende, vorgegebene Themen eingeordnet:

- gemeinsame Darstellung hydrographischer und topographischer Daten,
- Anpassung des Kartenausschnittes an das aktuelle (Um-)Blickfeld des Nutzers.

In die Kategorie »wichtig« fielen die folgenden Aspekte:

- empirische Untersuchung der Gebrauchstauglichkeit von Karten unter Einsatzbedingungen,
- empirische Untersuchungen zur Gebrauchstauglichkeit von Farben und Symbolen,
- Visualisierung von Unsicherheiten (Lagefehler etc.),
- Weiterentwicklung kartographischer Standards,
- Entwicklung von Software-Tools zur Kartengestaltung.

Die Bedeutung »durchschnittlich« wurde folgenden Themen zugewiesen:

- Untersuchung des Mehrwertes von perspektivischen (3D-)Darstellungen,
- Berücksichtigung von Farbsehschwächen bei der Farbgestaltung,

- Entwicklung von Software -Tools für Kartenprojektionen.

Darüber hinaus erfolgten auch eigene Nennungen. Hierzu gehörten unter anderem:

- Zusammenführung aller bekannten Gewässereigenschaften in einer Karte,
- Printing-on-Demand,
- sachgerechte Darstellung bei sich verändernden Maßstäben,
- Überdenken der grundsätzlichen Notwendigkeit visueller Darstellungen in bestimmten Anwendungsfällen,
- Kartenproduktion und -aktualisierung in Echtzeit,
- Erzeugung eines klaren Kartenbildes (z. B. kein Cluttering etc. beim Herauszoomen),
- Systemschnittstelle zu standardisierten und qualitätskontrollierten topographischen Informationen.

Zusammenfassend kann festgehalten werden, dass sowohl genügend Alleinstellungsmerkmale (vgl. Abschnitt 4.1) als auch zahlreiche Forschungs- und Entwicklungsbedarfe aufgezeigt wurden, die eine vertiefte und eigenständige Behandlung in der Zukunft begründen.

5 Zusammenfassung und Empfehlungen

Ziel dieses Beitrags war es, den Status quo der wissenschaftlichen Behandlung des Themas der Gewässervisualisierung aufzuarbeiten und Rückschlüsse für künftige Arbeiten aufzuzeigen. Sowohl die Literaturrecherchen in den Disziplinen Kartographie und Hydrographie und die Betrachtung der institutionellen Einbindung des Themas in Fachgesellschaften, als auch eine Umfrage unter Hydrographie-Experten haben hierzu ein klares Bild erzeugt:

- Das Thema der Gewässervisualisierung besitzt einige Alleinstellungsmerkmale gegenüber anderen Anwendungsgebieten und rechtfertigt damit auch eine teilweise gesonderte Behandlung – speziell im Umfeld der Kartographie.
- Es gibt eine Reihe von Forschungs- und Entwicklungsbedarfen, die der bisherigen, kaum vorhandenen Behandlung in der (kartographischen) Literatur diametral gegenüberstehen.

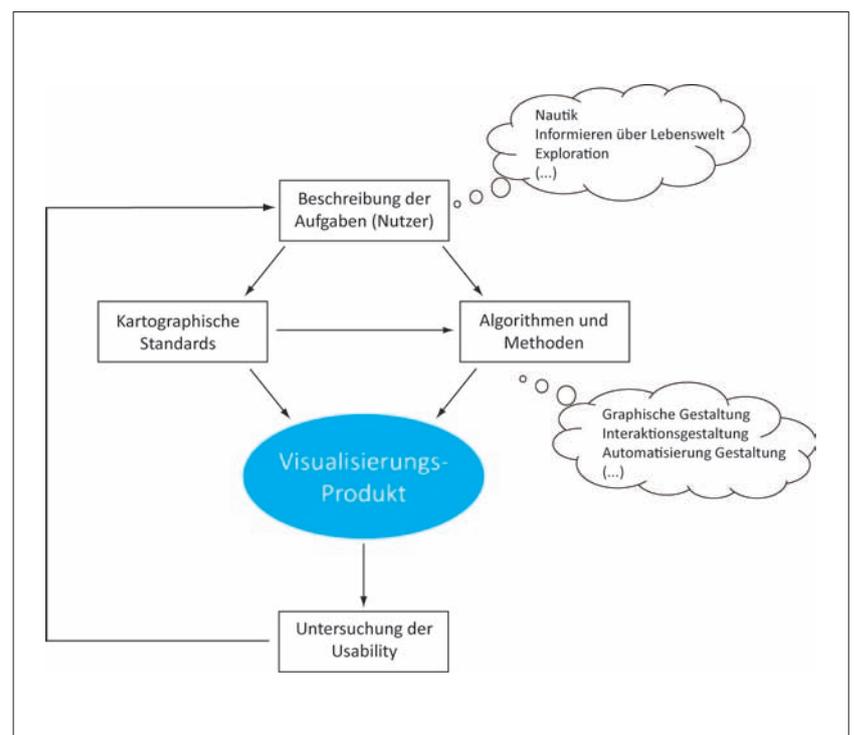
Fasst man die relevanten Themen in einer gruppierten und strukturierten Weise zusammen, erhält man ein Framework für Forschungs- und Entwicklungsthemen im Themenbereich Visualisierung von Gewässern (Abb. 3). Dieses Modell zeigt nicht nur die gegenseitigen Abhängigkeiten der Schwerpunkte, sondern auch weitere Aspekte:

- Ausgangspunkt jeder Visualisierung ist immer der Nutzer – besser noch: die konkrete Aufgabe, die mit einer Visualisierung erfüllt werden soll (Aufgabenorientierung).

- Neben den üblichen Aufgaben zur Präsentation von Informationen (z. B. zu nautischen Zwecken) sind aber in der Zukunft explizit und mit größerem Gewicht auch solche Visualisierungen zu beachten, die quasi als Werkzeug zur Exploration in großen und heterogenen Datensätzen (z. B. zur Analyse von Lebensräumen) dienen können (Schiewe 2013). Dieser Aspekt geht über die Aufgabe der reinen Informationsübermittlung – und damit über die Definition von Schiller (2015, S. 62) – hinaus.
- Unabdingbar – gerade für die reinen Präsentations- bzw. Informationszwecke – ist eine obligatorische und systematische Evaluation der Visualisierungen, um die tatsächliche Aufgabenerfüllung auch nachweisen zu können. Solche Usability-Studien sind im Themenfeld Gewässervisualisierung bisher so gut wie gar nicht anzutreffen.

Zur Bearbeitung der zahlreichen Forschungs- und Entwicklungsthemen ist sicherlich auch die Initiierung einer Reihe von organisatorischen Maßnahmen sinnvoll, um stärkere interdisziplinäre Kooperationen – speziell zwischen Hydrographie und Kartographie – zu ermöglichen. Ein Startpunkt könnte ein »Round Table« mit Experten aus beiden Disziplinen sein, der auch die Einrichtung einer gesellschaftsübergreifenden Arbeitsgruppe bestehend aus Mitgliedern von DHyG und DGfK nach sich ziehen könnte. Vergleichbare Aktivitäten sind in den Bereichen Recht, Standards oder 3D-Stadtmodelle schon erfolgreich praktiziert worden. Auch die stärkere Propagierung des Themenfeldes in den internationalen Organisationen (IHO bzw. ICA) sollte in diesem Zusammenhang auf der Agenda stehen. [↕](#)

Abb. 3: F&E-Framework zum Themengebiet der Visualisierung von Gewässern



»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

©DLR

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 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-

»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

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?

Maneraufgaben 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.

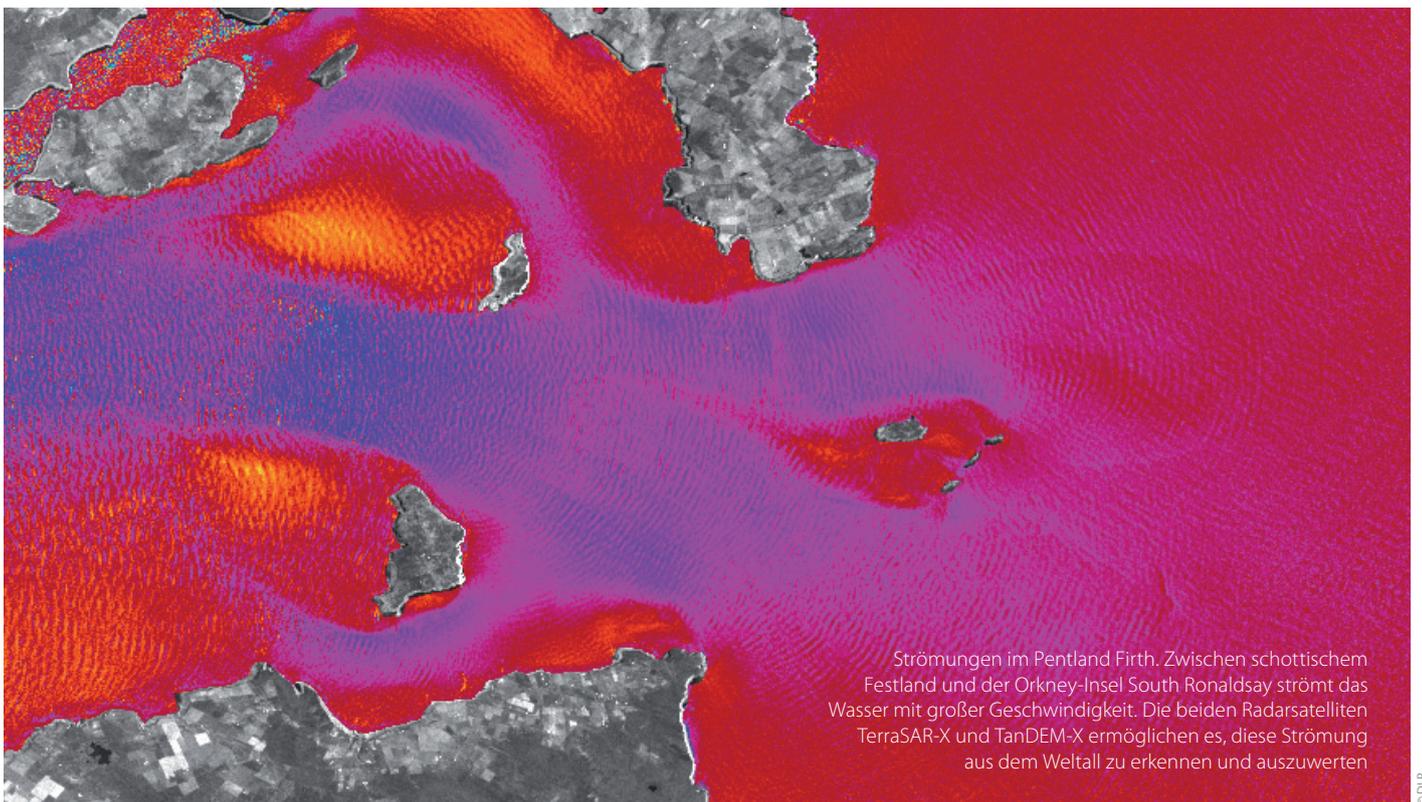
Bei Produkten zur Öldetektion funktioniert das noch nicht. Hier haben wir es oftmals auch mit Lookalikes zu tun. Da sind wir derzeit noch auf eine manuelle Interaktion angewiesen. Ein Operator muss sich das Zwischenprodukt anschauen und entscheiden, ob es sich tatsächlich um Öl handelt. Auch bei Produkten 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.

www.elac-nautik.com



WÄRTSILÄ

The BASE-platform project

Deriving the bathymetry from combined satellite data

An article by STEFAN WIEHLE, BERNAT MARTINEZ, KNUT HARTMANN, MARTIN VERLAAN, TIM THORNTON, SIMON LEWIS and DICK SCHAAP

The project »Bathymetry Service platform« (BASE-platform) addresses the lack of available up-to-date, high-resolution bathymetry data in many areas of the world. With the increasing number of earth observation satellites, e.g. by the ongoing deployment of ESA's Sentinel fleet, remote sensing data of the oceans are widely available. Three sources of satellite information are combined in BASE-platform: optical, synthetic aperture radar (SAR) and altimetry data. BASE-platform's ambition is to use these data for creating bathymetric maps and supply them to end users via a bathymetry data portal, where data will be available off-the-shelf as well as on demand. Adequate metadata will be provided along with the bathymetry so usability by the end user is ensured.

Authors

Dr. Stefan Wiehle is researcher at DLR Maritime Safety and Security Lab in Bremen, Germany.

stefan.wiehle@dlr.de

Bernat Martinez: isardSAT, Barcelona, Catalunya, Spain;
Knut Hartmann: EOMAP GmbH & Co. KG, Seefeld, Germany;
Martin Verlaan: Deltares, Delft, The Netherlands;
Tim Thornton: Smartcom Software, Stockbridge, United Kingdom;
Simon Lewis: Find Mapping Ltd, London, United Kingdom;
Dick Schaap: MARIS BV, Voorburg, The Netherlands.

Remote sensing | Earth observation | Oceanography | Bathymetry | Data fusion

1 Introduction

Bathymetry is the measurement of the topography underwater. While the topography of land is rather well-known and was only recently determined worldwide in high resolution with the TanDEM-X radar satellite mission (Krieger et al. 2007), there is currently no possibility to measure the bathymetry worldwide with a single remote sensing instrument. However, with the ongoing expenses of the offshore industry, e.g. the construction of offshore wind parks, there is an increasing demand for accurate bathymetric data. In-situ measurements performed by ships equipped with echo sounders can produce very high-resolution bathymetric data, but their high operational costs make them economically unsuitable for covering larger areas. A coarse bathymetry with a resolution of about 900 m is offered on platforms like GEBCO for free, but resolution and possibly actuality are not sufficient for commercial usage.

The BASE-platform project fills this gap by combining different data sources that are all available worldwide: three types of satellite data: optical, synthetic aperture radar (SAR), altimetry. This is enhanced by crowdsourced echo sounding data and sea level modelling to correct variances in water

levels. While all these existed individually before, BASE-platform merges these technologies, allowing for a wide coverage and highly accurate data. Within the project, existing data generation processes are automated to become part of a processing chain that requires minimal human interaction. Via the BASE-platform data portal, end users can then obtain a cost effective bathymetry product with a high resolution.

2 Data sources

This section describes the different sources of data used in BASE-platform. Fig. 1 provides an overview on their respective applicable depths.

Three sources of satellite information are combined in BASE-platform: optical, synthetic aperture radar (SAR) and altimetry data. From optical satellite images, the water depth can be obtained by analysing the spectral changes of the seafloor. This method works in optically shallow waters only, where the seafloor contributes a detectable part of the measured signal. Farther from the coast, SAR bathymetry is used which detects changes of wavelengths in the ocean, indicating changes of the underlying bathymetry due to the shoaling effect. Information about deeper areas is then ac-

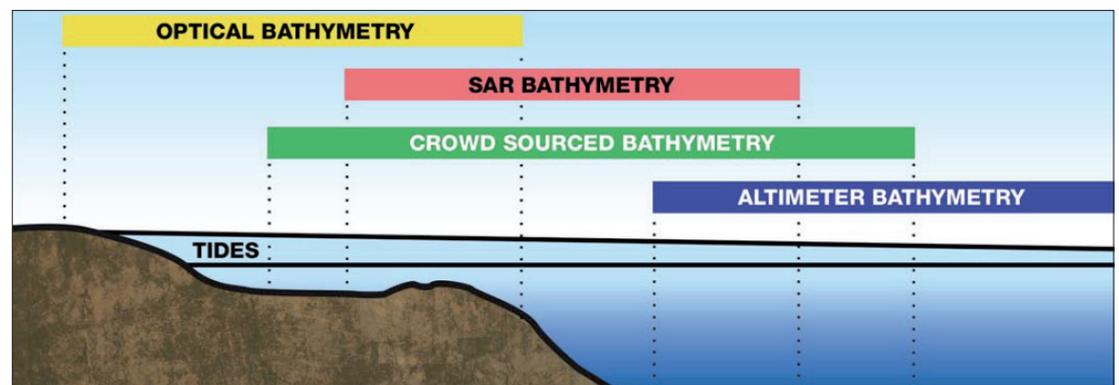


Fig 1: Depth ranges of the different techniques combined in BASE-platform. For remote sensing, optical bathymetry can cover shallow waters, followed by SAR bathymetry for medium depths, while altimeter bathymetry covers the deepest areas. Crowdsourced bathymetry can be applied everywhere where ships can go, although sensor range generally does not extend 2000 m depth. Corrections from hydrodynamic modelling are not limited to depth ranges, but their effect will usually be strongest near the coast

quired from altimetry data. Altimetry satellites use radar signals to determine the height of the ocean surface below them. Changes in the bathymetry cause gravimetric distortions which influence the height of the sea surface; this allows a reproduction of underlying bathymetric features.

Additional input is gathered from crowdsourced data, providing depth information from a large number of ships and small craft along their regular tracks. These in-situ measurements are also used for the calibration of earth observation data. With tidal modelling, all data are corrected for the tides during their respective acquisition time. By combining all these sources, a merged bathymetry product can then be created.

2.1 Optical satellite data

For the successful use of optical bathymetry, the sea bottom must contribute a detectable part to the signal measured by the satellite sensor (Heege et al. 2008). The depth of these so called optical shallow waters varies from <10 m in regions like the North Sea to about 30 m, e.g. in Caribbean waters. The environmental conditions of the recording strongly vary over time, hence, sophisticated correction algorithms have to be applied. These will remove, e.g., atmospheric effects, adjacency effects when land is nearby, sunglint on the sea surface or water refraction. An example of optical bathymetry is given in Fig. 2. Multiple satellites are used for data acquisition, including ESA's Sentinel-2 and Landsat 8.

2.2 Synthetic aperture radar satellite data

While radar beams cannot penetrate the ocean surface to directly determine the underlying bathymetry, the bathymetry causes the so called shoaling effect which changes wave parameters at the sea surface. This shoaling effect makes waves become shorter and steeper when approaching shallower waters, hence, a direct relation between changes in wavelength and depth exists. With SAR, the ocean waves can be depicted independent of sunlight or weather conditions. The wavelengths are then

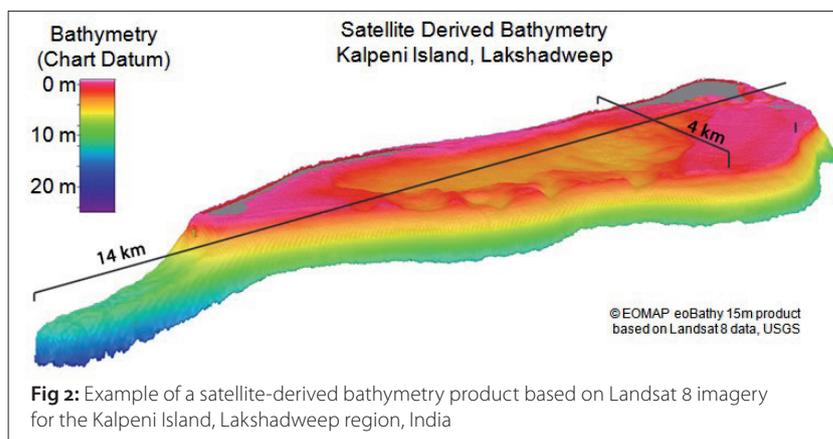


Fig 2: Example of a satellite-derived bathymetry product based on Landsat 8 imagery for the Kalpeni Island, Lakshadweep region, India

determined using the Fast Fourier Transform (FFT) on small subsections of the acquired radar image (Pleskachevsky et al. 2011). Due to recent improvements, artefacts like ships, sandbanks or wave breaking zones can be filtered out, allowing an automatic and consistent analysis of the scenes. The algorithm for SAR bathymetry is sketched in Fig. 3, an example result is shown in Fig. 4. The data used are primarily acquired by DLR's TerraSAR-X mission and ESA's Sentinel-1 mission, but data from other satellites can also be used for this method.

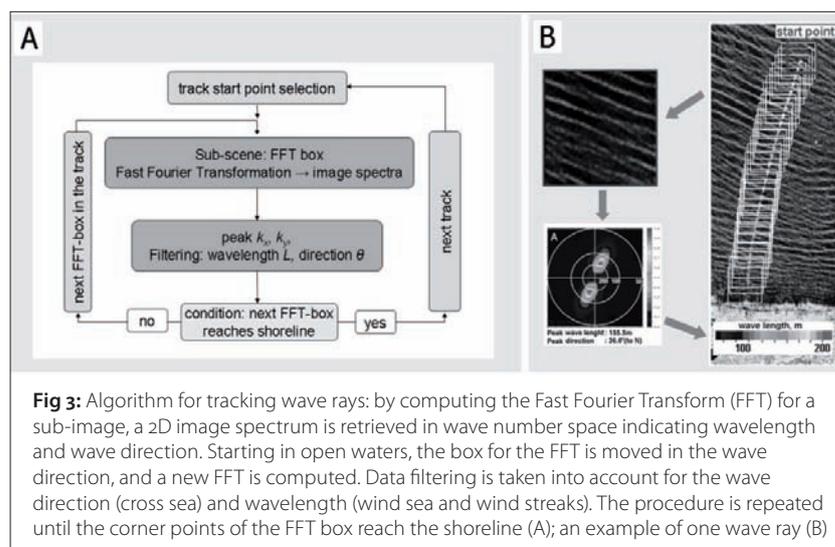


Fig 3: Algorithm for tracking wave rays: by computing the Fast Fourier Transform (FFT) for a sub-image, a 2D image spectrum is retrieved in wave number space indicating wavelength and wave direction. Starting in open waters, the box for the FFT is moved in the wave direction, and a new FFT is computed. Data filtering is taken into account for the wave direction (cross sea) and wavelength (wind sea and wind streaks). The procedure is repeated until the corner points of the FFT box reach the shoreline (A); an example of one wave ray (B)

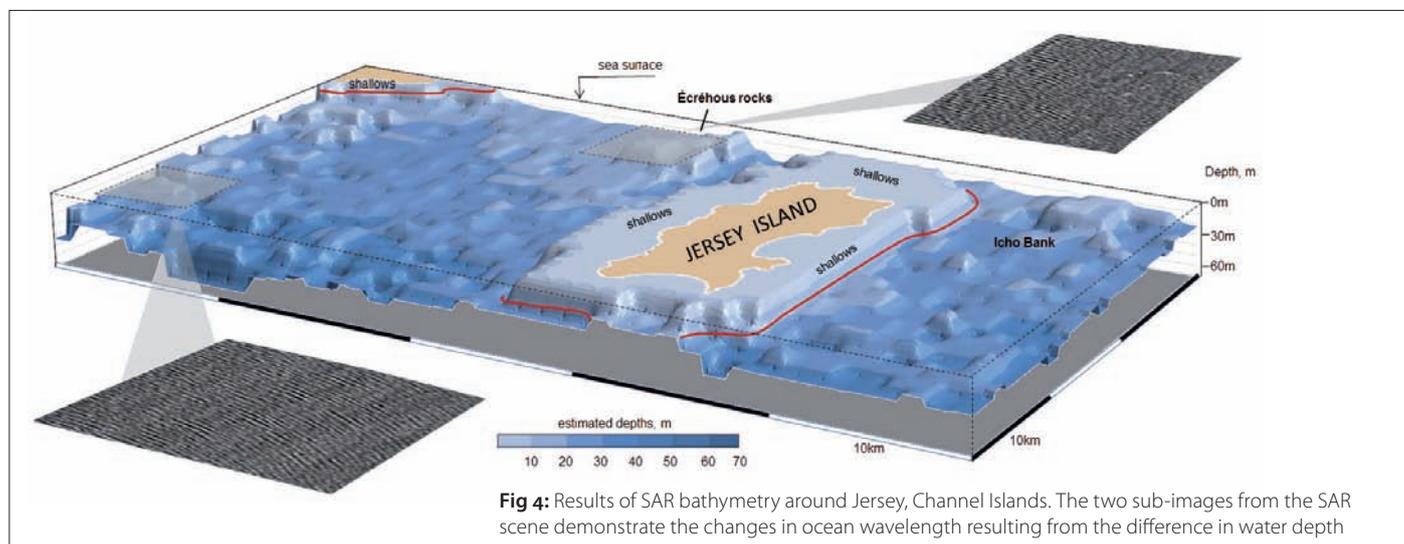
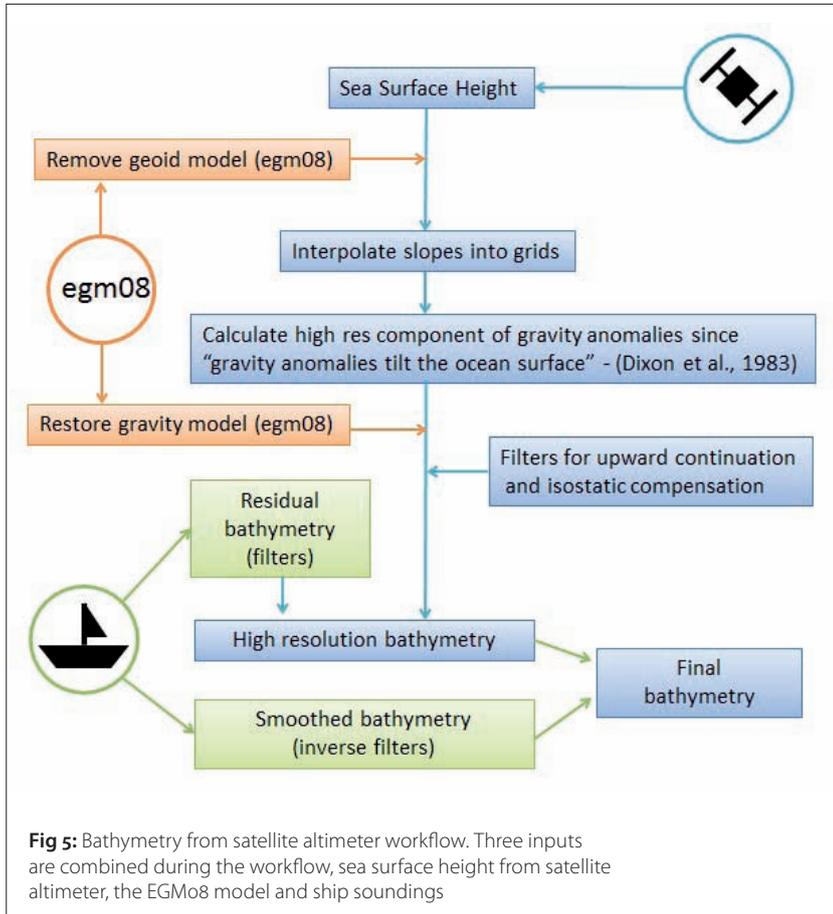


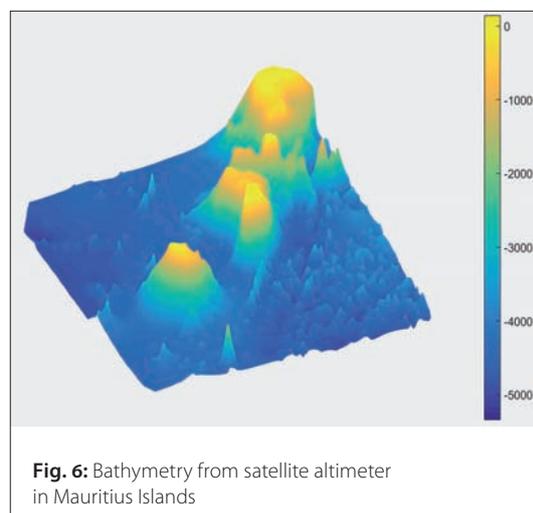
Fig 4: Results of SAR bathymetry around Jersey, Channel Islands. The two sub-images from the SAR scene demonstrate the changes in ocean wavelength resulting from the difference in water depth



2.3 Altimetry satellite data

Space altimetry also employs radar waves, but uses a very different procedure than the SAR approach described above. The altimetry method relies on the fact that topography on the seafloor creates gravity anomalies that tilt the ocean surface in ways that are measurable with a radar altimeter (Dixon et al. 1983). From these, the underlying changes in bathymetry can be derived.

The estimation of gravity anomalies starts with a smooth version of the geoid (EGM08) that can be used to apply the remove-compute-restore procedure widely used in geodesy. This allows the calculation of the rugosity over the smooth geoid model in a flat approach from altimetry data.



Afterwards the residual heights are converted to slopes and interpolated into a grid. From the above surfaces the high-resolution component of gravity anomalies can be estimated from the east and north vertical deflection by solving the Laplace equation in the Fourier domain. Finally the estimation of gravity anomalies is the sum between the recovered smoothed model (EGM08) and the high-resolution component. The workflow for deriving bathymetry from satellite altimetry data is given in Fig. 5, an example result is shown in Fig. 6.

The gravity anomalies principle is applicable for topographic variations reaching from about 10 km (smaller variations create too little influence on the ocean surface) up to several hundred kilometres (larger variations are isostatically compensated and do not produce gravity variations).

Adding bathymetric ship soundings to the procedure improves the results in two different ways. On one hand a smoothed version of the bathymetric surface (isostatically compensated component) can be estimated by filtering an interpolated surface from the soundings. On the other hand, gravity to bathymetry ratio grids can be estimated. This avoids defining the unknown seafloor density variations which have great influence in gravity anomalies. For this methodology, data from Cryosat-2 along with ancillary data from other satellites was used.

2.4 Crowdsourced bathymetry data

While regular seafloor mapping campaigns are expensive, crowdsourced bathymetry (CSB) asks vessels to log position and depth data while they carry out their normal activities. The gathered data are periodically uploaded to generate a bathymetric data product. Many vessels were already gathered for the TeamSurv platform during the previous CoSuDEC project, now reaching about 300 vessels plus other vessels like research ships. For BASE-platform, CSB data are used as in-situ measurements and offer a way of calibrating the results obtained via remote sensing.

2.5 Sea level modelling

All of the methods previously described measure the distance between the sea surface and the seafloor at their respective time of measurement. However, this water depth is strongly influenced by tidal and meteorological variations. Tidal amplitudes are often amplified near the coast, which may reach several metres of tidal range, even up to 14.5 m in the Bay of Fundy.

As permanently installed tidal gauges are mostly too scarce for global tidal interpolation, numerical hydrodynamic models are applied. Observations from tide gauges and satellite altimetry are included in these models to improve accuracy. For the BASE-platform project, this modelling allows to calculate the correct chart datum. According to the standard of the International Hydrograph-

ic Organization (IHO), this is based on the lowest astronomical tide (LAT), and conversions to other reference systems like mean sea level (MSL) and geoids are also possible with these hydrodynamic models.

3 Workflow

A current hindrance for widely available bathymetric data from satellite measurements is the amount of manual steps involved in the acquisition and high-level preparation of the data. For many satellites, acquisitions must be scheduled several days ahead of time and it cannot be guaranteed that the ordered scenes are useable for the respective algorithms (e.g. cloud cover for optical images, no waves for SAR, etc.). With ESA's Sentinel fleet, this is solved as acquisitions are provided regularly without the need for previous ordering.

The remaining part, optimising the workflow of the bathymetry data generation and distribution, is a main target of the BASE-platform project. For this, all currently applied algorithms have to be most widely automated. This can include steps like determination of parameters depending on scene location or acquisition time, evaluation of required filters and in which sections of a scene these must be used, or masking land and sea in areas where no land mask is available or the land mask is wrong.

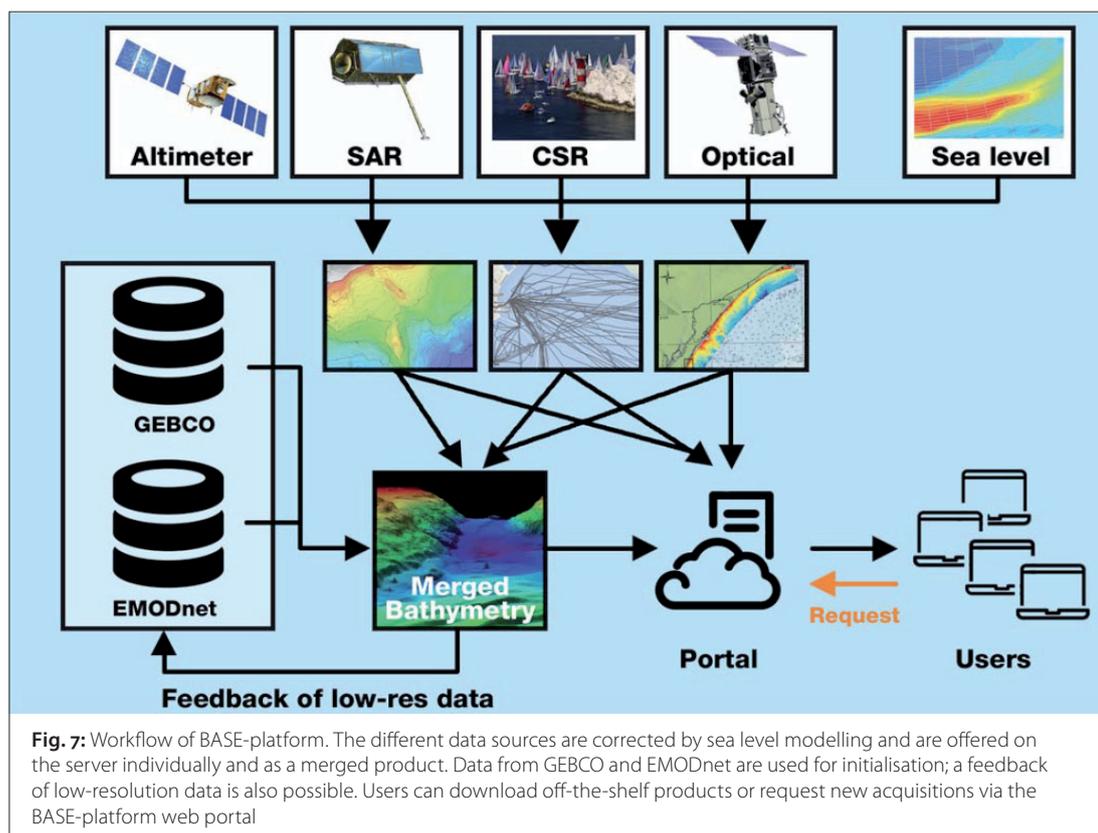
However, most data extracted from an individual acquisition is not directly useable for a user; they need to be corrected for tidal variations and the coordinates and data format must be adapted to fit the user's needs. This workflow is shown in Fig. 7.

Furthermore, within the BASE-platform project a combined bathymetry from all available sources is offered, so different sources must be merged to a single product first. All these steps also need to run as automatically as possible. One aspect therein is the inclusion of the data in a web portal, where users can directly select a region and their desired delivery format, among other parameters. This ensures accessing the data is very simple for any end user.

As sketched in Fig. 7, creating the merged bathymetry may also use freely available data from the GEBCO and EMODnet portals. While EMODnet offers a better resolution from a variety of sources with coverage limited to European waters, GEBCO offers coarser resolutions with worldwide coverage. As data on these portals may be several years old and, hence, may be found to be imprecise, BASE-platform can deliver low-resolution data to these portals.

4 Summary

The BASE-platform project presented in this paper aims to deliver satellite-derived bathymetry data to end users. Optical, SAR and altimetry satellite data, which each have their strength in different depths, are included in the project. It builds upon existing algorithms which are automated for easier and faster use. A high quality of the data is achieved by inclusion of sea level modelling and crowdsourced bathymetry data. The delivery of the data is done via a web portal where users can personalise delivery options to have the new data fit into their existing workflow. [↕](#)



References

- Dixon, Timothy; Manuher Naraghi; Marcia McNutt; S. M. Smith (1983): Bathymetric prediction from Seasat altimeter data; *Journal of Geophysical Research*; Vol. 88, pp. 1563–1571
- Heege, Thomas; Halina Kobryn; Matthew Harvey (2008): How can I map littoral sea bottom properties and bathymetry?; in: Eleni Fitoka; Iphigenia Keramitsoglou (eds.): *Inventory, assessment and monitoring of Mediterranean Wetlands – Mapping wetlands using Earth Observation techniques*; EKBY & NOAA. MedWet publication; pp. 92–93
- Krieger, Gerhard; Alberto Moreira; Hauke Fiedler; Irena Hajnsek; Marian Werner; Marwan Younis; Manfred Zink (2007): TanDEM-X: A Satellite Formation for High-Resolution SAR Interferometry; *IEEE Transactions on Geoscience and Remote Sensing*, Vol. 45, No. 11, pp. 3317–3341
- Pleskachevsky, Andrey; Susanne Lehner; Thomas Heege; C. Mott (2011): Synergy of Optical and Synthetic Aperture Radar Satellite Data for Underwater Topography Estimation in Coastal Areas; *Ocean Dynamics*, Vol. 61, No. 12, pp. 2099–2120

Acknowledgements

 The BASE-platform project has received funding from the European Union's Horizon 2020 research and innovation programme under grant agreement No. 687323.

The altimetry processing chain

Bathymetry for BASE-platform

An article by PAU GALLÉS, MAITE MUÑOZ, BERNAT MARTÍNEZ, EDUARD MAKHOUL, MARÍA JOSÉ ESCORIHUELA, MÒNICA ROCA

The present article describes some of the most relevant features of the designed calculation chain for bathymetric products from satellite altimetry method that has been integrated into the BASE-platform service. We estimate bathymetry based on up-to-date data from Cryosat2 where the new generation of altimetry radar (SAR mode) is processed in-house by using analytical solutions for the retracking model. A new method is used for the de-noising of residual altimetry profiles. The solutions are calibrated with in-situ soundings to consider seafloor density variations.

Authors

Pau Gallés and his colleagues work at isardsAT S.L. in Barcelona, Spain.

pau.galles@isardsat.cat

BASE-platform | Altimetry | Bathymetry | Satellite altimeter | Gravity anomaly | Geoid

1 Introduction

The ocean on earth is enormous, deep and unknown. In the deep open ocean, in locations where there has not been investment in measuring the seafloor relief, the radar sensor in satellites (altimetry) can be used to model it. This is done by measuring the sea surface deflections generated by the gravity anomalies produced by volumes of seafloor irregularities (Smith et al. 2004). Satellite altimeters transmit signals to earth and receive the echo from the surface (the «waveform»). This is analysed to derive a precise measurement of the time taken to make the round trip between the satellite and the surface. This time measurement, scaled to the speed of light (the speed at which electromagnetic waves travel), yields a range measurement. However, as electromagnetic waves travel through the atmosphere, they can be decelerated by effects that require corrections. Also independent measurements of the satellite's orbital trajectory are needed for exact coordinates. Altimetry thus requires a lot of information to be taken into account before being able to use the data (Andersen and Knudsen 2009).

The sea surface height, from processed satellite radar data, can be used to estimate bathymetry based on gravitational laws. If the earth was a perfect sphere with a single and homogeneous density material then the normal gravity would be constant along its surface. In our planet the seafloor undulations are formed by large volumes of geological material that are perturbing the normal gravity field. These gravity anomalies are shaping the ocean surface having permanent or long-term effects (as long as a seamount exists, its gravitational attraction persists). Because of that sea surface height static (or long term) effects are the ones that have interest in bathymetric studies. However, not all the relief in the seafloor can influence the ocean surface. Large geological features are flexing the Mohorovičić discontinuity and replacing materials from the mantle by lower density material from crust (Smith and Sandwell 1994). Long wavelengths in the bathymetry are the isostatic compensation piece of the spectrum

and can be estimated by filtering a solution from a different source. Afterwards, the deviations from the isostatic compensated solution are added to the smooth solution to obtain the final estimation.

Altimetry bathymetry is a product for deep and open ocean in extensive areas suitable for preliminary studies. Our products are based on up-to-date data from Cryosat2 where the new generation of altimetry radar (SAR mode) is processed in-house by using analytical solutions for the retracking model. The solutions are calibrated with in-situ soundings to consider seafloor density variations. Seafloor relief from altimetry shows some major geological features such as the mid-ocean ridges formed between plate tectonics, undersea volcanoes forming chains, submarine canyons or landslides, etc. It is used in offshore industry (pre-planning for deep-sea operations such as mining or oil exploration, modelling, geological studies) and it has several scientific applications from global estimations of water currents and flows to lithospheric structure studies (Kearns and Breman 2010).

BASE-platform is a service that provides satellite-derived bathymetry on a global scale using tidal modelling and crowdsourced data collection techniques to enhance accuracy by refining existing techniques, developing methods and tools for merging data from these sources, integrating with tidal modelling for reducing the depths to the local chart datum, etc. The project also aims to improve the service experience by making data available through data portals and working with end users of bathymetric data to carry out trials in a number of areas and assess the results with them. The present article describes some of the most relevant features of the designed calculation chain for bathymetric products from satellite altimetry method that has been integrated into the platform.

Up to now there have been mainly two approaches regarding the detection of outliers and spurious oscillations in the residual altimetry profiles for the bathymetric calculation. An option is to compare the profiles against prior models of geoid slope for a sanity check (Sandwell and Smith

2009). Another option could be to compare each altimetric observation with the interpolated value from the nearest 64 points (Andersen 2012). In our calculation chain we have innovated with a combination of iterative loops applied before interpolating into grids.

The support of the research and innovation program BASE-platform allowed several improvements to build a robust processing chain that works regardless the satellite mission and altimetry mode. Also a combination of methods and iterative loops has been implemented to detect the outliers in altimetry profiles on a robust way. Geolocation-dependent parameters were added to automatically ingest the appropriate data sets given a target area. The Cryosat-2 SAR mode altimetry L2 data is processed in-house from L0 passing by L1B processing (Makhoul et al. 2017) and with a new retracker (Ray et al. 2015) and has been integrated in the bathymetric algorithms.

2 Method

First step is to ingest all the data needed along the calculation chain. Data from Cryosat-2 in SAR mode is processed by isardSAT with an in-house L2 process based on the analytical solutions for the retracker. The satellite data processing workflow is summarised in the two following subsections. Afterwards the procedure for bathymetry is presented.

2.1 Delay-Doppler

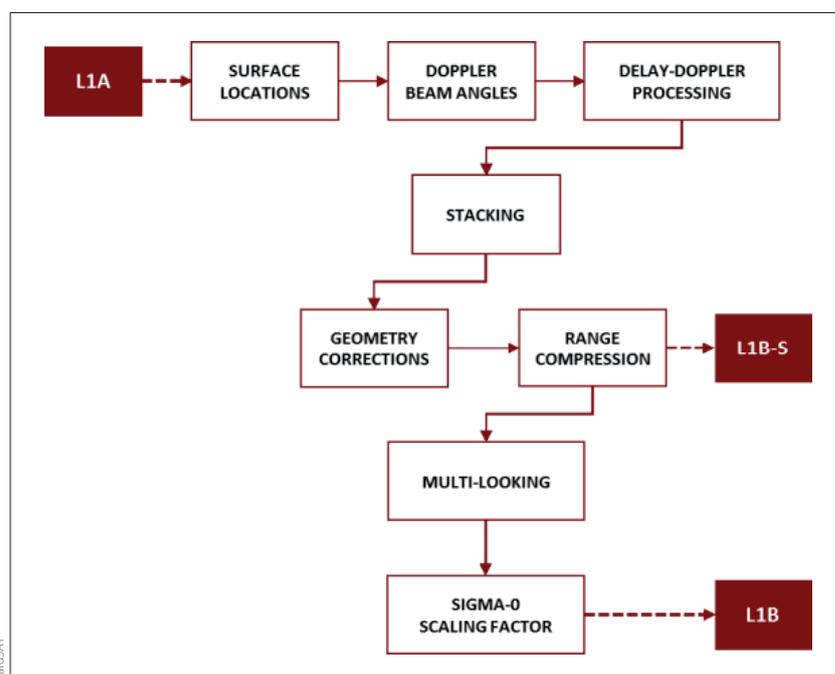
The Delay-Doppler altimeter uses the power back-scattered from the scene more efficiently than does the conventional altimeter, since the whole beam-limited along-track signal is exploited, instead of the pulse-limited area typically considered by conventional altimeters (Raney 1998). This is achieved thanks to the proper slant range (or delay) variation compensation. The extra delay observed from each Doppler bin in which the along-track beam is partitioned is removed, aligning all the Doppler beams to the same delay or range, known as range migration correction. The additional selectivity in the Doppler domain, which confers an additional degree of freedom, allows increasing the along-track resolution (i.e., reducing the along-track footprint), such that the impact of surface variability on the imaged footprint can be minimised (Makhoul et al. 2017). This selectivity in the Doppler dimension can be also exploited to perform a specific focusing to a given defined location. This requires performing additional processing in the along-track direction, which mainly consists on beam steering (to the desired surface position) and Fourier transformation. In this manner, several looks are made available for a specific surface position, i.e., different Doppler beams from different bursts are pointed towards it, forming the Doppler stack (ibid.). Therefore, the final signal-to-noise ratio (SNR) can be improved once the different range-compressed power waveforms are inco-

herently accumulated; such processing is known as multi-looking. Hence, the intrinsic 2-D (range/Doppler) nature of the Delay-Doppler altimetric signals requires, as theoretically described above, to perform accordingly a 2-D processing, properly exploiting the potential capabilities, conferred by this relatively new operational mode. The considered SAR (also known as Delay-Doppler) processor is based on the experience gained by isardSAT in the study and implementation of the Ground Prototype Processor (GPP) within the Sentinel-6 project (Roca et al. 2016).

A high-level block diagram of the L1B processor is shown in Fig. 1. The main processing stages of the Doppler-Delay processor are:

- Surface locations (and their corresponding data and orbit parameters). They are defined by the intersection of the Doppler beams and the estimated surface positions along the satellite track.
- Beam angles computation (for every burst). It calculates angles between the satellite velocity vector and the directions defined by the satellite location and the computed surface locations under the satellite's boresight.
- Azimuth processing, Delay-Doppler processing and stacking. There are two purposes: to steer the beams to the different surface locations and to generate the stacks.
- Geometry corrections for each stack. The Doppler, slant range and window delay misalignments corrections are applied.
- Range compression. This algorithm performs the range compression of the input stacks and then generates the power waveforms.
- Multi-looking. To average (incoherent integration) all the waveforms that form each stack.
- Scaling factor computation (sigma0 extraction). It computes the scaling factor that allows converting the power of the multi-looked waveform into normalised radar cross section (sigma0) values.

Fig. 1: Level L1A/L1B SAR processing chain



References

Andersen, Ole B. et al. (2008): The DTU10 global Mean sea surface and Bathymetry; EGU-2008, Vienna, Austria

Andersen, Ole B.; Per Knudsen (2009): DNSCo8 mean sea surface and mean dynamic topography models; Journal of Geophysical Research, Vol 114, No. C11

Andersen, Ole B. (2012): Marine gravity and geoid from satellite altimetry; in: Fernando Sansò; Michael G. Sideris (Ed.): Geoid Determination – Theory and Methods, Springer, Berlin, pp. 401–451

García, Emmanuel S.; David T. Sandwell; Walter H. F. Smith (2014): Retracking Cryosat-2, Envisat and Jason-1 radar altimetry waveforms for improved gravity field recovery; Geophysical Journal International, Vol. 196, No. 3, pp. 1202–1422

Kearns, Timothy A.; Joe Breman (Ed.) (2010): Bathymetry – the art and science of seafloor modeling for modern applications: Ocean Globe; ESRI Press, Redlands

Makhoul, Eduard; Mònica Roca; Chris Ray; R. Escolà; A. García-Mondéjar (2017): Evaluation of the precision of different Delay-Doppler Processor (DDP) algorithms using Cryosat-2 data over open ocean; under review in Advances in Space Research, Elsevier

Marotta, Giuliano; Roberta Vidotti; Denizar Blitzkow (2015): GRAVTool, a Package to Compute Geoid Model by Remove-Compute-Restore Technique; American Geophysical Union, Fall Meeting 2015

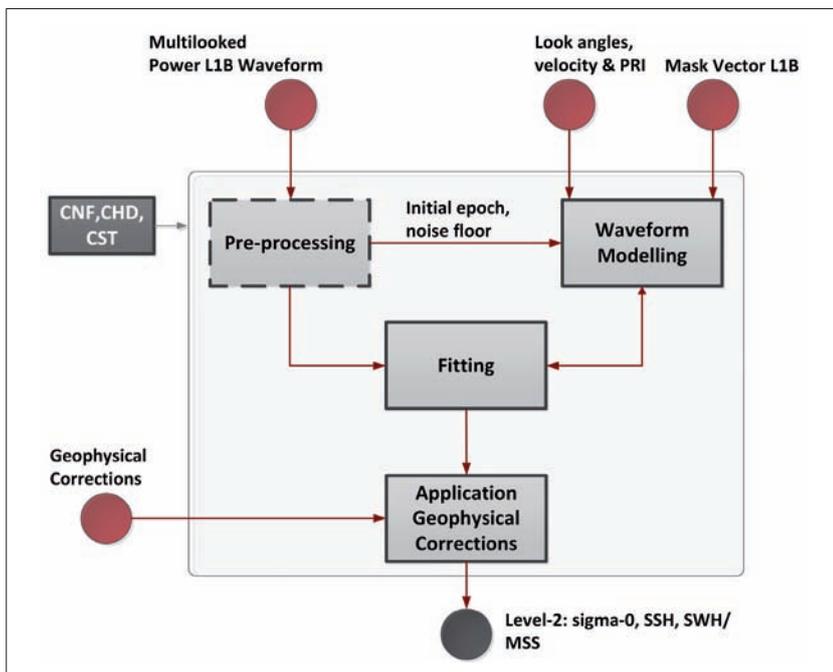
...

2.2 Retracking

Radar altimeters are equipped with on-board tracking algorithms which provides a first raw estimation of the range between the spacecraft platform and the scattering surface being illuminated beneath. Such information provides only a rough estimate of the range to the surface since it can be biased depending on the type of surface being illuminated and on the range bin sampling. In this sense, and in order to have a much accurate estimation of the range, an on-ground »retracking« is required. The basic idea behind this processing is to perform an accurate fitting of the received echo with a well-developed waveform model. In this manner, it is possible to infer geophysical parameters' estimates of the underlying scattering surface being illuminated, e.g., sea surface height (SSH), significant wave height (SWH) and radar backscattering coefficient (σ_0). A general differentiation can be done between the physical-based retracker and empirical retracker (Makhoul et al. 2017). The latter are statistically-oriented approaches, which basically search for the peak of the waveform to infer the sea surface height without considering any physical relation to the backscattering mechanisms being observed. On the other hand, the physical-like retracker try to model the echo waveforms on the basis of the electromagnetic interaction between the transmitted pulse and the surface beneath the altimeter. The evolution towards a SAR altimetric operation, which improves resolution and potential performances, requires to migrate to a new characterisation and formulation of the analytical retracker. The analytical retracker implemented by isardSAT (in Makhoul et al. 2017) is based on the model proposed by Ray et al. (2015).

The block diagram of the Level-2 processing based on the analytical retracker is depicted in Fig. 2.

Fig. 2: Analytical retracker block diagram



The main steps included in this processing chain are:

- Pre-processing,
- Stack modelling,
- Fitting procedure,
- Geophysical corrections.

The pre-processing stage is performed by extracting refined epoch estimation from leading edge detection and using an adaptive window for thermal noise estimation. Then, the fitting procedure adjusts the multi-looked model waveform (obtained from the corresponding stack modelling) in a least square error minimisation procedure. Afterwards, geophysical corrections can be applied.

2.3 Bathymetry calculation

Satellite altimeter data is processed to obtain sea surface height as explained in previous sections (Fig. 3).

At this step the processed sea surface height samples are localised by following a linear data pattern commonly named »track« where the direction reflects the projected satellite position on earth.

Useful satellite data would cover both space and time being the former determined by the track spacing and the diversity of track directions. Given the present study requirements, the spatial coverage (low tracking space) is a priority over temporal resolution (repeated tracks). Thus, geodetic missions are more useful. Specifically Cryosat-2 is the best for its track spacing; however, its orbit inclination leads to great uncertainties in the east-west direction, therefore the calculations are complemented with Jason-1 in its geodetic mission that has a lower orbit inclination (García et al. 2014).

The best approach is to resolve the full spectrum of the gravity field in two separate pieces: the long wavelengths component and the high-resolution piece. On the one hand, the EGM08 is an earth gravity model in spherical harmonics that can be used as part of the final solution. On the other hand, the short-wavelength piece of the total spectrum is estimated by using a flat projection approach with the »remove-compute-restore« technique (Marotta et al. 2015), where:

- A geoid model from spherical harmonics is removed from the altimetry profiles;
- Residual slope grids are interpolated from the above data;
- Residual gravity anomalies are estimated by Laplace equation in a flat-projection approach;
- Gravity by spherical harmonics is recovered to obtain the total anomaly field.

One of the main difficulties is the detection of outliers and spurious oscillations in the processed L2 along-track data. At first some manual editing is always required since conventional methods are not working in all cases. A combination of methods and iterative loops helps to detect the outliers in a robust way. The following steps are applied in order to detect useless measurements:

The first step is to compare the sea surface height profiles with an interpolated along-track geoid model. When the differences between them are greater than their median differences plus a cutoff the data point is marked as an outlier. This happens following an iterative loop where the spike condition is smoothly approaching the cut-off target.

Afterwards a second iterative loop is done between the profiles and the geoid model. This time the condition used is the correlation coefficient between the sea surface height and the geoid along track. The aim is to increase it up to a defined cutoff by getting rid of further outliers.

Later on a second phase for de-noising the data is applied to each track by using along-track slopes conditions. The first step is to remove standardised directional slopes that are greater than a cutoff. The standardisation is estimated by using medians and median absolute deviations as estimators for the expected value and the variance.

Then, several versions of the fitted profile are compared against the original data to detect more outliers. Some of them are the weighted moving median or the weighted moving mean. These de-spiking routines are identifying standardised data greater than a cutoff and the estimators were defined using the same median estimators as in previous step.

Finally all the tracks from different satellites are merged and compared with an algorithm to identify more outliers. The condition here is to make sure the standardised directional slopes are not greater than a cutoff.

It has always been important to smoothly approach the target cutoff criteria by iteration since the statistics are updated into the loop and they have a direct effect in the outlier condition. Another critical problem is with the missing values and deleted outliers in the residual along-track slopes. If they were not treated carefully, they would act like spikes towards zero. The estimation of residual gravity spectrum comes from residual deflections of the vertical that have been treated carefully with several algorithms to de-noise, filter as well as interpolating between tracks. Therefore some FFTs were applied on the profiles with missing data. The solution was to apply the FFTs to joined pieces of valid data. Otherwise any gaps-filling algorithm would perturb the spectrum response. The major gaps (land), on the other hand, where filled by interpolation from the neighbours with a smooth trend towards zero. The »missing values« method has been designed robust and works for all regions on earth.

The next step is to interpolate the residual heights into grid gradients (at north-south and east-west directions). One can interpolate the absolute heights by removing first the dynamic effects with complementary products or studies and estimate the gradients later on. Alternatively, the along-track slopes can be used directly to in-

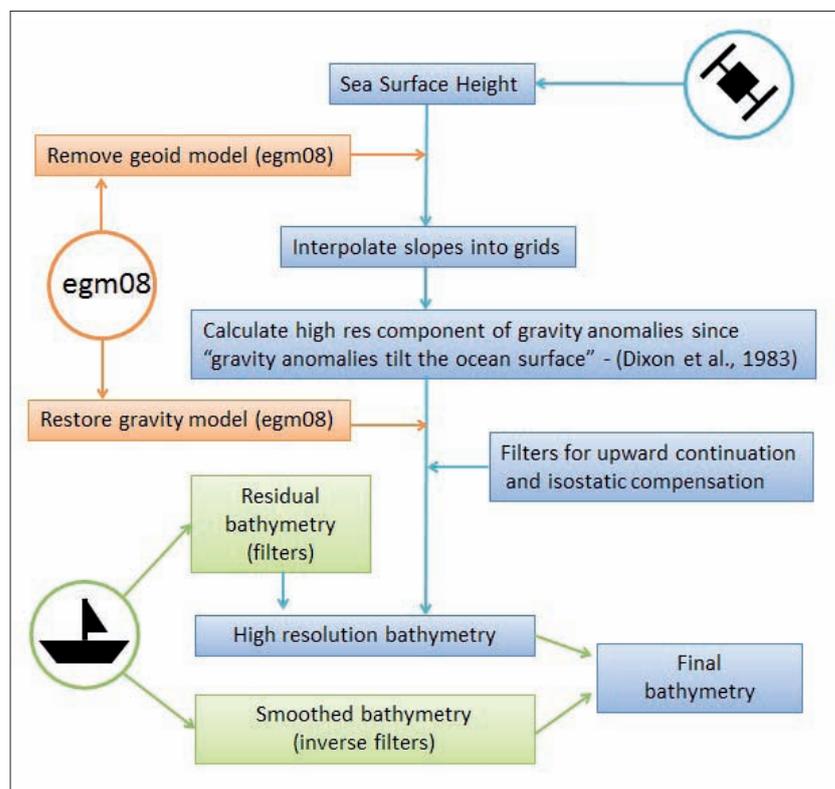


Fig. 3: Block diagram for bathymetry from processed satellite data

terpolate the gradient grids by avoiding most of the dynamic effects component in the residual sea surface slopes. The second approach has been used and projected the eastings and northings in UTM tiles by following a local flat projection. Subsequently the residual gravity anomalies can be solved with the equation for gravity anomalies from DOV (Sandwell and Smith 1997). :

$$f(\Delta g) = -i \frac{\gamma}{|k|} (k_x F(\eta) + k_y F(\xi))$$

Where $|k| = \sqrt{k_x^2 + k_y^2}$, k_x and k_y are the wave-numbers equal to one over half the wavelength in the x and y direction, $F(\eta)$ and $F(\xi)$ are east-west and north-south slopes, γ is the normal gravity and i is the complex number.

At this point one can build the full spectrum by recovering the spherical harmonics gravity solution (EGM08 for gravity). Afterwards gravity anomalies are downward continued on seafloor. The full resolution cannot be recovered due to the attenuation by distance (upward continuation effect). Hence, smoothing is applied to remove unreliable wavelengths. On the other hand, long wavelengths ($> \sim 135$ km) are filtered due to isostatic compensation effects and a very smooth bathymetric solution will be added instead. The long-wavelengths solution will be equal to a surface interpolated from an alternative source (i.e. single-beam bathymetric surveys) and its filter will be the inverse of the isostatic compensation effect filter.

The gravity anomaly spectrum can be related with a piece of the bathymetric spectrum as well as a deviation from seafloor model. The second variable can be easily defined in the deep ocean by considering the density of the crust materials.

Raney, R. Keith (1998): The delay/Doppler radar altimeter; IEEE Transactions on Geoscience and Remote Sensing, Vol. 36, No. 5, pp. 1578–1588

Ray, Chris; Cristina Martín-Puig; Maria Paola Clarizia; Giulio Ruffini; Salvatore Dinardo; Christine Gommenginger; Jérôme Benveniste (2015): SAR Altimeter Backscattered Waveform Model; IEEE Transactions on Geoscience and Remote Sensing, Vol. 53, No. 2, pp. 911–919

Roca, Mònica; Roger Escolà; Albert Garcia-Mondéjar; Gorka Moyano; Pablo-Nila García; Bernat Martínez; Chris Ray; Marco Fornari; Robert Cullen (2016): The Sentinel-6 Poseidon-4 L1 Ground Prototype Processor: Description of New Features and Results with ESA simulated Test Data delivered to users; presentation at ESA Living Planet Symposium 2016

Sandwell, David T.; Walter H. F. Smith (1997): Marine gravity anomaly from Geosat and ERS-1 satellite altimetry; Journal of Geophysical Research, Vol. 102, No. B5, pp. 10039–10054

Sandwell, David T.; Walter H. F. Smith (2009): Global marine gravity from retracked Geosat and ERS-1 altimetry: Ridge segmentation versus spreading rate; Journal of Geophysical Research, Vol. 114, No. B1

Smith, Walter H. F.; David T. Sandwell (2004): Conventional bathymetry, bathymetry from space and geodetic altimetry; Oceanography, Vol. 17, No. 1, pp. 8–23

Smith, Walter H. F.; David T. Sandwell (1994): Bathymetric prediction from dense satellite altimetry and sparse shipboard bathymetry; Journal of Geophysical Research, Vol. 99, No. B11, pp. 21803–21824

However, in areas with thick sediment cover or regions with variable seafloor density, alternative methods must be applied (Kearns and Bream 2010). Basically, the ratio between filtered gravity anomalies and target bathymetry spectrum is estimated by correlations between them where seafloor depth measurements from alternative sources are available.

3 Results

Two combined digital models are used for comparison and validation of the results. Data sources building the combined bathymetric models are described below.

3.1 GEBCO2014

It is made from a combination of data sources and methodologies. The sources are mainly multi-beam echo sounders and single-beam ship track soundings. The methodologies are various types of interpolations (kriging, splines with variable tension, etc.). Some interpolations are guided by satellite-derived gravity data. It also includes depth data from several alternative digital bathymetric models.

3.2 DTU10BAT

The Technical University of Denmark (DTU) has made a global bathymetric map that has variable influence of gravity data in the product depending on the area on earth. Gravity has been used around the range from 20 km to 120 km wavelength by optimising coherency (Andersen et al. 2008). GEBCO-1 is used outside these bands as well as for depths above 100 metres. GEBCO-1 is a global bathymetric version that has no altimetry-derived bathymetry.

There are two use cases that have been considered, one is from Mauritian islands where GEBCO2014 has 89.33 % of the area with gravity (altimetry) influence in the calculations. On the other hand the Balearic Islands case has 20.37 % of the area with gravity (altimetry) influence in the estimations. The DTU map has variable gravity influence depending on the analysis of optimal

coherency. The usual band is from 20 to 120 km wavelengths. However, the exact piece of the spectrum filled by gravity-guided estimations in these particular areas of the study is unknown.

An estimation of the root mean square error (averaged rmse against the two above-mentioned combined bathymetric models) is presented for two separate cases: The Mauritian islands and the Balearic Islands (Fig. 4).

In the Mauritian islands the RMS is around 220 m for depths down to 5,500 m. In the Balearic Islands the RMS is around 100 m for depths down to 3,200 m. The first case has Cryosat-2 altimetry LRM mode coverage whereas the second has SAR mode for the same satellite. Both have Jason-1 data. GEBCO2014's Balearic map only has altimetry influence in the very bottom right corner. In both cases there are geological sediments with unknown dimensions and thickness leading to variable seafloor densities that will generate lower gravity anomalies. Essentially this means a no uniform relation between residual gravity and bathymetry that is difficult to model. The sources and methods used in the combined models are explained at the beginning of the present section.

4 Conclusions

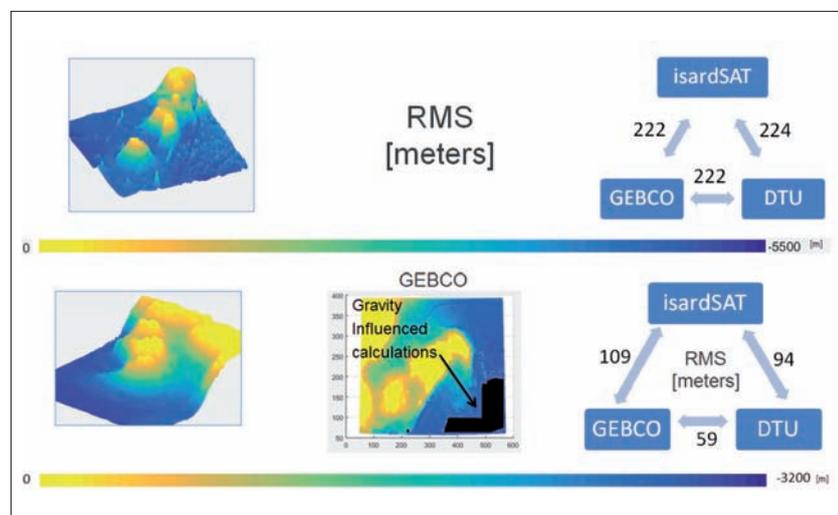
The main objective of the present investigation has been the creation of a full robust calculation chain for bathymetric products from altimetry sensors with the integration of the in-house processed new generation of SAR mode from Cryosat-2 altimetry (Ray et al. 2015; Makhoul et al. 2017; Roca et al. 2016).

Bathymetry estimation from satellite altimeter is a long procedure that requires several inputs along the calculation chain. Required data sets must be properly ingested by making its format suitable for the workflow. The main input is the Cryosat-2 altimetry data because its mission is geodetic and has great spatial coverage as well as number of completed cycles. The new generation of altimeter sensor SAR is processed in-house by isardSAT with innovative methods (Ray et al. 2015; Makhoul et al. 2017; Roca et al. 2016).

One of the most difficult challenges when implementing the bathymetric procedure has been the detection of spikes and spurious oscillations. It has been observed that it is worth investing resources on that where one should be able to detect and treat problematic data before interpolating the profiles into grids. Since our very first attempts where done by manual editing the profiles, one could suggest supervised machine learning as an alternative technique for the de-noising problem.

Our altimetric bathymetry products are 0.01° × 0.01° cell size for areas deeper than 300 m. These calculations are also offered in the »merged products« along with bathymetric solutions from other sources to complete the full depth range. The products are delivered in GeoTIFF format along with XML metadata following the standards of the project. [↕](#)

Fig. 4: Root mean square error between the three sources (isardSAT, GEBCO and DTU). Above: Mauritius, below: Balearic



Apogee Series

NEW

SURVEY IN ALL SEA CONDITIONS

Apogee makes very high accuracy INS/GNSS affordable for all surveying companies.

HIGH ACCURACY INS/GNSS

- » 0.005° Roll & Pitch
- » 2 cm Delayed Heave
- » 0.02° Heading
- » 1 cm Position

PPK accuracy

Operational up to 200 m depth



OFFICIAL DISTRIBUTOR

M·B·T 
UNDERWATER TECHNOLOGY

 **MBT GmbH**
Wischhofstraße 1-3
Gebäude 11
D-24148 Kiel
Germany

TEL +49 (0)431 535 500 70
FAX +49 (0)431 535 500 99

MAIL info@m-b-t.com
WEB www.m-b-t.com



Satellite-derived bathymetry

An effective surveying tool for shallow-water bathymetry mapping

An article by *KNUT HARTMANN, THOMAS HEEGE, MAGNUS WETTLE and MARCUS BINDEL*

Unlike other survey methods satellite-derived bathymetry (SDB) offers a remote mapping of shallow water zones. It is based on the concept of using the reflectance intensity of different wavelengths (colours) of the sunlight which is recorded by the satellite sensor. This information in combination with relevant databases and physical models determines the shallow water depth down to the light penetration depth. In the last decade, there has been an increasing interest of SDB methods and derived data. Various exercises have been done by academia and industry to validate and evaluate SDB data sets (REF). This awareness is based on two major developments: the recent availability of very high-resolution satellite data mapping the seafloor in sufficient detail and the design of robust and standardised algorithms and workflows. The demand of accessing bathymetric data for the shallow water zone, costs and the ability to map with ship and airborne sensors have also led to high interest in this effective surveying tool.

The zone is still poorly surveyed for various locations worldwide (IHO 2016a). This article provides an overview of all aspects of SDB surveys from satellite sources, SDB workflows and methods to use cases.

Satellite-derived bathymetry – SDB | Remote sensing | Earth observation | Mapping depth

Satellite data sources: Whole-earth imagery and its archives

Depending on the spatial resolution/pixel size of the satellite images they are typically classified in very high resolution (<2 m spatial resolution), high (<10 m), moderate (better than 100 m) and coarse (several hundred metres) data sets. Only the first three are typically of interest for shallow-water bathymetric mapping. Imaging satellite data recorded every place on earth in high frequency and archive the image data. We can now look back to an archive of about 15 years for very high-resolution data and almost 40 years of moderate resolution data sets which allows not only mapping of most recent condition but also the change over time. Satellite data coverage is not equally distributed around the globe and ranges from few data sets (e.g. remote places in the higher latitudes) to several hundreds to thousands of data sets (e.g. urban areas).

Every satellite sensor comes with unique specifications determining its feasibility for SDB methods. The most important factor is the spatial resolution: The ability to map the seafloor in highest detail, the amount of spectral information and the bit depths in which they are recorded, signal-to-noise ratio and the geolocation accuracies. Modern satellite sensors such as WorldView-2 and 3, Pleiades, Sentinel-2 and Landsat 8 have been used intensively and can be seen as feasible sensors to apply SDB methods. Because light penetration depth into the water column decreases with increasing light wavelength (see Fig. 1) those satellite sources which have the ability to record in multiple optical wavelength (bands) are of particular importance for optical SDB methods. However, more than the

choice of the correct sensor, the bathymetric data quality is the outcome of selecting the ideal data set and extracting bathymetric grids in the correct manner. The next paragraphs highlight these necessary steps in the SDB workflow.

SDB workflow

Similar to other survey methods SDB requires preparation, data processing, data post-processing and QA/QC routines. For all these steps trained experts are required for these remote sensing, geomatic and hydrographic exercises.

Feasibility assessment and selection of best data sets

The objective of this task is to identify satellite image data recorded in near-ideal environmental conditions, in terms of spatial resolution and recording dates and other specifications. This process is similar to the pre-planning phase of acoustic or LiDAR shallow-water surveys where information on local environmental conditions is accessed. But in contrast to survey campaign planning SDB can make use of already archived image data which allows to select the image captures which has most feasible environmental conditions. This is of importance because it allows already at planning phase to quickly provide reliable information on final bathymetric grid coverage and maximum mapping depth.

Extra care is compulsory for this selection process as it can significantly influence the following data processing and finally the data quality and data coverage of the final bathymetric grid.

The feasibility assessment includes the check of the archived data from one or typically multiple

Authors

Dr. Knut Hartmann is Director Client Service at EOMAP GmbH & Co KG. in Seefeld, Germany.
Dr. Thomas Heege is CEO and founder of EOMAP.
Dr. Magnus Wettle is Managing Director at EOMAP Australia Pty Ltd.
Marcus Bindel is data analyst at EOMAP.

hartmann@eomap.de
heege@eomap.de
wettle@eomap.com
bindel@eomap.de

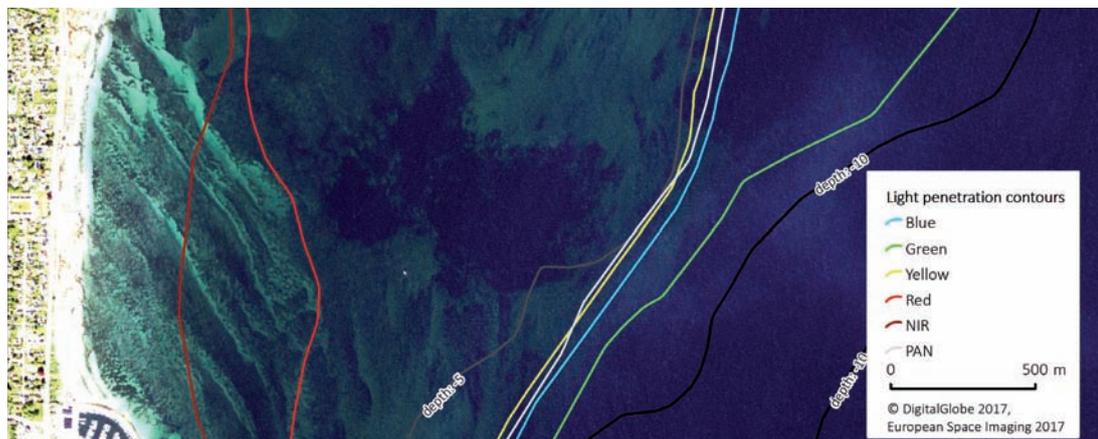


Fig. 1: Maximum light penetration depth of sunlight highlighted for the Baltic Sea (Denmark) using very high-resolution WorldView-2 satellite image data. The colours represent the different wavelengths of the sensor (colours) which are overlaid by 5 m and 10 m depth contours of the nautical chart. With increasing depth seafloor reflectance is dominated by shorter wavelengths. In organic rich waters such as the Baltic Sea the green wavelength(s) penetrate deepest

image data sources, which can contain commercial and non-commercial image data. In total, about a dozen satellite data archives are being accessed for each site. For each stored data set – alongside accessing tidal information, multi-temporal image data comparisons and charting data checks – an assessment of, e.g., cloud coverage, turbidity conditions, sunglint risk is generated.

With the feasibility assessment one or more options for creating bathymetric grids including estimated data coverage area and approximate depth range are available.

SDB processing

SDB data processing or the extraction of bathymetric grids based on the selected image data sets is the centre of the workflow. Two methods can be classified: empirical and physics-based methods.

Initially, empirical methods were used to require known depth information over the study area. By comparing these known depths with the satellite signal, a statistical relationship can be derived that adequately describes depth as a function of the signal. Aside from requiring known data, these methods will only work for a given satellite image. A subsequent satellite scene, even of the same location, may contain different atmospheric and in-water parameters the statistical relationship needs to be recalculated. Another aspect of these methods is that the statistical relationship is valid for one water type and one seafloor type. And one also needs to apply the correct formula to each pixel in the image, i.e., you need to inform the algorithm a priori which substrate type is encountered in that image pixel. This brings the problem full circle back to one of the fundamental challenges of satellite-derived bathymetry: How do you know that a darker signal is due to deeper water, a darker substratum, or a bit of both? Still, these methods find their use as they are relatively straightforward to apply (»Cookbook approach«, IHO 2016b) and, as well as being computationally fast and could serve as an initial step to identify seafloor topography.

Physics-based methods on the other hand do not require known depth information for the study

area, and can therefore be applied independent of satellite data type and study area. These methods rely on fully describing the physical relationship between the measured light signal and the water column depth (Fig. 2). Variability in the atmosphere and water column is accounted for within the algorithm inversion, and no »tuning« to known depths is required. In principle, therefore, an area can be targeted that is physically inaccessible and for which there is no previous known information. Not surprisingly, these physics-based methods do require more sophisticated algorithms and powerful processing capacity. But they also prove more accurate, especially in areas with various bottom type, turbidity or atmospheric conditions. Amongst these methods CSIRO's SAMBUCA (Wettle et al. 2006) and EOMAP's MIP are most used (Siermann et al. 2014). Although not mandatorily necessary these algorithms can include vertical sounding information in calibration of the model to optimise the vertical quality.

Because of the advantages of physics-based methods they must be seen as the modern state-

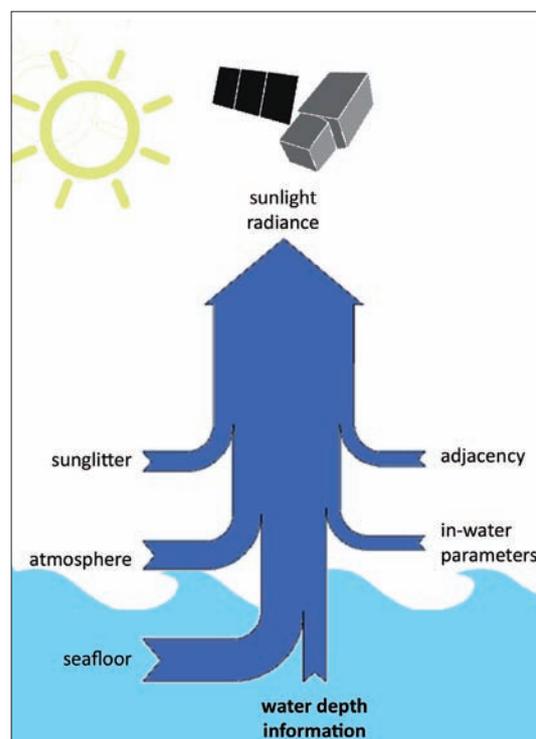


Fig. 2: Where does all the light come from? The diagram shows the relative amount of measured light energy which contains water depth information. It is critical to accurately account for the other sources of light energy in order to separate out the relevant water column depth contribution to the measured signal

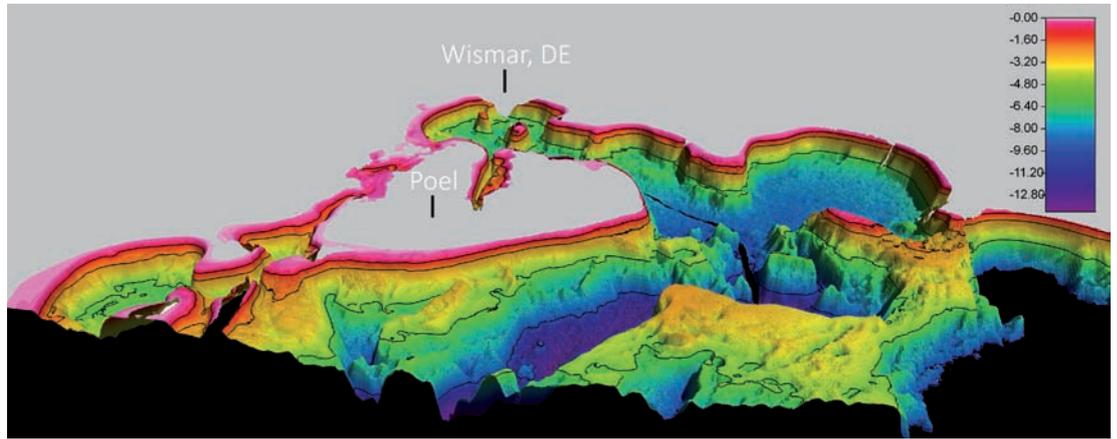


Fig. 3: Satellite-derived bathymetry grid for the shallow waters of Poel down to 10 m depth using satellite image data recorded in 2016

of-the-art for processing optical satellite image data (see Fig. 3).

Post-processing

Data cleaning, peak detection and QA/QC procedures are as important to shallow-water bathymetric grids as they are to LiDAR and acoustic point clouds. The post-processing cleans data sets for biased data, such as ship wakes, cloud shadows or wave breaking areas and distinguishes between shallow-water bathymetric information and information that cannot be interpreted in this way. Furthermore, information on vertical and horizontal displacement introduced by the water refraction are minimised and the bathymetric data are corrected to a relevant vertical datum (LAT). Parts of these steps can be automatised but a QA/QC procedure is an expert’s tasks which requires knowledge and relevant hydrographic software tools.

Results and use cases

The result of the SDB workflow is a bathymetric grid whose file formats are fully in line with other surveys and includes the bathymetric grid and metadata (ISO 19115).

The data coverage ranges from coastline to light extinction depth at time of the satellite image re-

ording (known as optically shallow-water zone). It is strongly depending on water clarity and as a rule of thumb is found to be in the range of 1 to 1.2 times Secchi disc depth. As already highlighted, a great advantage of SDB methods is the use of already archived data and the selection of an ideal image. This is of particular importance for areas with a high seasonal dynamic of turbidity and ice coverage. For example, for the Wadden Sea area classified as a high-turbid coastal zone it is possible to map down to 7 m to 9 m (below LAT) in good environmental conditions and selecting feasible data sets (see Fig. 4), and in the southern Baltic Sea region mapping can be done down to approximately 10 m (see table and Fig. 1).

Location	Maximum
Southern Baltic Sea	8 m to 10 m
Northern Baltic Sea	1 m to 3 m
North Sea, Wadden Sea area	7 m to 9 m
Caspian Sea	5 m to 10 m
Black Sea	3 m to 5 m
Red Sea	25 m to 30 m
Persian Gulf, southern Arabian countries	10 m to 15 m
Persian Gulf, northern Arabian countries	2 m to 10 m
Mediterranean Sea	20 m to 30 m

Since the last decade, SDB has been seen as an effective surveying tool. Motivations to consider SDB data sets differ depending on the final application as described below.

Use case: Access to historical data

Using archived image data allows creating historic topographic conditions. This information is of vital interest to understand the impact of human activities and/or natural disasters such as hurricanes and tsunamis. The arbitration of the United Nations Convention on the Law of the Sea between the Republic of the Philippines and the People’s Republic of China is one of special use cases where historic information was necessary. Access rights and responsibilities to certain areas in the South China Sea were disputed, especially on reefs which have significantly been reshaped by engineering

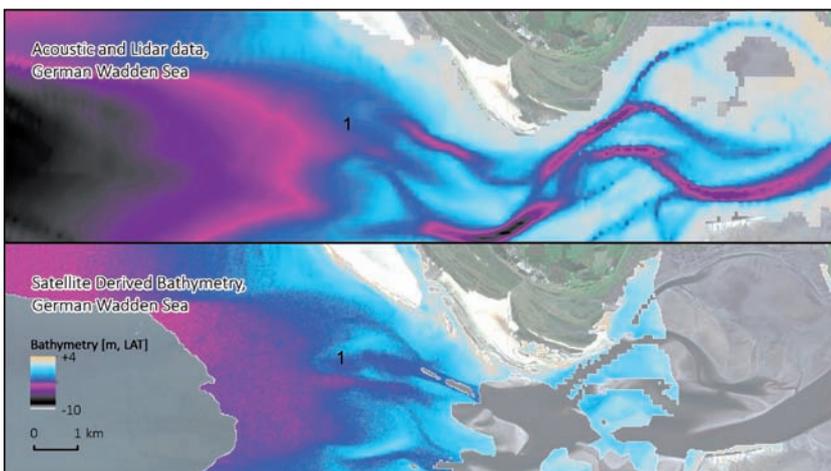


Fig. 4: Comparison of acoustic and LiDAR bathymetric data sets and a satellite-derived bathymetric grid for the German Wadden Sea area. It shows the validity and relatively deep mapping potential of the Wadden Sea area as well as the ability to identify movements of seabed topography

activities in the past years. The court required an objective view to shallow-water bathymetric data in order to understand the presence of historical low-tide features. These features determine the responsibilities and boundaries and are of high importance. EOMAP provided this data using SDB methods obtained in archived imagery and supplied strong arguments for this international court case (Permanent Court of Arbitration, 2016).

Use case: Integrated survey concept of SDB and acoustic methods

Although SDB can be seen as a stand-alone method the combination of SDB and acoustic survey methods form a powerful combination. The shallow-water areas of down to 5 m or 10 m are often not accessible for acoustic methods or require significantly higher survey efforts and costs. This is the depth range in which SDB methods work best and by combining acoustic and SDB survey methods a perfect data coverage from shore to deep can be obtained. The overlapping of SDB and acoustic methods can also serve to calibrate and validate SDB methods and thus provide detailed information on data quality of the derived SDB methods (Fig. 4). This concept has been successfully applied by the UK Hydrographic Office in the recent British Admiralty Chart BA 2066 of Southern Antigua.

EOMAP's SDB grid has been selected by the UKHO following a competitive exercise and is now an integrated part of the BA 2066 chart.

Future perspectives – Where are we heading?

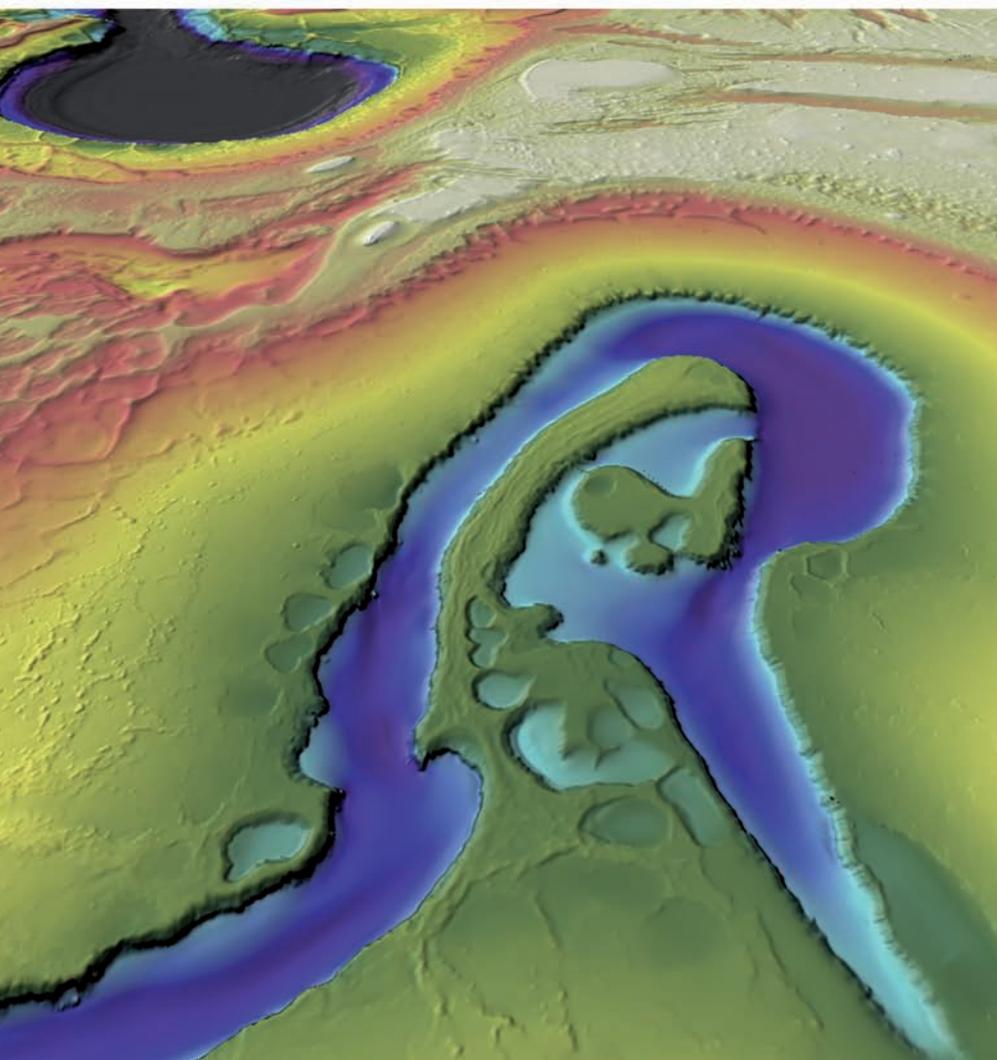
Over the intermediate term it is expected that satellite-derived mapping of the seafloor will continue to be increasingly accepted and integrated as a survey tool – as is now already the case for a number of innovative user groups. Certain developments still need to be done on how to best quantify uncertainties, standardised error budget, operationalise workflows and last but not least an international agreement on standards.

One likely technical development will be the multi-temporal and sensor-agnostic mapping approach which oversimplified means: Use all the image data which is available and do the best out of it. With the advances of cloud computing, physics based algorithms and an increasing selection of image data, this would be a natural evolution phase for satellite-derived bathymetry.

Parts of these future developments are currently co-funded by the European Commission in the frame of the EU Horizon 2020 BASE-platform project, which furthermore introduces other remote mapping solutions for the worlds ocean. 

References

- IHO (2016a): Status of Hydrographic Surveying and Charting Worldwide; IHO Publication C-55, Monaco, December 2016, 528 pp.
- IHO (2016b): The IHO-IOC GEBCO Cook Book; IHO Publication B-11, Monaco, December 2016, 429 pp.
- Permanent Court of Arbitration (2016) Case N° 2013-19. In the matter of the south China sea arbitration. An arbitral tribunal constituted under annex VII to the 1982 United Nations Convention on the Law of the Sea – between – the Republic of the Philippines – and – the People's Republic of China; URL: <https://pca-cpa.org/wp-content/uploads/sites/175/2016/07/PH-CN-20160712-Award.pdf>
- Siermann, Joris; Craig Harvey; Gareth Morgan; Thomas Heege (2014): Satellite derived Bathymetry and Digital Elevation Models (DEM); International Petroleum Technology Conference, Doha, Qatar
- Wettle, Magnus; Vittorio Ernesto Brando (2006): SAMBUCA – Semi-Analytical Model for Bathymetry, Un-mixing and Concentration Assessment; CSIRO, Clayton South Victoria, Australia



40+

YEARS OF HYDROGRAPHIC EXPERIENCE

Fugro's hydrographic and geophysical surveys inform energy, construction and mining projects around the world.

Our high resolution, large area multibeam surveys - facilitated by Fugro's precise positioning services - deliver IHO compliance, whilst our desktop studies and detailed surveys of cable routes, pipelay and subsea infrastructure, enhance the safety and efficiency of your project.

Fugro Germany Marine GmbH
+49 4212 239150
info-fgmg@fugro.com
www.fugro.com

Sea state from high-resolution satellite-borne SAR imagery

An article by ANDREY PLESKACHEVSKY, STEFAN WIEHLE, SVEN JACOBSEN, CLAUS GEBHARDT, BJÖRN TINGS, EGBERT SCHWARZ, DETMAR KRAUSE, THOMAS BRUNS and JENS KIESER

The Sea State Processor (SSP) was developed for fully automatic processing of high-resolution Synthetic Aperture Radar (SAR) data from TerraSAR-X (TS-X) satellites and implemented into the processing chain for Near Real Time (NRT) services in the DLR ground station »Neustrelitz«. The NRT chain was organised and tested to provide the processed data to the German Meteorological Service (DWD) in order to validate the new coastal forecast model CWAM (Coastal WAVE Model) in the German Bight of the North Sea with 900 metre horizontal resolution. The NRT test-runs, wherein the processed TS-X data were transferred to DWD and then incorporated into forecast products reach the best performance about 10 minutes for delivery of processed TS-X data to DWD server after scene acquisition.

Remote sensing | Oceanography | Coastal processes | Sea state | NRT | Forecast

1 Introduction

The estimation of marine and meteorological parameters is an important task for operational oceanographic services. In comparison to in-situ buoy measurements at a location, remote sensing allows to cover large areas and to estimate the spatial distribution of investigated parameters. The spatial validation of forecast data, e.g. sea state and surface wind, by remote sensing can significantly improve the forecast quality and help explain natural phenomena beyond ordinary circumstances such as storm front propagation, local wind gusts and occurrence of wave groups with extreme wave height (Pleskachevsky et al. 2012).

Dependent on resolution and coverage, the remote sensing data are applied in three ways:

- Comparison with already simulated processes (hindcast) to study different weather conditions (e.g. storms) in order to improve the model physics and parameterisation.
- Forecast validation: the remote sensing data are processed in Near Real Time (NRT), immediately transferred to weather services to be displayed together with the actual forecast (e.g. sea state) for a comparison.
- Assimilation of the data in the model runs: e.g. wave forecast model input is modified using the remote sensing data.

The intensive traffic for construction and maintenance at offshore facility sites such as wind farms in the German Bight requires an improvement in forecast accuracy. A wave height H_5 of less than 1.3 m is required for ships to be able to dock at offshore construction sites. In case H_5 exceeds 1.3 m, disembarking can be too hazardous and the transport ship has to return to the harbour. Such operations are planned in advance and inaccurate predictions cause high additional costs. For this reason, users (e.g. shipping companies) request an improvement of sea state prediction in the significant wave height H_5 in range of 0.5 m to 2 m.

In order to improve the forecast in coastal areas of the German coast, the 900-m high-resolution Coastal Wave Model (CWAM) for the German Bight and the western Baltic Sea has been developed by DWD and BSH (German Maritime and Hydrographic Agency) (Kieser et al. 2013).

CWAM is based on the Wave Model (WAM) and complements the series of wave models consisting of the Global Wave Model (GWAM) and the European Wave Model (EWAM) which are operated by the DWD. The wave CWAM model was coupled to the circulation model of the BSH which uses the same bathymetry grid. The purpose of this modification was to improve the forecast quality especially near the coasts, where the bathymetry varies greatly in space (see Fig. 1).

The objective of this paper is to develop an algorithm and processor to estimate meteo-marine parameters from satellite-borne SAR data allowing for strict distinction of waves in H_5 domain of 0 m to 2 m with decimetre accuracy for highly variable coastal environments. The processed data are transferred to DWD and incorporated for CWAM model validation. The development includes three tasks:

- Designing an empirical algorithm-function XWAVE_C (C = coastal) using the approach of a direct estimation of integrated sea state parameters from SAR image spectra without transformation into wave spectra. This approach was chosen because of the need for robust rapid data processing which does not involve the time for sophisticated and long mathematical iterations for the transformation and must work for all cases (swell, short wind sea, their combinations). As the model-function estimates the wave height correctly when the analysed scene includes the »pure« sea state, a series of filtering procedures should be included to consider artefacts such as ships, seamarks, currents fronts, etc.: before analysis, function terms and post-processing check of results.

Authors

Dr. Andrey Pleskachevsky is scientist at DLR Maritime Safety and Security Lab in Bremen, Germany.

andrey.pleskachevsky@dlr.de

Dr. Stefan Wiehle, Dr. Sven Jacobsen, Claus Gebhardt and Björn Tings: DLR Maritime Safety and Security Lab in Bremen, Germany; Egbert Schwarz and Detmar Krause: DLR German Remote Sensing Data Center, Neustrelitz, Germany; Dr. Thomas Bruns and Dr. Jens Kieser: German Meteorological Service (DWD), Hamburg, Germany.

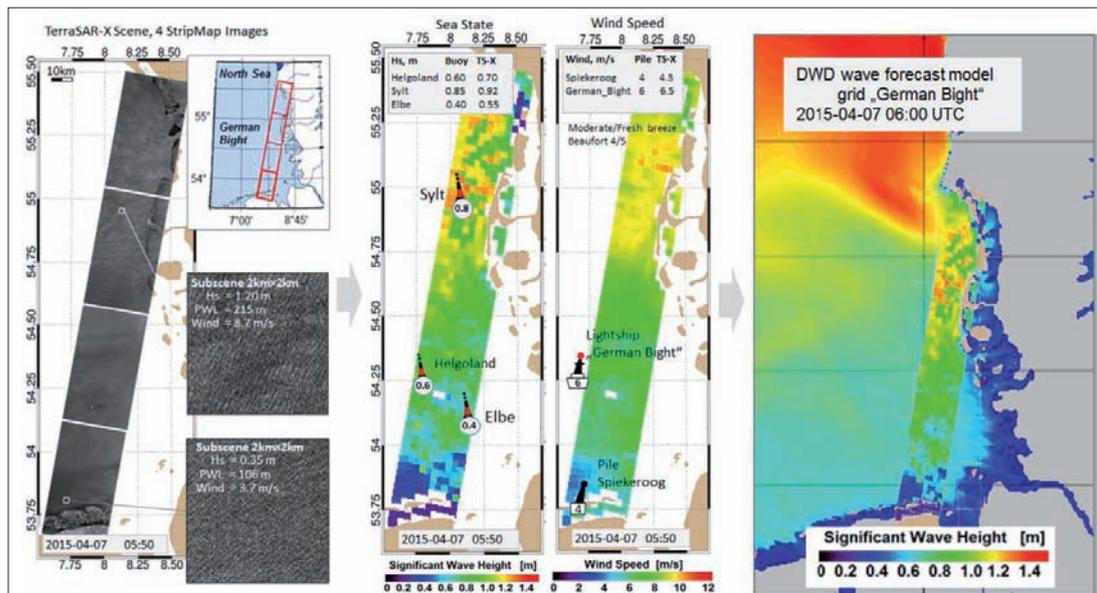


Fig. 1: An example of TerraSAR-X scene processing and implementation for forecast validations: Meteo-marine parameters (Total Significant Wave Height H_s and surface wind speed U_{10}) processed with $3\text{ km} \times 3\text{ km}$ posting using Sea State Processor from TS-X StripMap scene acquired over the German Bight of the North Sea on 07.04.2015. Local wind speed is estimated using the XMOD-2 algorithm for the same subscenes analysed. The collocated measurements represent the H_s in metre for wave rider buoys and the wind speed U_{10} in $\text{m}\cdot\text{s}^{-1}$ for lightships and piles are also shown. The local variabilities in wave field are observed by overlaid of TS-X derived H_s over CWAM (Coastal Wave Model) model results of DWD

This study was supported by DLR Space Agency with project DeMARINE-2 Seegangsmonitor and by BMVI (German Federal Ministry of Transport and Digital Infrastructure) with project »Development of Sea-State-Monitor to improve Sea State prediction systems« N 97.0304-2012

- Integrating the XWAVE_C model function, wind estimation algorithms, filtering and checking procedures into a Sea State Processor (SSP) for automatic raster processing software. The SSP was installed in the NRT processing chain at the satellite ground station »Neustrelitz«. It includes also a parameter-based user interface and sequentially performs stable raster analysis of multiple TS-X images.
- Organisation and testing the NRT chain »from acquisition to validation«, wherein the TS-X data were automatic processed, transferred to DWD and then incorporated into forecast products. Ordering, collecting and processing the data; analysis of results, verifications.

2 Data sources

For sea state processing the X-band data from TS-X and its twin TD-X were used. TS-X (launched in 2007) and TD-X (launched in 2009) operate from 514 km height at a sun-synchronous orbit with a ground speed of $7\text{ km} \cdot \text{s}^{-1}$ (15 orbits per day). They operate with a wavelength of 31 mm and a frequency of 9.6 GHz. The repeat-cycle is 11 days, but the same region can be imaged by different incidence angles after three days, dependent on scene latitude. The TS-X data used for this study are Multi-Look Ground Range Detected (MGD) standard products with pixel spacing of 1.25 m for StripMap mode (resolution of 3 m). The collected and analysed data consist of more than 150 scenes acquired over German Bight. Fig. 2. presents the concept for the TS-X data ordering in German Bight in domain of DWD CWAM wave forecast model domain and collocated with six available measurement stations.

3 Sea state estimation from TerraSAR-X images

It is known from statistics that the wave height in range of 0 m to 2 m in the German Bight is presented mostly by local short windsea with wavelengths $< 100\text{ m}$. These waves are often well spread in frequency and direction and do not represent ordered long wave crests like swell. In StripMap TS-X SAR images such waves are either invisible (wavelength $L < \sim 50\text{ m}$), producing image noise, or barely visible ($\sim 50\text{ m} < L < \sim 100\text{ m}$), producing non-linear distortions in form of defocusing

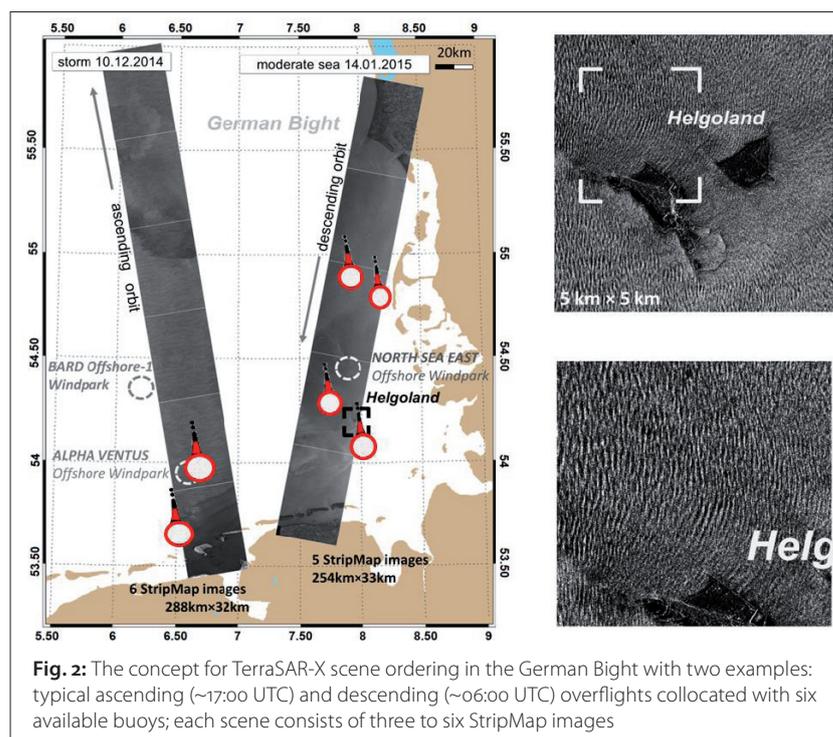


Fig. 2: The concept for TerraSAR-X scene ordering in the German Bight with two examples: typical ascending ($\sim 17:00\text{ UTC}$) and descending ($\sim 06:00\text{ UTC}$) overflights collocated with six available buoys; each scene consists of three to six StripMap images

streaks. The contribution of such »unstructured« waves for total significant wave height is in the order of 0 m to 1.5 m and is usually neglected for global ocean applications where mainly long waves are investigated. For coastal application, especially these short-crest waves and their contribution and their SAR imaging are investigated and considered in the model function in order to achieve the required accuracy (Fig. 3).

For deep water, an empirical XWAVE model function for obtaining integrated wave parameters has already been developed for X-band data (Bruck 2015). XWAVE was based on the analysis of image spectra and uses parameters fitted with collocated buoy data and information on spectral peak direction and incidence angle. The main parameter is the integrated value of the directional wave number Image Spectrum (IS) E_{IS} .

$$E_{IS} = \int_{k_x^{min}}^{k_x^{max}} \int_{k_y^{min}}^{k_y^{max}} IS(k_x, k_y) dk_y dk_x \quad (1)$$

where $IS(k_x, k_y)$ is the Image Power Spectrum in wavenumber domain (y = satellite flight direction, x = to-satellite direction) with $k^{max} = \pi / (\text{subscene_size})$. $IS(k_x, k_y)$ is obtained by using FFT on a subscene of the radiometrically calibrated TS-X/TD-X intensity image. The integration domain is limited by the maximal wavelength $L_{max} = 600$ m corresponds to $k_{min} = 0.01$ in order to avoid the effects of wind streaks signal produced by turbulent boundary layers (1) and by minimal wavelength $L_{min} = 30$ m correspond to $k_{max} = 0.2$ to avoid SAR

image distortions from short sea surface waves and wave breaking streaks entering the domain 0 m to 30 m (2).

The XWAVE algorithm was tuned using data acquired over NOAA buoys in open oceans worldwide and in the northern part of the North Sea where measurements near oil platforms (e.g. EKOFISK) are available. XWAVE is capable to estimate integrated wave parameters with Scatter Index $SI_{H_S}^{XWAVE/BUOY} = 21$ % for waves in the range about 2 m to 15 m wave height with a mean value of 3.6 m (averaging over times of acquisitions) and $SI_L^{XWAVE/BUOY} = 13$ % for wavelengths in the range 80 m to 600 m with a mean value of 240 m (Bruck 2015). These results are more than satisfactory for open seas and for a global analysis. However, applied for short and steep sea state in the German Bight, the algorithm results in strong overestimation of wave height by a series of signals unknown to the algorithm for moderate conditions with H_S in the range of 0.2 m to 3 m in coastal shallow waters (Wadden Sea).

The original XWAVE approach has been extensively validated and adopted for coastal sea state. The connections of errors with spectral parameters have been established and explained. The parameters which turned out to be the most important are: U_{10} – local wind speed using XMOD-2 algorithms (Li and Lehner 2013); the ratio $R^{in/out} = N_S^{in}/N_S^{out}$ that indicates the character of non-linearity of the imaging mechanism and the ratio $R^{E30/E400} = E^{30}/E^{400}$ indicates the relation of energy from real long waves (80 m to 400 m) to noise energy produced by streak-structures (30 m to 80 m) in case of appearing non-linear effects (the local wind speed U_{10} helps to separate them from local short windsea). An explanation for $R^{in/out}$ is illustrated in Fig. 4 where an example for three similar sea states travelling in different directions (peak wavelength PWL ~70 m to 100 m) is shown.

E^{30} integrated energy of a spectrum annulus corresponds to wavelength 30 m to 80 m.

E^{400} integrated energy of a spectrum annulus corresponds to wavelength 80 m to 400 m.

N_S^{in} spectrum noise in domain inside of so-called azimuthal cut-off wave number.

N_S^{out} spectrum noise in domain outside of so-called azimuthal cut-off wave number.

The retuned and extended XWAVE_C function for coastal application is presented by the equation:

$$H_S^{XWAVE_C} = a_1 \sqrt{B_1 E_{IS} \tan(\Theta)} + a_2 B_2 + a_3 B_3 + a_4 B_4 + a_5 B_5 \quad (2)$$

where a_1 to a_5 are coefficients (constants) and B_1 to B_5 are functions of spectral parameters. The first two terms represent positive contributions in wave height (spectral energy due to long waves and wind offset due to short wind waves not visible by SAR) and the last three are negative deductions for the elimination of different kinds of

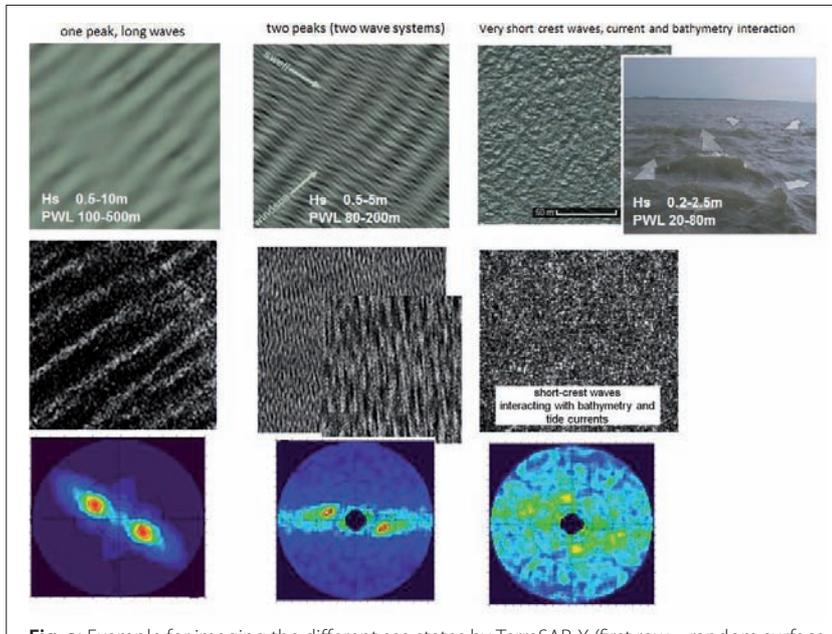


Fig. 3: Example for imaging the different sea states by TerraSAR-X (first row – random surface simulation from wave spectra and a cut from Google Earth image over German Bight). Well imaged long waves (low wind), the shape of image spectra approaching the form of wave spectra (left). Windsea covers the long waves by amount of short-crest waves: defocusing structures from short and fast moving targets covers swell (middle). Typical short sea state in coastal area of German Bight (right): Very short wave crests present a large number of small, nonstable, fast and chaotically moving targets. Such a sea state in range of 0 to 1.5 m H_S is typically imaged as a noise with a hardly recognised wave pattern. However, the noise properties are connected to wave crests amplitudes and speed

outliers. B_1 represents noise scaling of the total energy E_{Σ} (short wind waves and their breakings produce an additional noise that influences resulting energy, $B_1 = x_0 R^{in/out}$ with x_0 tuned using collocated buoy data). The second term $a_2 B_2$ represents wind impact with $B_2 = U_{10}$. However, a_2 is found to be not a unique constant; for strong wind $U_{10} > 19 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$ a_2 is modified to express the transition of wave regime into strong breaking and flying water particle targets (Beaufort 9). The terms $a_3 B_3$ and $a_4 B_4$ are corrections for eliminating the impact of short (e.g. wave breaking induced) and long wavelength (e.g. wind streaks) structures in the SAR image, respectively. These structures result in spectral peaks and diffused spectra energy not directly connected to the sea state: $B_3 = R^{E_{30}/E_{400}}$ and $B_4 = E^{600}$. The last term $a_5 B_5$ with $B_5 = E_K$ is a correction for outliers produced by extra-large structures like sandbanks or ship wakes which have not been pre-filtered.

The TS-X scenes were processed with $3 \text{ km} \times 3 \text{ km}$ posting ($\sim 10 \times 15 = \sim 150$ subscenes per image). The collocations were considered within a time window of ± 10 minutes for comparison with model data and ± 20 minutes for buoys (slightly varying recording period). The local comparison of the TS-X estimated wave height with in-situ buoy measurements was conducted for six stations in the German Bight (Fig. 6). The scatter index $SJ^{TSX/BUOY} = 20\%$ was obtained for all collected data (for tuning data until December 2014 and as well for residual data verification).

4 Sea state processor for practical use

All operations are integrated into the Sea State Processor (SSP) developed for both HH and VV polarisation. The SSP is developed in C++ code and performs the following steps (Fig. 7):

- Step 1: reading and calibrating the SAR image, reading User Control parameters and GMF parameters;
- Step 2: selection of a subscene and pre-filtering (removing image intensity artefacts like ships, buoys, etc., based on local intensity statistics);
- Step 3: calculation of XMOD-2 wind;
- Step 4: spectral analysis of the subscene (FFT, integration and spectral parameters);
- Step 5: wave height estimation using XWAVE_C GMF (SSP core);
- Step 6: control of results using wind speed and integrated spectral parameters (e.g. long structures like sand banks produce high spectral values in domain $k < 0.01$ and can be separated) and generating outputs.

The SSP was installed at the ground station »Neustrelitz« (Pleskachevsky et al. 2015; Schwarz et al. 2015) to provide an operational service and has been tested. The delivery of NRT products from »Neustrelitz« to the user (e.g. DWD) occurs by e-mail and by FTP transfer. For the common users, a file with the data (lon, lat, H_s), the Google Earth

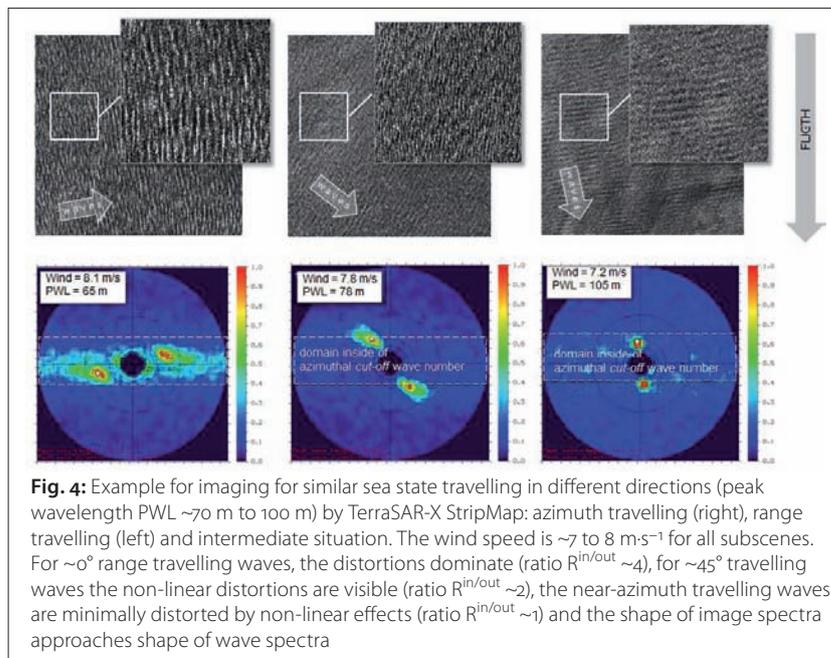


Fig. 4: Example for imaging for similar sea state travelling in different directions (peak wavelength PWL ~ 70 m to 100 m) by TerraSAR-X StripMap: azimuth travelling (right), range travelling (left) and intermediate situation. The wind speed is ~ 7 to $8 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$ for all subscenes. For $\sim 0^\circ$ range travelling waves, the distortions dominate (ratio $R^{in/out} \sim 4$), for $\sim 45^\circ$ travelling waves the non-linear distortions are visible (ratio $R^{in/out} \sim 2$), the near-azimuth travelling waves are minimally distorted by non-linear effects (ratio $R^{in/out} \sim 1$) and the shape of image spectra approaches shape of wave spectra

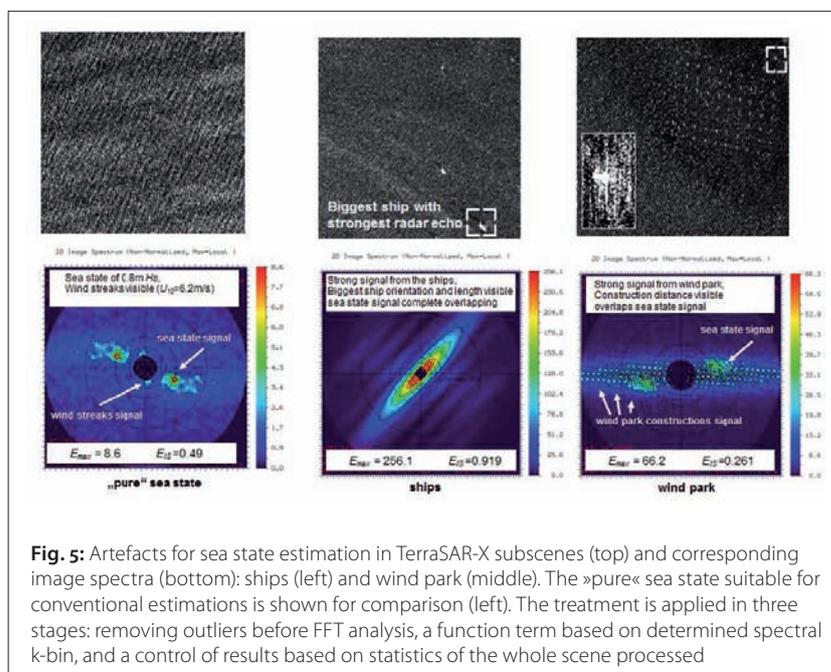


Fig. 5: Artefacts for sea state estimation in TerraSAR-X subscenes (top) and corresponding image spectra (bottom): ships (left) and wind park (middle). The »pure« sea state suitable for conventional estimations is shown for comparison (left). The treatment is applied in three stages: removing outliers before FFT analysis, a function term based on determined spectral k-bin, and a control of results based on statistics of the whole scene processed

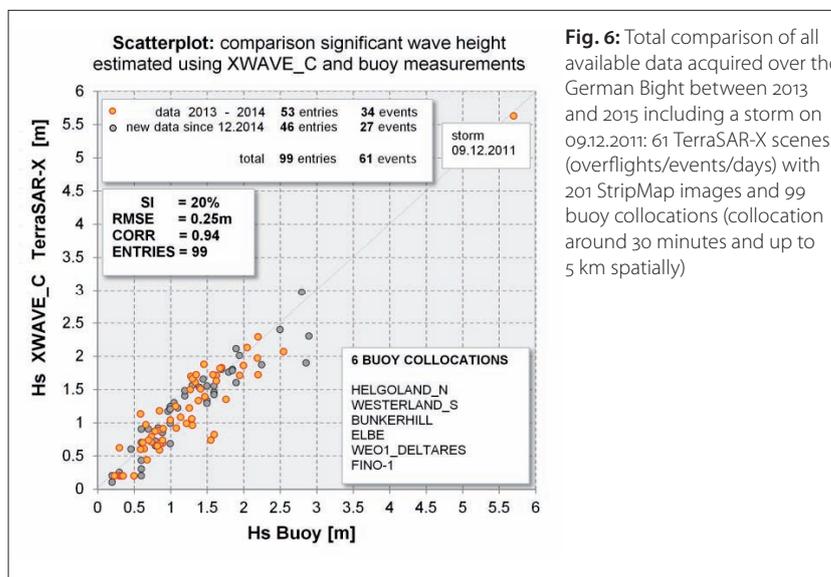


Fig. 6: Total comparison of all available data acquired over the German Bight between 2013 and 2015 including a storm on 09.12.2011: 61 TerraSAR-X scenes (overflights/events/days) with 201 StripMap images and 99 buoy collocations (collocation around 30 minutes and up to 5 km spatially)

References

Bruck, Miguel (2015): Sea State measurements using TerraSAR-X / TanDEM-X data, PhD Thesis, University of Kiel
 Kieser, Jens; Thomas Bruns; Arno Behrens; Susanne Lehner; Andrey Pleskachevsky (2013): First Studies with the High-Resolution Coupled Wave Current Model CWAM and other Aspects of the Project Sea State Monitor; Proceedings 13th International Workshop on Wave Hindcasting and 4th Coastal Hazard Symposium, 27 October to 1 November 2013, Banff, Canada
 Li, Xiao Ming; Susanne Lehner (2013): Algorithm for sea surface wind retrieval from TerraSAR-X and TanDEM-X data; Transactions on Geoscience and Remote Sensing, Vol. 99, 13 p.
 Pleskachevsky, Andrey; Susanne Lehner; Wolfgang Rosenthal (2012): Storm Observations by Remote Sensing and Influences of Gustiness on Ocean Waves and on Generation of Rogue Waves; Ocean Dynamics, Vol. 62, No. 9, pp. 1335–1351
 Pleskachevsky, Andrey; Wolfgang Rosenthal; Susanne Lehner (2016): Meteo-Marine Parameters for Highly Variable Environment in Coastal Regions from Satellite Radar Images; ISPRS Journal of Photogrammetry and Remote Sensing, Vol. 119, pp. 464–484
 Schwarz, Egbert; Detmar Krause; Matthias Berg; Holger Daedelow; Holger Maass (2015): Near Real Time Applications for Maritime Situational Awareness; Proceedings 36th International Symposium on Remote Sensing of Environment, 11 to 15 May 2015, Berlin, German Remote Sensing and Spatial Information Sciences, Vol. XL-7/W3, 6p

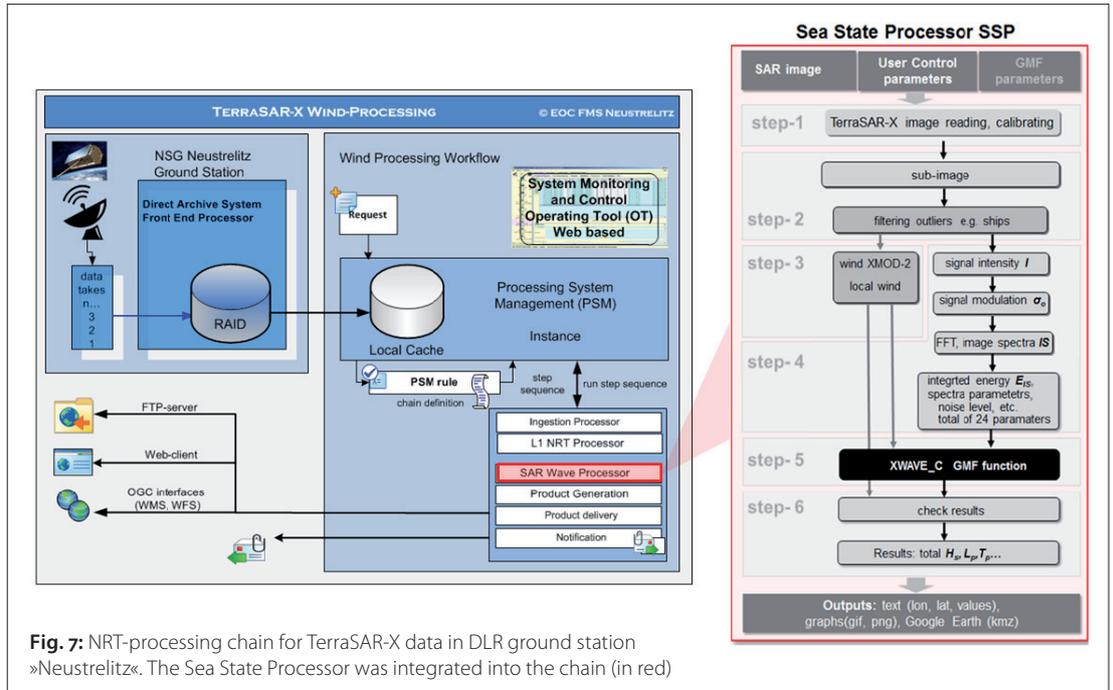


Fig. 7: NRT-processing chain for TerraSAR-X data in DLR ground station »Neustrelitz«. The Sea State Processor was integrated into the chain (in red)

file (.kmz) to preview the image file (.jpg) with colour-coded wave heights are provided (Fig. 8). For example, a TS-X StripMap acquired over the German Bight on 15.07.2015 at 05:51 UTC was NRT processed in the ground station »Neustrelitz« using the installed SSP. At 07:04 UTC, the results (file includes geo-coordinates with H_5 values) had been transferred to DWD and automatically overlaid on their CWAM forecast wave height map of 06:00 UTC. This validation shows the local variation and differences in sea state in comparison to predictions, e.g. a long Scharhörnlplate-sandbar near Scharhörnlisland was partially dry (no waves) while in the model prediction the bar was wet with $H_5 \sim 0.5$ m.

5 Summary

The XWAVE_C algorithm to derive meteo-marine parameters from X-band SAR data was developed

for coastal applications particularly by taking into account the short-wave sea state with a non-conventional imaging mechanism. It was found that the parameters of short-wave sea states with a hardly visible imaged wave pattern can be estimated based on a combination of local wind information and the properties of image spectrum noise. An NRT version of the Sea State Processor was made operational (Pleskachevsky et al. 2016; Schwarz et al. 2015) and processed data were provided in a test mode for the validation of forecast Wave Model CWAM of the German Weather Service in the German Bight in order to support and improve the predictions in coastal areas and at offshore constructions. The SSP processor is now extended for Sentinel S-1 C-band data and has been tuned for the worldwide application to estimate sea state from VV S-1 IW-mode images. [↕](#)

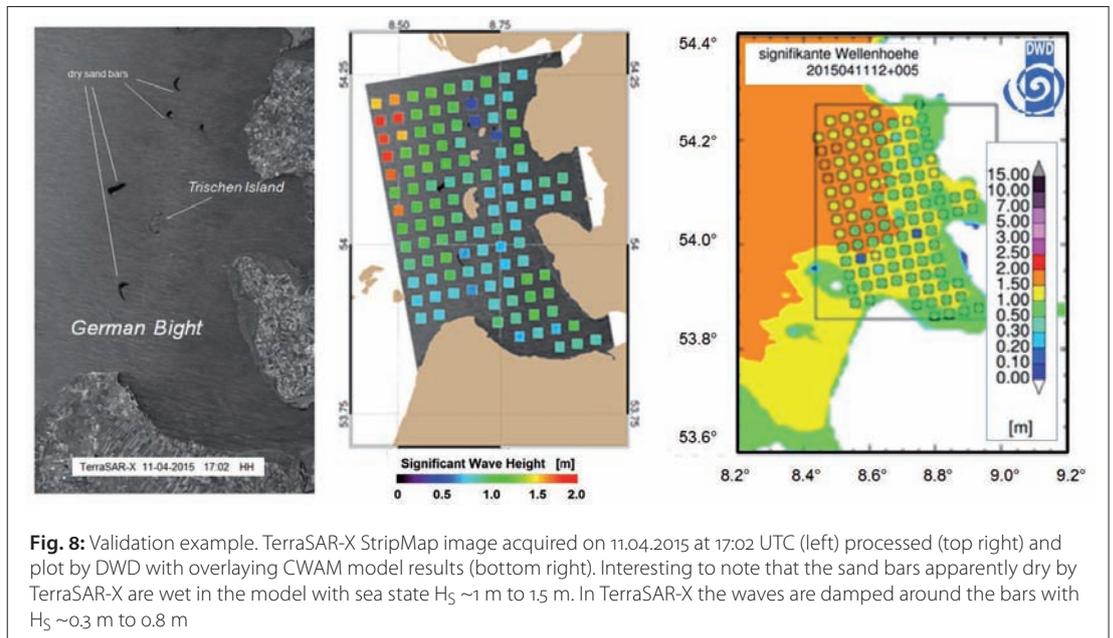


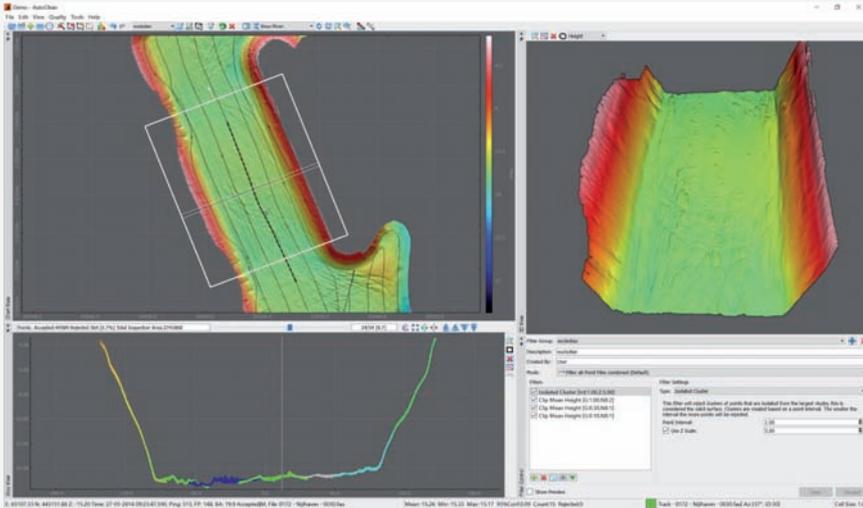
Fig. 8: Validation example. TerraSAR-X StripMap image acquired on 11.04.2015 at 17:02 UTC (left) processed (top right) and plot by DWD with overlaying CWAM model results (bottom right). Interesting to note that the sand bars apparently dry by TerraSAR-X are wet in the model with sea state $H_5 \sim 1$ m to 1.5 m. In TerraSAR-X the waves are damped around the bars with $H_5 \sim 0.3$ m to 0.8 m



AutoClean

Cleaning tool for Bathymetric and Lidar point clouds

Cleaning and validating survey results the easy way!



Product Highlights

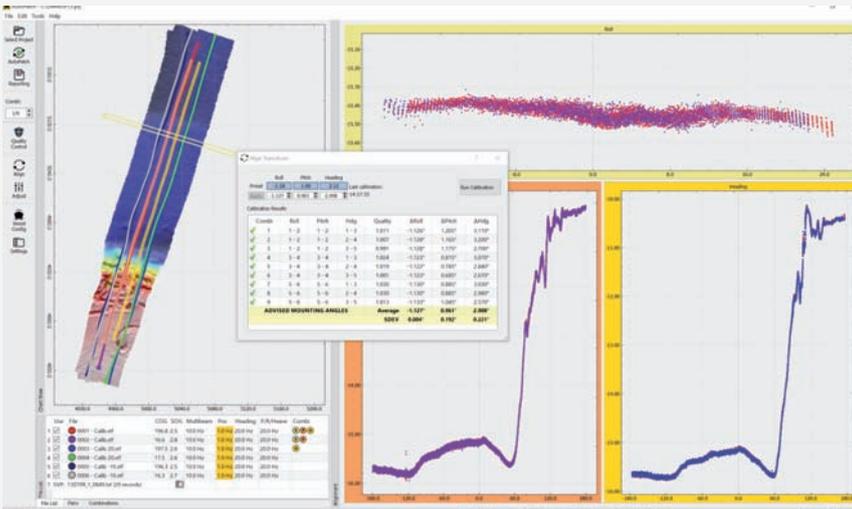
- High Speed Automatic Cleaning using spatial and statistical methods
- Manual Interactive Cleaning in 2D Slice or 3D View
- Supports import/export to various file formats, e.g. FAU/GSF/ALL/LAS/LAZ/Hypack HS2X)/ASCII/Grids/PDS
- Respects the point status as flagged by the acquisition software
- Stand-alone application, that will integrate in every workflow due its flexible imports and exports



AutoPatch

Fully Automated Multibeam Patch Test Calculation

Your calibration report is just a click away!



Product Highlights

- Calculates Roll/Pitch/Heading mounting angles, various latencies, transducer offset shifts
- Automatic line and area selection
- Extensive calibration report
- Exact calculation algorithms, using full raytracing
- Supports XTF, Hypack HSX, kongsberg ALL, Teledyne PDS Format
- Calculates the best-fit result from multiple survey lines

Official BeamworX Distributor for Germany

BeamworX

Hydrographic Software & Consultancy

WWW.BEAMWORX.COM

M·B·T

UNDERWATER TECHNOLOGY

www.m-b-t.com

Hydrographische Inhalte auf Stabkarten

Stabkarten zur Navigation im Seegebiet der Marshallinseln/Mikronesien im Pazifik

Ein Beitrag von INGO HENNINGS

Insulaner der Marshallinseln/Mikronesien im Pazifik benutzten Gitterwerksignaturen auf Stabkarten als Orientierungshilfe zur Navigation. Exemplarisch werden zwei Stabkarten (*Medos*) mit Gitterwerksignaturen von charakteristischen Dünungswellen gezeigt. Knotenlinien oder *okar* werden durch Interferenzen von Dünungswellenablenkungen von Atollen und Inseln erzeugt. Durch die Approximation eines Atolls oder einer Insel in Form eines Wellenbrechers werden Interferenzmuster mathematisch durch die Theorie der Beugung/Diffraktion erklärt. Diese Charakteristiken von Wasserwellen können im 19. Jahrhundert als eine der ersten historischen Untersuchungsobjekte der Hydrographie betrachtet werden.

Autor

Dr. Ingo Hennings ist Wissenschaftler am Geomar Helmholtz-Zentrum für Ozeanforschung in Kiel.

ihennings@geomar.de

Danksagung

Heide Lienert-Emmerlich vom Kieler Stadt- und Schiffahrtsmuseum danke ich für Hinweise und Dokumente zu den Kieler Stabkarten. Bei Anna-Maria Brandstetter von der Johannes-Gutenberg-Universität Mainz bedanke ich mich für die Dokumente zum Ankauf der Rittscher-Objekte in Mainz.

Marshallinseln | Stabkarte | Navigation | Diffraktion | Interferenz

1 Einleitung

Heutzutage wird davon ausgegangen, dass die Insulaner im Pazifik vor dem Kontakt mit den Europäern kein Navigationsinstrument im heutigen Sinne benutzt haben (Finney 1998). Die traditionelle Grundlage zur Navigation auf den Marshallinseln/Mikronesien war ein Gitterwerk aus Stäben. Diese sogenannten Stabkarten wurden bei Fahrten zwischen den Atollen und Inseln nicht mit an Bord genommen; sie dienten ausschließlich als Gedächtnisstützen und als Lehrkarten (*mattang*). Aus mündlichen Überlieferungen stellte sich heraus, dass bestimmte Signaturen auf Stabkarten einen Bezug zur Hydrographie und Ozeanographie aufweisen. Die wissenschaftstheoretische Betrachtung von Hydrographie wird in einem Artikel von Schiller (2015) hinterfragt und diskutiert. Demnach gehören nach Schiller (2015) unter anderem auch Charakteristiken von Wasserwellen zu den Untersuchungsobjekten der Hydrographie.

Signaturen auf Stabkarten werden als Interferenzmuster von Dünungswellen gedeutet. Die Interferenz durch Beugung/Diffraktion auf praktisch allen Wellenlängenskalen λ von $-15 \text{ m} \leq \log_{10} \lambda \leq 25 \text{ m}$ können durch Anwendung hydrodynamischer Modelle an einem Doppelspalt erzeugt werden (Grössing 2000).

Zum besseren Verständnis der traditionellen Navigation in Ozeanien ist die Verknüpfung mit der Ethnologie unerlässlich (Hennings 2015; 2017). Die Symbiose von Hydrographie und Ethnologie wird beispielhaft anhand der Weltumseglung der »Gazelle« von 1874 bis 1876 deutlich (Hübner 2008). Das Segelschiff »Gazelle«, als Vollschiff getakelt, war ein Kriegsschiff mit zusätzlichem Dampfmaschinenantrieb. Kommandant der »Gazelle« war Georg Emil Gustav Freiherr von Schleinitz (1834 bis 1910). Aufgrund hydrographischer Vermessungen von Bord der »Gazelle« wurden wesentliche Verbesserungen der damaligen Seekarten vorgenommen. Die »Gazelle« besuchte im Jahre 1875 die Inselgruppe von Neubritannien im Bismarck-

Archipel von Melanesien des Pazifischen Ozeans. Schleinitz konnte von dort eine große und bedeutende ethnographische Sammlung zusammentragen, die dem damaligen Berliner Königlichen Museum übergeben wurde. Nach der Rückkehr der »Gazelle«, im Jahre 1876, wurde Schleinitz in den Vorstand des Hydrographischen Amtes der Admiralität berufen und Mitglied des Generaldirektoriums der Vermessungen im preußischen Staat.

Wie dieses Beispiel zeigt, sind in der Vergangenheit schon kombinierte, weltweite Expeditionen zur Hydrographie und Ethnologie durchgeführt worden. Bis heute erweist sich die Zusammenarbeit von Hydrographen und Ethnologen für die Erforschung von einheimischem Wissen bezüglich Navigationstechniken als unbedingt erforderlich. In dieser Untersuchung werden speziell die hydrographischen Inhalte von Stabkarten der Marshallinseln in Mikronesien dargestellt. Die Stabkarten der Mikronesier werden im *Lexikon der Geowissenschaften* (2003) als erste Spezial-Seekarten angesehen. Weis (2016) diskutiert sogar die Anwendbarkeit der Navigation der Polynesier in der heutigen Berufsschiffahrt.

In den Jahren zwischen 1879 und 1882 gelangten erste Stabkarten nach Europa und Deutschland (Schück 1902). Sogar Bittgesuche und Wunschlisten, sogenannte Desiderata, wurden von den Museen und Kultusministerien der deutschen Länder an die Kaiserliche Marine gerichtet, um ganz bestimmte Ethnografika zu suchen und zu bekommen. Ein Beispiel ist die Denkschrift über Desiderata des Königlichen Ethnographischen Museums zu Dresden von ca. 1883. Dort heißt es im Kapitel über Mikronesien: »Auch eine Copie der Strickkarte – gemeint ist eine Stabkarte – welcher sich der König der Marshall Inseln zu seinen Inselfahrten bedient, ist eventuell zu acquiriren« (Hübner 2008).

Stabkarten sind bisher nur von den Marshallinseln bekannt. Die Beobachtungen der Mikronesier von Wellenmustern in der Nähe von Atollen und Inseln in Verbindung mit Refraktion und Diffrakti-

on sind nach dem Zweiten Weltkrieg beispielsweise von Arthur (1951) untersucht und beschrieben worden. Nach Bekanntwerden von Ergebnissen der Wellen- bzw. Seegangsvorhersage für die alliierte Invasion während des Zweiten Weltkrieges auf die italienische Insel Sizilien im Mittelmeer ab dem 10. Juli 1943 begannen Untersuchungen zu diesem Thema insbesondere im Jahre 1944. Weitere Hintergründe und Literaturangaben über die Navigation mit Stabkarten auf den Marshallinseln sind beispielsweise in Hennings (1999) zu finden. Insbesondere neue Sichtweisen bezüglich indigener Navigationstradition werden von Hennings (2015) aufgezeigt.

In Kapitel 2 werden Interferenzmuster von zwei ausgewählten Stabkarten beschrieben. Die Theorie der Wellenbeugung/Diffraktion an einer Insel oder einem Atoll, approximiert durch einen vereinfachten Wellenbrecher, wird in Kapitel 3 präsentiert. Abschließend folgen in Kapitel 4 die Diskussion der Ergebnisse und der Ausblick.

2 Interferenzmuster auf Stabkarten

Es werden Signaturen von zwei Stabkarten beschrieben, die anhand der Gitterwerke mit Verbindungsstäben, als Interferenzmuster von Dünungswellen gedeutet werden, welche an Atollen oder Inseln gebeugt/diffraktiert werden.

Die Stabkarte aus dem Völkerkundemuseum in Leiden/Niederlande gehört zu einer der ersten, die nach Europa und ca. 1882 nach Leiden gekommen ist. Sie wurde auf Ailinglapalap (siehe Abb. 1) hergestellt. Die Stabkarte der Kieler Südseesammlung gehört zu einer ganzen Serie von Stabkarten-Modellen, die auf den Marshallinseln auftragsmäßig angefertigt und durch Rittscher an viele Museen in Europa, unter anderem auch nach Mainz, verkauft oder verschenkt wurden (Brandstetter 2015). Die Kieler Stabkarte wurde 1903 auf Jaluit angefertigt, wie auch die aus Mainz.

Einen Überblick der geographischen Lage der Marshallinseln in Mikronesien im Pazifischen Ozean mit den Namen der Atolle und Inseln der westlichen Ralik-Kette und östlichen Ratak-Kette ist in Abb. 1 gezeigt.

2.1 Stabkarte (Medo) des Museums für Völkerkunde in Leiden

Die Stabkarte in Abb. 2 zeigt die Atolle und Inseln der südlichen Ralik-Kette. Über die Deutung dieser Stabkarte schreibt Schück (1884, S. 241–242) Folgendes:

»Eine dieser, bis jetzt in Europa anscheinend nur in Leyden und Hamburg vorhandenen Karten, ist durch Herrn Schiffskapitän T. Rohlf's, der vor einigen Monaten von den Marshallinseln nach Europa zurückkehrte, dem Leydener Museum geschenkt worden – Dieser Medo (...) ist auf Ailinglapalap (d. h. sehr grosses Land, die Oda oder Elmore Gruppe) wahrscheinlich i. J. 1880, durch Vermittlung des dortigen europäischen Agenten der Firma Hensheim & Co. gekauft; in Jaluit frag Kap. Rohlf's den sogenannten König der Marshall

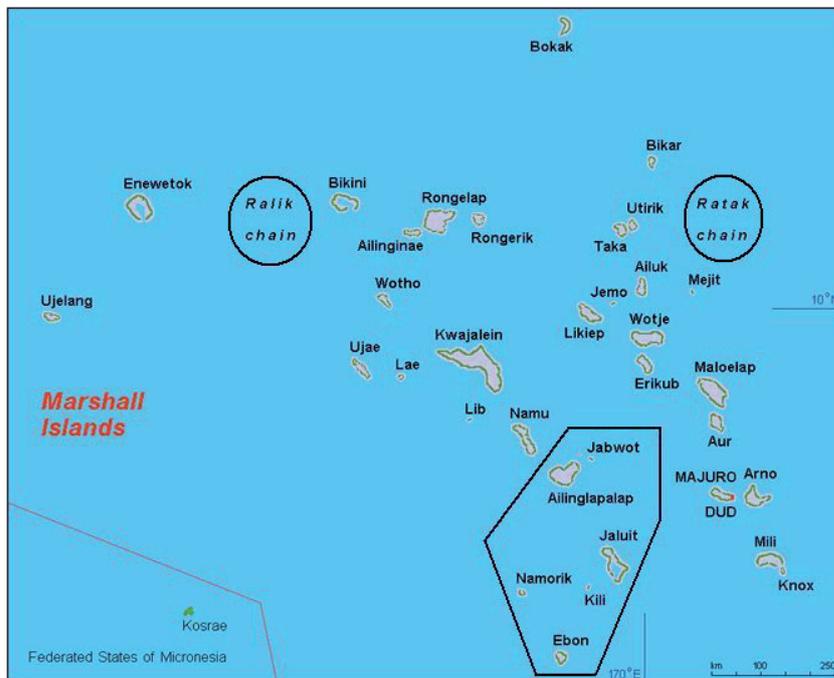


Abb. 1: Übersichtskarte der Marshallinseln in Mikronesien im Pazifischen Ozean mit den Namen der Atolle und Inseln der westlichen Ralik-Kette und östlichen Ratak-Kette. DUD (roter Punkt auf Majuro in der Ratak-Kette) ist die Abkürzung von Delap-Uliga-Derrit, einem großen Bevölkerungszentrum auf Majuro. Das schwarz umrahmte südliche Seegebiet der Ralik-Kette wird in den Stabkarten der Abb. 2 und Abb. 3 dargestellt

Inseln: Kaboa, nach der Bedeutung des Instrumentes und erfuhr: »er stelle (ebenso wie die anderen, deren Bedeutung bis jetzt bestimmt ist) einen Teil der Marshall Gruppe dar und zwar hat man ihn so zu legen, dass die längste Seite nach rechts, die entgegengesetzte Spitze nach links liegt. Der von Kap. Witt beobachtete Insulaner und die Verfertiger der Godeffroyschen

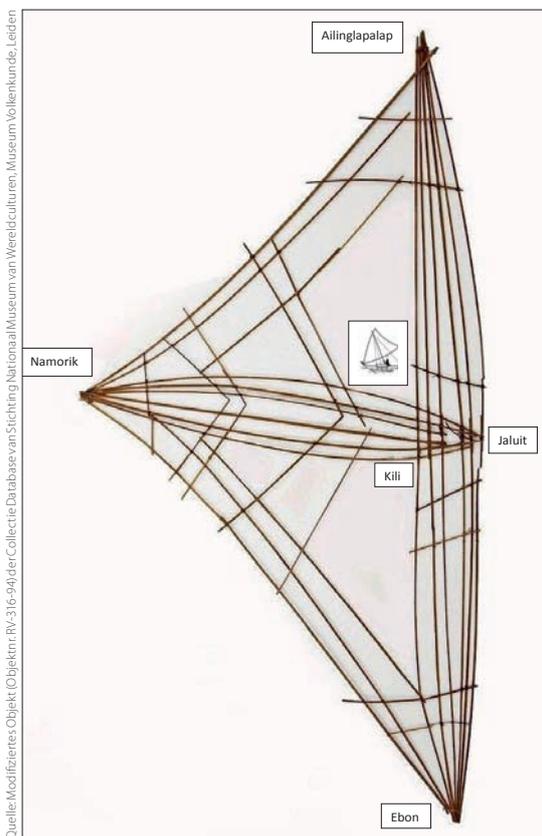


Abb. 2: Modifizierte Einzel- oder Spezialkarte, Medo genannt, des südlichen Teils der westlichen Ralik-Gruppe der Marshallinseln im Pazifischen Ozean. Das dargestellte Outrigger-Segelkanu ist auf der Reise von Jaluit über Kili nach Namorik und folgt der als okar bezeichneten Knotenlinie, die durch Interferenzmuster der diffraktierten Dünungswellen durch Jaluit und Kili entstehen. Die Stabkarte mit den Maßen der Länge von 149 cm und der Breite von 78,5 cm ist im Museum für Völkerkunde in Leiden/Niederlande zu besichtigen

Medo's verwandten Muscheln, der Berichterstatter an Konsul Hensheim Steinchen zur Bezeichnung der Inseln, der Verfertiger des Leydener Medo Knoten aus Kokosfaserschnur; d. h. jeder benutzte was ihm zur Hand war. Kaboa erklärte den Leydener Medo als die Verbindung zwischen Jaluit, Kili, Namurik, Ebon und Ailinglaplap angehend; – der p. p. König erklärte aber auch nur die Dinge nach denen er gefragt wurde und da Kapt. Rohlf's nur die nahe rechtwinklig gebogenen Stäbe auffällig fand, die übrigen als willkürlich gewählten Rahmen betrachtete, so gab Kaboa nur die Bedeutung jener dahin an, dass ihre Spitze die Richtung darstelle, nach welcher das Hinterende des Canoe's zeigen soll, um es auf der betreffenden Reise in gehöriger Richtung zum Seegang zu halten: d. h. da der Seegang (die Wellen) meistens von Ost kommt, die Fahrt von Jaluit über Kili nach Namurik aber nur unternommen wird, wenn der N.O. monsun beständig weht, so steuert man, nachdem die in der S.W. ecke des Seeriffs liegende Passage verlassen ist, derart, dass der Seegang, recht auf das Hinterende des Fahrzeuges zukommt, bzw. das Fahrzeug gerade hinter den voraus sichtbaren Wellenkämmen oder Wellenrücken hinsegelt und man wird von der Südspitze Jaluits aus, Kili, von dort Namurik erreichen; auf Kili wird übernachtet und Vorrath von Cocosnüssen gesammelt; von Namurik fährt man nach Ebon, von dort nach Jaluit zurück; während der Jahreszeit des S.O. Windes (Westmonsuns, in unserem Sommer) fahren die Jaluitmänner über Kili erst nach Ebon und von dort nach Namurik und zurück nach Jaluit. Nach Ailinglaplap führt der Weg zunächst durch die Nordpassage des Seeriffs von Jaluit, dann beim Winde weiter. – Nach meiner Ansicht giebt die Fortsetzung der nahe rechtwinklig geknickten Stäbe über die Verbindungen von Namurik mit Ailinglaplap und mit Ebon, auch die ungefähre Richtung an, in welcher das Canoe zum Seegange gehalten werden muss: die langen Stäbe werden durch die Art und Weise des Segelns der Insulaner erklärt. Obengenannter Kapt. Witt (dessen Notizbuch mir durch Güte von Herrn J. D. E. Schmeltz, jetzt Con-

servator des Rijks Ethnograph. Museum zu Leyden, geliehen wurde, um hydrographische und andere die Seefahrt betreffende Notizen allgemein zugänglich zu machen) wies bereits darauf hin und Kapt. Rohlf's bestätigt es, dass die Insulaner stets mit mehreren Canoes eine Seereise unternehmen und sich derart ausbreiten, um immer in Sehweite von einander zu sein; die Möglichkeit für eine oder andere Abtheilung, die gesuchte Insel zu bemerken ist daher um so grösser, je grösser die Anzahl der Boote ist. Die langen Stäbe bedeuten also die ausgebreitete Canoe-Flotte, wegen der grösseren Festigkeit des Ganzen hat man sie bei Jaluit nur nach einer Richtung hin vereinigt. Die Querstäbe und deren Entfernung von einander scheinen mir die Zeitdauer der Reise und die Zeit anzugeben, die vom in Sicht-Bekommen einer Insel bis zum Anlangen dasselbst vergehen kann; die früheren Berichterstatter haben uns nämlich bereits gelehrt, dass die Insulaner die Zeit in Monate (von je 30 Tagen), und den Tag nach der Höhe der Sonne und der Sterne in bestimmte Abschnitte theilen.«

2.2 Stabkarte (Medo) der Kieler Südseesammlung

Die Kieler Südseesammlung, die 2014 von der Christian-Albrechts-Universität (CAU) zu Kiel als Dauerleihgabe in den Bestand des Kieler Stadt- und Schifffahrtsmuseums übergegangen ist, besitzt zwei Stabkarten. Beide Stabkarten wurden dem Museum für Völkerkunde der CAU 1952 von Adolf Rittscher geschenkt (Hennings 2017).

Die L-förmige Stabkarte der Kieler Südseesammlung, gezeigt in Abb. 3, ist ein Gitterwerk mit Verbindungsstäben, die als Dünungsmerkmale gedeutet werden können, und umfasst die südlich gelegenen Atolle und Inseln sowohl der Ralik- als auch der Ratak-Kette der Marshallinseln. Adolf Rittscher hat diese Stabkarte im Jahr 1903 von einem lokalen Händler auf Jaluit erworben, also 23 Jahre später als die auf Ailinglaplap im Jahre 1880 durch Rohlf's gekaufte Stabkarte.

Ebenso wie die Kieler Südseesammlung erhielt auch die Johannes-Gutenberg-Universität Mainz Stabkarten und Erläuterungen von Rittscher. Auf Jaluit hat sich Rittscher durch einen Gefolgsmann des Königs Kabua (Kaboa) über die Stabkarten belehren lassen (Brandstetter 2017). Die Bezeichnungen der Korallen bzw. Atolle und Inseln in Abb. 3 sind mit der ungefähren geographischen Lage der Atolle und Inseln zueinander konsistent, wenn Jabor an der Südost-Passage und die Südspitze der Insel Jaluit als zwei Orte des Gesamtatolls Jaluit (Djalut) gedeutet werden. Die Positionen der benannten Korallenstücke in der Stabkarte sind nicht identisch mit der geographischen Position der Atolle und Inseln in aktuellen nautischen Seekarten oder der in Abb. 1 gezeigten Übersichtskarte.

Obwohl sich das Aussehen der beiden Stabkarten aus Abb. 2 und Abb. 3 unterscheidet, stimmen die Lage der Atolle und Inseln zueinander und die Bezeichnungen überein. Auch die *okar*-Linie (Linie von Knotenpunkten) ist in beiden Stabkarten wie-

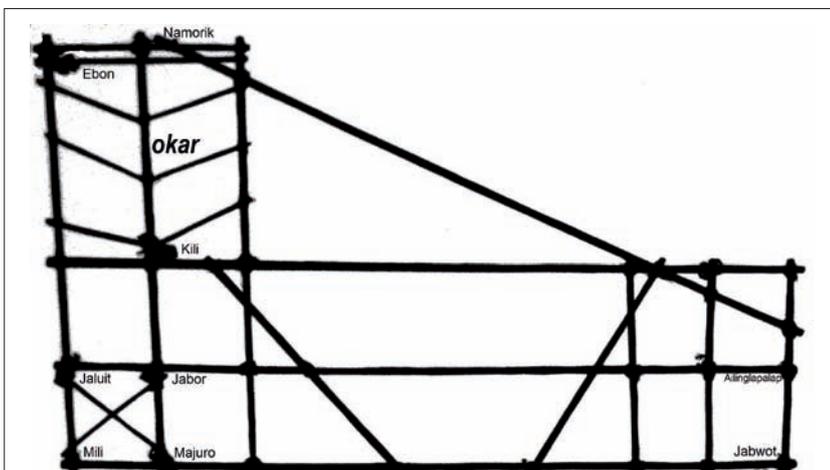


Abb. 3: L-förmige Stabkarte (Medo) der Kieler Südseesammlung; Länge: 44 cm, Breite: 29 cm (Bild des Autors vom 28.09.2014); an einigen Stellen mit Korallenstücken versehen, die Inseln oder Atolle andeuten. Die Namen sowie die Bezeichnung *okar* sind nachträglich, aufgrund der Erläuterungen von Rittscher zu den Stabkarten in Mainz aus der gleichen Serie, vom Autor hinzugefügt worden (Brandstetter 2017).

derzufinden. Die jeweils drei in einem Winkel von 135° angebrachten Stäbe, links und rechts von der *okar*-Linie, in der oberen linken Hälfte der Stabkarte, können als gebeugte Dünungswellenkämme interpretiert werden. Die kurzen Stäbe schneiden sich in der Mitte auf einem Stab zwischen zwei befestigten Korallen, die als Atolle oder Inseln zu deuten sind. Der Navigator des Auslegerbootes hat somit der angedeuteten *okar*-Linie zu folgen, um vom östlichen Atoll Jaluit bzw. Jabor über die Insel Kili zum westlichen Atoll Namorik zu segeln.

3 Theoretische Beschreibung der Beugung/Diffraktion

In Abb. 4 sind die experimentell erzeugten Beugungs-/Diffraktionsmuster von Wasserwellen im Zentimeter-Wellenlängenbereich an einem Doppelspalt, gekennzeichnet durch die Buchstaben A und B, gezeigt (Grössing 2000). Die Verbindungsstäbe in den Abb. 2 und 3, die als gebeugte/diffraktierte Dünungswellenkämme interpretiert werden, kreuzen sich auf dem Verbindungsstab (*okar*-Linie) von Jaluit/Kili nach Namorik. Folglich können sie als Interferenzmuster, hervorgerufen durch ein Atoll oder eine Insel, gedeutet werden, nach denen die Insulaner auf den Marshallinseln unter anderem navigierten.

Zur mathematischen Überprüfung wird in erster Näherung die Insel oder das Atoll durch einen freistehenden Wellenbrecher approximiert, ähnlich dem Doppelspalt mit seinen Erregungspunkten A und B. Das Interferenzbild der Abb. 5 zeigt die schematische Ausbreitung zweier Wellen direkt hinter einem Wellenbrecher, angeregt von zwei benachbarten Erregungspunkten bei A und B. Die dünnen durchgezogenen Linien stellen Wellen mit einem Abstand von einer Wellenlänge dar. Die gestrichelten dünnen Linien bezeichnen halbe Wellenlängen. Die dick durchgezogenen Linien zeigen die Orte stärkster Schwingung, während an den dick gestrichelten Linien keine Bewegung herrscht; diese Kurven beschreiben Hyperbeln. Die Schwingung der einzelnen Wasserteilchen erfolgt senkrecht zur Fortpflanzungsrichtung der Welle, die als Transversalwellen definiert sind.

Bei der folgenden theoretischen Beschreibung der Diffraktion werden freistehende Wellenbrecher wie zwei halbumendliche Wellenbrecher behandelt, bei denen sich der Diffraktionskoeffizient k_d , definiert durch (Shore Protection Manual 1984):

$$k_d = \frac{H_d(r, \Theta)}{H_i} = F(r, \Theta) \quad (1)$$

wobei $H_d(r, \Theta)$ die Wellenhöhe an einem beliebigen Punkt hinter dem Wellenbrecher als Funktion des Abstandes r und des Winkels Θ in Polarkoordinaten, H_i die Wellenhöhe der ankommenden Welle und $F(r, \Theta)$ die Lösungsfunktion nach Sommerfeld (1896) bedeuten und aus den Teildiffraktionskoeffizienten wie folgt allgemein berechnen lässt:

$$k_d = (k_{d_{\text{links}}}^2 + k_{d_{\text{rechts}}}^2 + 2 \cdot k_{d_{\text{links}}} \cdot k_{d_{\text{rechts}}} \cdot \cos(\Delta\varphi))^{1/2} \quad (2)$$



Abb. 4: Beugungs-/Diffraktionsmuster von Wasserwellen im Zentimeter-Wellenlängenbereich an einem Doppelspalt, gekennzeichnet durch die Buchstaben A und B (modifiziert nach Grössing 2000)

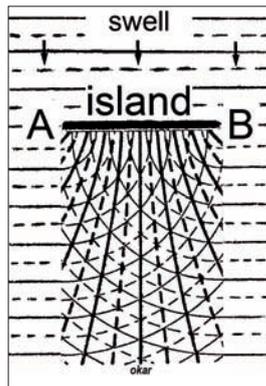


Abb. 5: Schematische Darstellung des Interferenzbildes von Wellen direkt hinter einem Wellenbrecher, der eine Insel oder ein Atoll andeuten soll. Es ergeben sich zwei Wellensysteme, die von zwei benachbarten Erregungspunkten bei A und B erzeugt werden: dünne durchgezogene Linien stellen Wellen mit einem Abstand von einer Wellenlänge dar, gestrichelte dünne Linien bezeichnen halbe Wellenlängen, dick ausgezogene Linien stellen Orte stärkster Schwingung (*okar*) dar, während an den dick gestrichelten Linien Ruhe bzw. keine Schwingungsauslenkung herrscht. Die Trajektorie der einlaufenden Dünung (*swell*) hat einen Winkel von 90° zum Wellenbrecher bzw. zur Insel (*island*) oder zum Atoll. Die Wellenkämme der einlaufenden Dünung sind parallel zum Wellenbrecher orientiert

wobei $k_{d_{\text{links}}}$ und $k_{d_{\text{rechts}}}$ die Teildiffraktionskoeffizienten am linken und am rechten Ende des Wellenbrechers sowie $\Delta\varphi$ die Phasendifferenz zwischen der linken und rechten Diffraktionswelle bedeuten.

Für den Sonderfall $k_{d_{\text{links}}} = k_{d_{\text{rechts}}}$ und $\Delta\varphi = 0$ ergibt Gleichung (2), unter Verwendung von Gleichung (1):

$$k_d = 2 \cdot |F(r, \Theta)| \quad (3)$$

was die gemachten Vereinfachungen zu Beginn des Kapitels mathematisch beschreibt und in Abb. 5 schematisch dargestellt ist.

Unter den Annahmen und Bedingungen von Sommerfeld (1896; 1947) kann die mathematisch exakte Lösungsfunktion in Polarkoordinaten $F(r, \Theta)$ folgendermaßen formuliert werden:

$$F(r, \Theta) = F_1(r, \Theta) + F_2(r, \Theta) = \psi(\sigma) \cdot e^{-ikr \cos(\Theta - \Theta_0)} + \psi(\sigma') \cdot e^{-ikr \cos(\Theta + \Theta_0)} \quad (4)$$

mit den Definitionen

$$\psi(\sigma) = \frac{1+i}{2} \int_{-\infty}^{\sigma} e^{-1/2 i \pi t^2} dt \quad (5)$$

$$\psi(\sigma') = \frac{1+i}{2} \int_{-\infty}^{\sigma'} e^{-1/2 i \pi t^2} dt \quad (6)$$

$$\sigma = 2 \cdot \left(\frac{k \cdot r}{\pi}\right)^{1/2} \sin \frac{1}{2}(\Theta - \Theta_0) \quad (7)$$

$$\sigma' = -2 \cdot \left(\frac{k \cdot r}{\pi}\right)^{1/2} \sin \frac{1}{2}(\Theta + \Theta_0) \quad (8)$$

Literatur

- Arthur, Robert S. (1951): The effect of islands on surface waves; Bulletin of the Scripps Institution of Oceanography, Vol. 6, Nr. 1, S. 1–26
- Brandstetter, Anna-Maria (2015): Objekt des Monats – März 2015, Einkaufen en gros, Verkaufen en détail – Zwei Stabkarten von den Marshallinseln; Institut für Ethnologie und Afrikastudien, Johannes-Gutenberg-Universität Mainz, www.sammlungen.uni-mainz.de/809.php
- Brandstetter, Anna-Maria (2017): Erläuterung zu den Stabkarten der Inseln der Ralik-Gruppe der Marshall-Inseln; Institut für Ethnologie und Afrikastudien, Johannes-Gutenberg-Universität Mainz, Sammlungsarchiv
- Finney, Ben (1998): Nautical cartography and traditional navigation in oceania; in: David Woodward; G. Malcolm Lewis: The History of Cartography, Volume Two, Book 3, University of Chicago Press, S. 443–492
- Grössing, Gerhard (2000): Wasser als Vor-Bild zur Naturforschung; in: Tagungsband Wasser, Band 9 der Schriftenreihe »Forum« der Kunst- und Ausstellungshalle der Bundesrepublik Deutschland, Bonn; Wienand, S. 69–81
- Hennings, Ingo (1999): Imaging of oceanic surface features on radar satellite scenes already indicated on Microneasian stick charts; Historisch-meereskundliches Jahrbuch, Nr. 6, S. 7–18
- Hennings, Ingo (2015): New perspectives on indigenous navigation tradition; Hydrographische Nachrichten, Nr. 100 (02/2015), S. 54–58
- Hennings, Ingo (2017): Die Stabkarten der Kieler Südeesseammlung; eingereicht in Christiana Albertina, Forschungen und Berichte aus der Christian-Albrechts-Universität zu Kiel
- Hübner, Horst (2008): Kolonialverwaltung, Überseehandel und wissenschaftliche Forschung. Das Beispiel der ehemaligen Deutschen Schutzgebiete im Stillen Ozean; Web-Site-Verlag, Ebersdorf, 266 S.
- Lamb, Horace (1945): Hydrodynamics; Dover, New York, 738 S.
- Lexikon der Geowissenschaften (2003): Spektrum Akademischer Verlag, Heidelberg, 5 Bände und 1 Registrierband, 2840 S.
- Schiller, Lars (2015): What exactly is hydrography?; Hydrographische Nachrichten, Nr. 100 (2/2015), S. 59–62
- Schück, Albert (1884): Die Entwicklung unseres Bekanntwerdens mit den astronomischen, geographischen und nautischen Kenntnissen der Karolineninsulaner, nebst Erklärung der Medo's oder Segelkarten der Marshallinsulaner, im westlichen grossen Nord-Ozean; Tijdschrift van het Koninklijk Nederlands Aardrijkskundig Genootschap, Amsterdam, Vol. I, Nr. 2, S. 226–251
- ...

wobei $F_1(r, \Theta)$ die einfallende Welle mit der zugehörigen Diffraktionswelle, $F_2(r, \Theta)$ die reflektierte Welle mit der entsprechenden Diffraktionswelle, i die imaginäre Einheit, k die Wellenzahl, Θ_0 die Laufrichtung der einfallenden Welle und t die Zeit bedeuten.

Die Gleichungen (5) und (6) können auch wie folgt umgeschrieben werden:

$$\psi(\sigma) = \frac{1+i}{2} \left(\frac{1-i}{2} + \tilde{F}(\sigma) \right) \quad (9)$$

$$\psi(\sigma') = \frac{1+i}{2} \left(\frac{1-i}{2} + \tilde{F}(\sigma') \right) \quad (10)$$

wobei

$$\tilde{F}(\sigma) = \int_0^{\sigma} e^{-\frac{1}{2}i\pi t^2} dt \quad (11)$$

bzw.

$$\tilde{F}(\sigma') = \int_0^{\sigma'} e^{-\frac{1}{2}i\pi t^2} dt \quad (12)$$

komplexe Fresnelsche Integrale darstellen. Die numerische Lösung von $\tilde{F}(\sigma)$ und $\tilde{F}(\sigma')$ erfolgt in einer Reihenentwicklung (Sommerfeld 1950).

Die Auslenkung der Wasseroberfläche ζ , die aus der Laplaceschen Differentialgleichung mit entsprechenden Randbedingungen gefunden werden kann, ergibt sich allgemein zu (Lamb 1945):

$$\zeta(r, \theta) = \frac{i \cdot A \cdot \omega}{g} \cdot e^{i\omega t} \cdot \cosh(k \cdot d) \cdot F(r, \theta) \quad (13)$$

wobei A die Wellenamplitude, ω die Kreisfrequenz der ungestörten Welle, g die Erdbeschleunigung und d die Wassertiefe bedeuten.

Die Gleichung (13) zeigt, dass der Parameter $F(r, \theta)$ die Amplitude und die Phase der diffraktierten Welle bestimmt.

Diffraktionsdiagramme, die Linien gleicher Diffraktionskoeffizienten für monochromatische Wellen darstellen, sind beispielsweise im *Shore Protection Manual* (1984) für verschiedene Wellenlaufrichtungen angegeben. Bei einem Winkel der einlaufenden Welle von $\theta_0 = 90^\circ$, d. h. die Wellenkämme verlaufen parallel zum Wellenbrecher, ergibt sich beispielsweise bei der Position $r =$ sechs Wellenlängen entfernt und genau senkrecht $\theta = 90^\circ$ hinter dem Wellenbrecher (Abb. 2-33 im *Shore Protection Manual*) und nach Gleichung (3) für den Diffraktionskoeffizienten $k_d = 2 \cdot 0,55 = 1,1$. Mit einer Höhe der einlaufenden Welle von $H_i = 3,0$ m ($A = 1,5$ m) ergibt sich nach Gleichungen (1) bis (3) für die Wellenhöhe hinter dem Wellenbrecher $H_d(r, \theta) = 1,10 \cdot 3,0$ m = 3,3 m. Die Auslenkung der Wasseroberfläche an dieser Position ist folglich $\zeta = H_d(r, \theta)/2 = 1,65$ m, was eine erste quantitative Näherung für Gleichung (13) ist. Beide diffraktierten Wellen überlagern sich positiv, d. h. es kommt, weil der Diffraktionskoeffizient k_d größer als 1 ist, zu konstruktiven Interferenzen der beiden diffraktierten Wellen.

Vergleichbar ist diese Diffraktionskoeffizientenlinie oder *okar*-Linie mit der dick ausgezogenen Linie konstanter Phasendifferenz genau in der Mitte senkrecht zwischen A und B in Abb. 5. Die Abb. 2-33 im *Shore Protection Manual* (1984) veranschaulicht, dass sich an anderen Positionen hinter dem Wellenbrecher noch größere Diffraktionskoeffizienten ergeben, was somit auch zu noch erheblich höheren Auslenkungen der Wasseroberfläche führt. Das hier betrachtete Beispiel hat seine Gültigkeit nur für den oben beschriebenen Sonderfall und die hier gemachten Annahmen und Bedingungen. Weiterhin ist das natürliche Wellenspektrum mit seinen verschiedenen Perioden oder Frequenzen sehr variabel, d. h. jede Wellenfrequenz wird in Übereinstimmung mit ihrer lokalen Wellenlänge diffraktiert. Hinzu kommen in der Natur nichtlineare Effekte, wie Wellenbrechung und Wellen-Wellen-Wechselwirkung. Der freistehende Wellenbrecher ist ebenfalls nur eine erste Approximation für eine Insel oder ein Atoll. Oft wird eine Überlagerung von Reflexion, Refraktion und Diffraktion von Wellensystemen beobachtet, was eine theoretische Beschreibung verkompliziert.

4 Diskussion der Ergebnisse und Ausblick

Es ist bemerkenswert, dass die Insulaner auf den Marshallinseln aus ihrer »Augenhöhe« unterschiedliche Rauigkeitssignaturen der Ozeanoberfläche, die durch Beugung/Diffraktion an einem Atoll oder einer Insel entstehen, beobachten und interpretieren konnten und somit für ihre Navigation zu nutzen wussten. Die Signaturen in den beschriebenen zwei Stabkarten sind durch Wellen-Beugung/Diffraktion theoretisch zu erklären. Somit gehören Stabkartensignaturen mit zu den ersten bekannten hydrographischen Erkenntnissen.

Die Kenntnis der Marshallinsulaner bezog sich damals alleine auf die geographische Lage der verschiedenen Atolle und Inseln in Beziehung zueinander. Sie konnten die Lage der Atolle und Inseln nur visuell bezeichnen, wie beispielsweise: wenn hier Jaluit liegt, dann befindet sich Ebon dort. Die geographische Breite und Länge der Atolle und Inseln waren den Insulanern nicht bekannt. Die Navigationsperiode der Marshallinsulaner lag zwischen den Monaten Juni/Juli bis September/Oktober, weil dann relativ geringe Windgeschwindigkeiten vorherrschten. Die Rauigkeitsmodulation der Meeresoberfläche war unter diesen Bedingungen am deutlichsten sichtbar, da das Hintergrundsignal durch einen relativ geringen Seegang des Ozeans geprägt war. Synoptische Aufnahmen der Ozeanoberfläche vom Satelliten zeigen Meeresoberflächensignaturen vergleichbar denen von Stabkarten (Hennings 2015; 2017). Diese Beobachtung steht somit in Übereinstimmung mit der Abbildung von Rauigkeitsmodulationen der Meeresoberfläche vom

Satelliten aus im Mikrowellenbereich und sichtbaren Bereich des elektromagnetischen Spektrums (Hennings 1999; 2015). Die größte Rauigkeitsmodulation der Meeresoberfläche wurde bei Windgeschwindigkeiten zwischen 3 m s^{-1} und 6 m s^{-1} und bei (Gezeiten-) Strömungen von $\geq 0,5 \text{ m s}^{-1}$ gemessen.

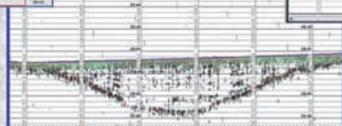
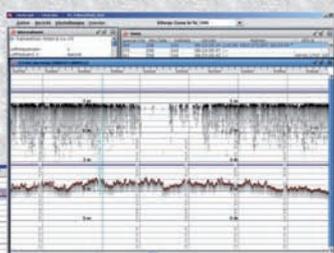
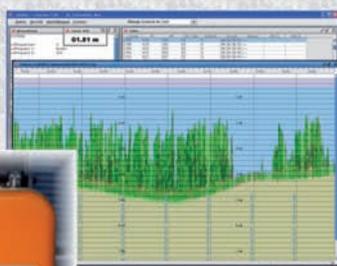
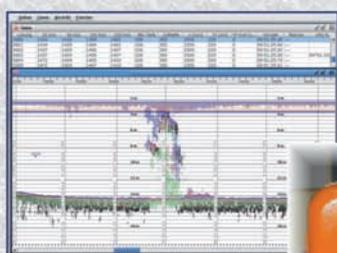
Stabkarten sind ein Alleinstellungsmerkmal bezüglich Fertigung und Nutzung auf den Marshallinseln des Pazifischen Ozeans. Vergleichbar wäre ein solches Alleinstellungsmerkmal mit dem sogenannten Steingeld *fai* (*fei*, *rai* oder *fäi*), das es nur auf Yap (Karolinen) in Ozeanien gibt. Die Steinscheiben aus Aragonit stammen von der etwa 400 km entfernten Insel Babeldaop (Palau), von wo aus sie über den Ozean nach Yap transportiert wurden. Die Stabkarten und das Steingeld sind bis heute eine Besonderheit von besonderem kulturellem und geschichtlichem Interesse, was die Insulaner selbst erkannt haben und heute wieder von ihnen belebt wird.

Zukünftig würde sich eine inter- und transdisziplinäre Forschung über die Problematik und Konsequenz des Meeresspiegelanstiegs und Veränderungen des Wellenklimas im Seegebiet

der Marshallinseln des Pazifischen Ozeans als sinnvoll erweisen, da diese flachen Koralleninseln als erste die Folgen des Klimawandels bereits spüren. Die Messung des Wasserstandes gehört zur klassischen Hydrographie. Durch die Bedrohung des Meeresspiegelanstiegs hat insbesondere das Meeressgebiet der Marshallinseln eine besondere gesellschaftliche Bedeutung als maritimer Kulturräum mit seinen einzigartigen Navigationstechniken. Vor dem Hintergrund der Initiative »Wissenschaftsjahr 2016*17 – Meere und Ozeane« des Bundesministeriums für Bildung und Forschung in Deutschland wäre ein solches Projekt besonders von Interesse. Einige Museen für Völkerkunde in Deutschland, aber auch weltweit, haben den Klimawandel schon längst aufgegriffen und thematisiert (Hennings 2015). Da die Kieler Südseesammlung unter einer kolonial- und marinegeschichtlichen Fragestellung erforscht werden soll, können dazu auch Beiträge aus hydrographischer und ozeanographischer Perspektive geliefert werden. Stabkarten wären dann als gemeinsame Untersuchungsobjekte der Hydrographie, Ozeanographie und Ethnologie zu betrachten. [↕](#)

- ...
 Schück, Albert (1902): Die Stabkarten der Marshall-Insulaner; Kommissionsverlag von H.O. Persiehl, Hamburg, 48 S.
 Shore Protection Manual (1984): Coastal Engineering Research Center (CERC), Department of the Army, Waterways Experiment Stations, Corps of Engineers, Vol. 1, 647 S., Vol. 2, 647 S.
 Sommerfeld, Arnold (1896): Mathematische Theorie der Diffraction; Mathematische Annalen, Vol. 47, S. 317–374
 Sommerfeld, Arnold (1947): Vorlesungen über Theoretische Physik, Band VI, Partielle Differentialgleichungen der Physik; Akademische Verlagsgesellschaft Geest & Portig K.G., Leipzig, 346 S.
 Sommerfeld, Arnold (1950): Vorlesungen über Theoretische Physik, Band IV, Optik; Dieterich'sche Verlagsbuchhandlung Inh. W. Klemm, Wiesbaden, 405 S.
 Weis, Marc (2016): Navigation der Polynesier – in der Berufsschiffahrt anwendbar; Schiff & Hafen, Vol. 58, Nr. 10, S. 60–63

Hydrographic Echo Sounders



**Dr. Fahrentholz
GmbH & Co. KG**

Grasweg 4-6
D-24118 Kiel, Germany
Phone ++49 431 542049

www.fahrentholz.de
fz@fahrentholz.de

Geschäftsführer: Dr. Julia Fahrentholz-Starrost
Gesellschafter: A. Fahrentholz-Thomsen, Dr. Fahrentholz-Wilkening, Dr. Fahrentholz-Starrost

MARSAT-Workshop

Ein Veranstaltungsbericht von PETER DUGGE

Im Projekt MARSAT arbeiten fünf privatwirtschaftliche Unternehmen und eine Forschungseinrichtung eng zusammen, um mit Hilfe von Satellitendaten neue Dienste für die maritime Wirtschaft zu entwickeln. Dazu zählen etwa die Optimierung von Schiffsrouten, tagesaktuelle Eisdienste oder Seebodenkartierungen. Neben der Schifffahrt soll auch die Offshore-Industrie von den neuen Services profitieren, ebenso wie Notfall- und Bergungsdienste. Am 21. September 2017 fand in Hamburg ein erster User-Workshop des Projektes statt.

MARSAT ist ein Förderprojekt des Bundesministeriums für Wirtschaft und Energie (BMWi) und wird gesteuert vom Deutschen Zentrum für Luft- und Raumfahrt (DLR). Es steht unter dem Motto »Satellitengestützte Dienste für die Maritime Wirtschaft«.

Das Projekt ist eingebettet in das europäische Copernicus-Programm zur satellitengestützten Erdbeobachtung. Im Rahmen von Copernicus werden mehrere Satelliten der Sentinel-Serie von der European Space Agency (ESA) betrieben. Die Sentinel-Satelliten umkreisen die Erde auf wiederkehrenden Bahnen und liefern Erdbeobachtungs-Rohdaten, die für die Nutzer kostenfrei sind.

Aufgabe von MARSAT ist die Unterstützung der Bereitstellung von satellitengestützten Erdbeobachtungsdiensten für den maritimen

Nutzer unter anderem auf der Basis von Sentinel-Daten. Dies umfasst die Erstellung, Bereitstellung und Abrechnung von z. B. Eiskarten oder bathymetrischen Karten als zumeist digitale Standardprodukte über standardisierte Bestell- und Vertriebswege (z. B. Internetportale).

Nach Ablauf der Hälfte der zweijährigen Laufzeit von MARSAT fand nun ein Workshop in Hamburg statt. Zweck war die Ermittlung der Bedürfnisse der maritimen Wirtschaft. Zugesagt hatten Vertreter verschiedener Reedereien, Vermessungsunternehmen, Behörden für Ordnung und Sicherheit (BOS), Hafenbehörden, Schiffsausrüstungsunternehmen und auch vom Bundesamt für Seeschifffahrt und Hydrographie. Rund 50 Teilnehmer aus dem In- und Ausland waren erschienen.

Die Projektpartner haben zunächst verschiedene Teilaspekte des Projekts vorgestellt – hier ging es um den Aufbau und die Möglichkeiten von MARSAT-Diensten. Anschließend fanden drei aufeinanderfolgende Sitzungen zu den Themen Navigation, Umweltmonitoring und Datenintegration statt – dabei ging es darum, Anforderungen möglicher Nutzer zu ermitteln.

Die Diskussion zwischen den Projektmitgliedern und dem Nutzerkreis war lebhaft. Besonders intensiv diskutiert wurden die zeitnahe, häufige Bereitstellung von Eiskarten sowie die bathymetrische Kartierung von polaren Gebieten, die zunehmend für den Schiffsverkehr passierbar werden.

Auch angesprochen wurden:

- die satellitengestützte Ermittlung des Transports von Schwebstoffen und ihr Einfluss auf die Entstehung von Untiefen,
- die Ermittlung der Verschmutzung durch Öl und Plastikmüll,
- die Ermittlung der Wassertrübung durch Baggerei und
- die Seebodenkartierung.

Anhand dieser Beispiele wurden auch technische Aspekte wie die Automatisierung bei der Erstellung von Erdbeobachtungsprodukten auf Basis der Satelliten-Rohdaten, die Art der Produkte (Bilder und/oder Karten), die Einfachheit des Zugangs zu den Produkten und die erforderliche Kommunikationsbandbreite bei der Datenübermittlung diskutiert.

Ein insbesondere für die Flachwasservermessung wesentlicher Aspekt wurde nur kurz angerissen: Der vertikale Bezug von aus Satellitendaten abgeleiteten Tiefenkarten (SDB – satellite-derived bathymetry). Dies ist bemerkenswert, weil einerseits die SDB im Flachwasser am besten zur Geltung kommt (Messgenauigkeit, Gebietszugang) und andererseits die Nutzerforderungen an das Tiefendatum im Flachwasser besonders hoch sind – hier besteht noch Optimierungsbedarf.

Anwendungen, die möglich erscheinen, aber auf dem Workshop weniger diskutiert wurden, waren die Schiffsdetektion, die Sea Surface Temperature (SST) und der Chlorophyllgehalt – allesamt Informationen, die für den Einsatz von autonomen Fahrzeugen (Kollisionsvermeidung) und für die Fischerei (Vorhersage des Auftretens von Fischschwärmen) von Bedeutung sind.

Ein wesentlicher Aspekt des Workshops war die effiziente Verbindung von In-situ-Messverfahren (Vermessungsschiffe, AUV) und der satellitengestützten Erdbeobachtung. Insbesondere unter diesem Gesichtspunkt ist bemerkenswert, dass kaum Vertreter der »konventionellen« Vermessungsindustrie anwesend waren. Dies mag am bisher vielleicht mangelnden Bekanntheitsgrad der Möglichkeiten der satellitengestützten Erdbeobachtung für die maritime Hydrographie liegen.

Ein zweiter MARSAT-User-Workshop ist geplant, zu dem dann hoffentlich mehr »traditionelle« Hydrographen kommen werden. [↕](#)



»Hydrographie 2018 – Trend zu unbemannten Messsystemen«



DVW-Seminar und Hydrographentag
12. bis 14. Juni 2018
in Lindau am Bodensee

HCU Geomatics excursion to Copenhagen

During the project week 2017 (June 5th to 9th) at the Hafencity University Hamburg thirteen Geomatics students went on an excursion to Copenhagen. We visited the

Aalborg University Copenhagen (AAU Copenhagen campus), Atlas Maridan, a subsidiary of Atlas Elektronik, and the headquarter of COWI, an engineering consultancy company.

Aalborg University Copenhagen

The Aalborg University has three campuses. The Master's programme in Geoinformatics, offered by the Department of Planning, is located in Copenhagen. We were warmly welcomed and shown around the campus by Carsten Keßler (Associate Professor for Geoinformatics) and Jamal Jokar Arsanjani (Assistant Professor for Geoinformatics). After a presentation about the university, the programme structure and current research projects, some Master's students gave an introduction to their current projects. These were related to spatial analysis of refugee travelling routes and site investigation of wind farms. We had a nice time, ended the day socialising with our hosts and colleagues over some cold drinks.

Atlas Maridan

Atlas Maridan is a small research and development subsidiary of Atlas Elektronik Group, which is a German company with headquarter in Bremen. Atlas Maridan is located in the marina of Rungsted Kyst, close to Copenhagen. Their main assignment is the development of customised autonomous underwater vehicles (AUVs).

After a short introduction to the company by Holger Klindt, Alexander Stavenhagen and Lars Mogensen, we split up into small groups. One group at a time entered the »DHIVA« (Research ship of the Danish Geodata Agency), a 14-metre ship which was chartered for this day, to serve the sea trials of the AUV »IMGAM« (Intelligent monitoring of gas emanations in the ocean). The »IMGAM«-AUV is designed to detect, locate and collect gas samples from the seabed autonomously. During these sea trials the other groups were informed about the developments of AUVs at the Atlas Group and further related research projects.

We were taken to the laboratory and the workshop to see and to better appreciate all the major components of an AUV as well as the operations and testing that goes into making an AUV. It was really an interesting time at Atlas Maridan, and the staff was very patient to answer all questions. All



The Atlas »IMGAM« is lifted out of the water for the transfer to the workshop

Foto: Günter Eppinger

of these gave us an opportunity to appreciate and reconcile all the theories we learned in class and the work going on in the industry.

COWI

On the third day we visited COWI, one of the leading engineering consultancy companies in Europe with branches and ongoing projects around the globe. We were welcomed by Simon Musäus who gave a brief presentation about COWI's activities and the geospatial information content of the activities of COWI.

There were other presentations by unit heads of the departments of mapping, surveying, GIS and IT, and water and environment. These units generate, provide and constantly use geospatial information either to customers or as a planning tool for the COWI engineers.

The lunch break was followed by equipment presentations. We were able to see different equipment used in aerial mapping; the specifications, outputs and mode of operations were also explained.

In the afternoon we took a drive to Roskilde Airfield, where COWI's aircrafts used for aerial surveys are being prepared for their next missions. We met Mike Davies who did a brief presentation on their operations, explained various equipment like the digital camera, the LiDAR system and other allied equipment that are all used for airborne data acquisition. One of the highlights was how they use their aircraft for thermal mapping operations, which allow the detection of leakages in pipes which could be disastrous to the environments and humans. We took a walk to the hanger to see the equipment in the aircraft. [↕](#) (HCU)



The Leica DMC III airborne digital camera in the Beechcraft King Air B200

Foto: Erik Jensen

Nautilus markets Stema products in Germany

Dutch based company Stema Systems has chosen Nautilus Marine Service GmbH to market their comprehensive range of hydrographical and geophysical products and services to Germany, Austria and Switzerland.

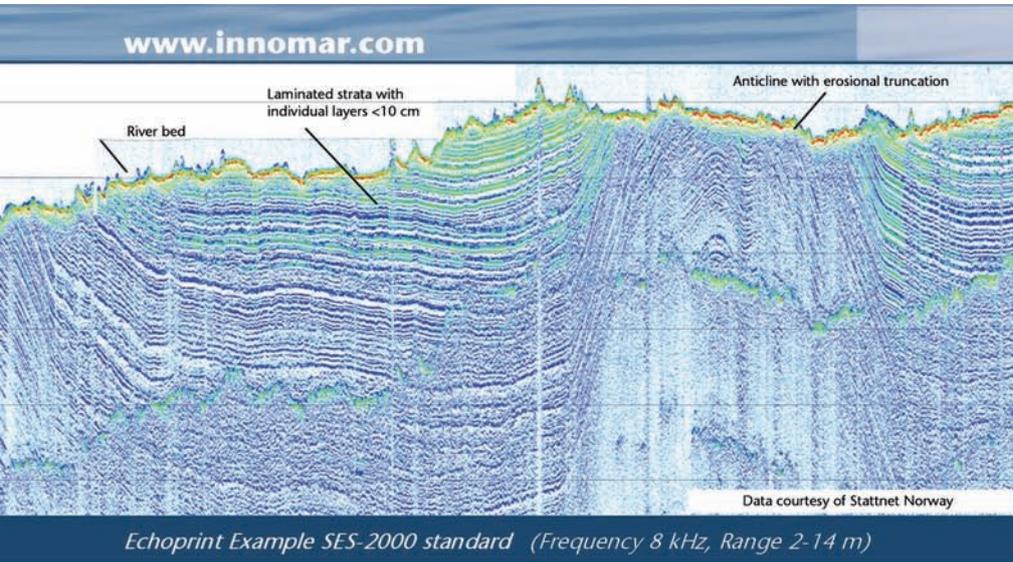
With Silas & The RheoTune mud density systems, measuring both rheological and density properties, Stema Systems offers a market leading sub-bottom profiling methodology to enable a concise and accurate picture of the nautical depth of the fluid mud in water bodies, as well as providing an ultra-high resolution profile of the substrata.

The cooperation between Stema Systems and Nautilus Marine Service as the representative of some of the world's leading manufacturers of marine technologies in Germany, will strengthen the position of both companies to provide a complete and complimentary range of products and services that enables its clients to conduct comprehensive hydrographic, geo-

seismic and oceanographic surveys of the entire maritime environment including single- and multi-beam surveys, harbour slip monitoring, site clearance of wind turbine foundations and cable and pipeline detection to name but a few.



Having an extensive rental pool of hydrographic, geophysical and GNSS positioning equipment, for all surveying needs, at its disposal allowing their customers to benefit from a rapid response time in all circumstances. The products ranging from individual components to complete survey boats including well experienced staff complete the range of services. [↕](#) (Nautilus)



SES-2000 Parametric Sub-Bottom Profilers

Discover sub-seafloor structures and embedded objects with excellent resolution and determine exact water depth

- ▶ Different systems for shallow and deep water operation available
- ▶ Menu selectable frequency and pulse width
- ▶ Two-channel receiver for primary and secondary frequencies
- ▶ Narrow sound beam for all frequencies
- ▶ Sediment penetration up to 200m (SES-2000 deep)
- ▶ User-friendly data acquisition and post-processing software
- ▶ Portable system components allow fast and easy mob/demob
- ▶ Optional sidescan extension for shallow-water systems



Neues Institut für den Schutz maritimer Infrastrukturen

Das Deutsche Zentrum für Luft- und Raumfahrt (DLR) gründet in Bremerhaven ein neues Institut für den Schutz maritimer Infrastrukturen. Das Konzept des Instituts wurde am 20. April 2017 erfolgreich von der Helmholtz-Gemeinschaft Deutscher Forschungszentren (HGF)

begutachtet. Das interdisziplinär agierende Institut wird an der Schnittstelle von Sicherheitsforschung und Informationstechnologien tätig sein.

Das in Bremerhaven neu gründende Institut institutionalisiert die maritime Sicherheitsforschung im DLR, die bereits seit mehreren Jahren im Vorhaben »Forschung und Entwicklung für die maritime Sicherheit und entsprechende Echtzeitdienste« verstärkt vorangetrieben wird. In diesem Vorhaben liefern derzeit acht DLR-Institute maßgebliche Beiträge zur Entwicklung innovativer Lösungen für aktuelle und zukünftige Herausforderungen in der maritimen Sicherheit.

Gemeinsam mit der maritimen Wirtschaft trägt das Vorhaben dazu bei, wegweisende Technologien und Dienstleistungen einzuführen, die die Wettbewerbsfähigkeit der deutschen Industrie im Bereich der maritimen Sicherheitstechnologien stärken – insbesondere auch behördliche Endnutzer wie beispielsweise die Bundespolizei See. Bisher existierte in Deutschland keine Einrichtung oder Institution, die sich umfassend und unter Einbeziehung von privatwirtschaftlichen sowie

behördlichen Nutzeranforderungen und Bedürfnissen mit der Forschung für den Schutz und die Sicherheit maritimer Infrastrukturen befasst hat.

»Wir wollen das maritime Lagebild der Zukunft maßgeblich mitgestalten und zwar unter Berücksichtigung des Schutzstatus relevanter Infrastrukturen«, erörtert der Programmkoordinator Sicherheitsforschung des DLR sowie Gründungsdirektor des Instituts für den Schutz maritimer Infrastrukturen, Dr. Dennis Göge, die Ambitionen der neuen Einrichtung.

Die digitale Zukunftsvision soll in zwei Abteilungen vorangetrieben und realisiert werden. In der Abteilung »Resilienz maritimer Systeme« werden Analysemethoden entwickelt, mit deren Hilfe der erreichte Grad an Resilienz in komplexen Systemen mess- und bewertbar gemacht wird. Darauf aufbauend werden neue Sicherheitskonzepte entwickelt und optimiert, die eine technologische und systemische Auslegung von Infrastrukturen nach dem Gedanken des Resilience-by-Design ermöglichen. Die Abteilung »Maritime Sicherheitstechnologien« widmet sich hingegen der Lösung einer Vielzahl an technologischen Fragestellungen, die für die Umsetzung und Erprobung von innovativen Systemkonzepten zum Schutz maritimer Infrastrukturen erforderlich sind. Dazu gehören die Realisierung neuer Methoden als Echtzeitprozessoren, ihre effiziente Einbettung in komplexe Assistenz- und Beratungssysteme oder automatisiert arbeitende Überwachungssysteme, sowie die Schaffung dafür notwendiger Informationsmanagementstrukturen.

In der Zielstruktur des Instituts werden später 50 bis 60 Mitarbeiter tätig sein. [↕](#) (DLR/Red.)



Hydrographische Nachrichten HN 108 – Oktober 2017

Fachzeitschrift für Hydrographie und Geoinformation

Offizielles Organ der Deutschen Hydrographischen
Gesellschaft – DHyG

Herausgeber:

Deutsche Hydrographische Gesellschaft e. V.

c/o Sabine Müller
Innomar Technologie GmbH
Schutower Ringstraße 4
18069 Rostock

Internet: www.dhyg.de
E-Mail: dhyg@innomar.com
Telefon: (0381) 44079-0

ISSN: 1866-9204

Chefredakteur:

Lars Schiller
E-Mail: lars.schiller@dhyg.de

Redaktion:

Peter Dugge, Dipl.-Ing.
Horst Hecht, Dipl.-Met.
Vasiliki Kekridou, M.Sc.
Dr. Jens Schneider von Deimling
Stefan Steinmetz, Dipl.-Ing.
Dr. Patrick Westfeld

Anzeigen:

Ganze Seite (210 mm × 297 mm): 300 Euro;
auf dem Umschlag, innen: 400 Euro,
auf dem Umschlag, außen: 600 Euro.
Halbe Seite (210 mm × 148 mm): 200 Euro.
Kontakt: Stefan Steinmetz
E-Mail: sts@eiva.com

© 2017

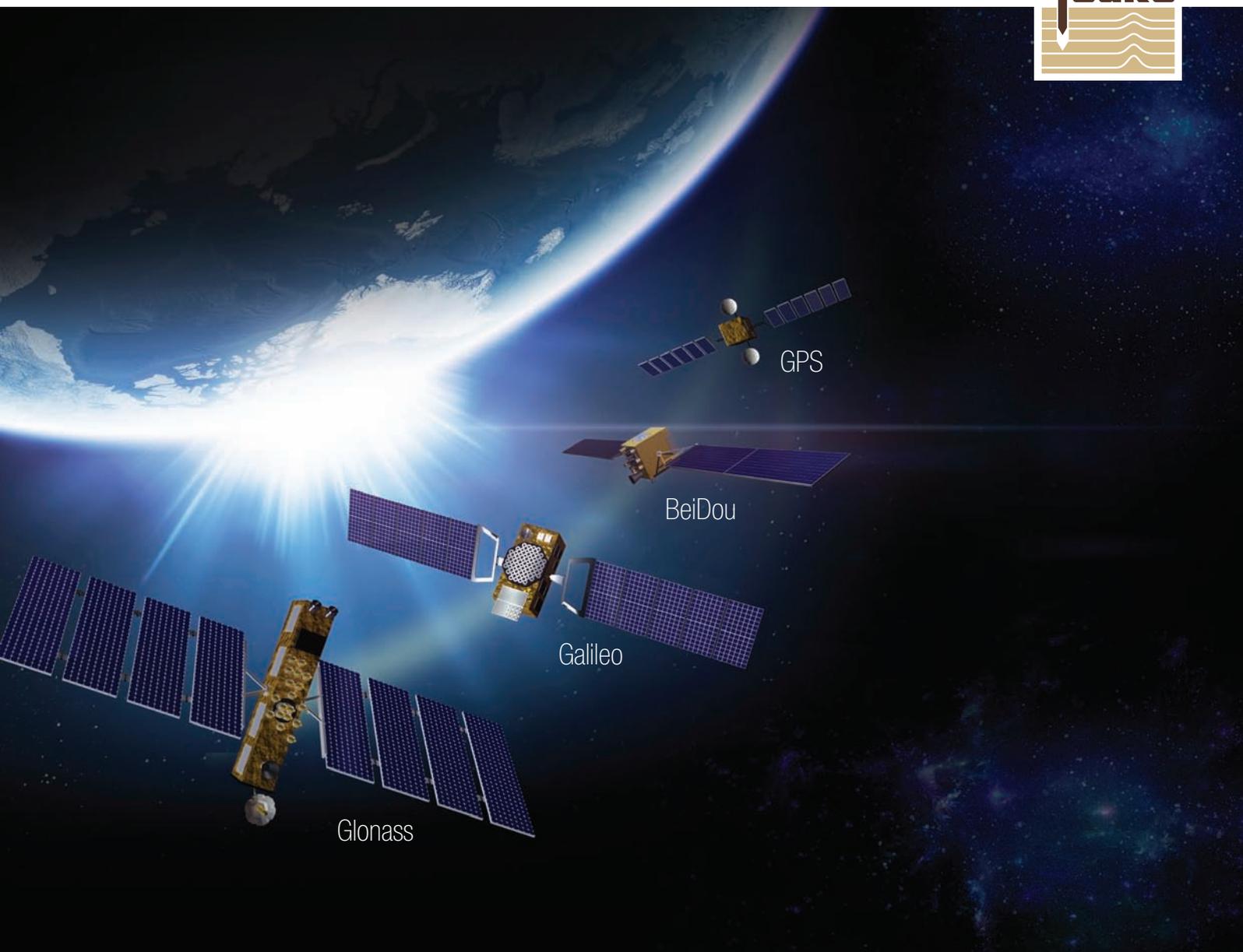
Hinweise für Autoren:

Der eingereichte Fachaufsatz muss in dieser Form noch unveröffentlicht sein. Reichen Sie Ihren Text bitte unformatiert und ohne eingebundene Grafiken ein. Die beigelegten Grafiken sollten eine Auflösung von 300 dpi haben. In der Textdatei sollte die automatische Silbentrennung ausgeschaltet sein; auch manuelle Trennungen dürfen nicht enthalten sein.

Über die Annahme des Manuskripts und den Zeitpunkt des Erscheinens entscheidet die Redaktion. Die Verfasser erklären sich mit einer nicht sinnentstellenden redaktionellen Bearbeitung ihres Manuskripts einverstanden.

Die mit vollständigen Namen gekennzeichneten Beiträge geben nicht unbedingt die Meinung der Redaktion wieder.

Die HN erscheinen drei Mal im Jahr, i.d.R. im Februar, Juni und Oktober. Für Mitglieder der DHyG ist der Bezug der HN im Mitgliedsbeitrag enthalten.



8cm

**ACCURACY
WORLDWIDE AND
365 DAYS A YEAR
AVAILABILITY**

**Multi constellation for more precision,
more redundancy and more safety.**

- 2 x 2 NCC's and uplink stations
- 9 commercial beams
- Back-up corrections via internet (NTRIP)
- Polar options

MARINESTAR™

provides high performance marine positioning systems

FUGRO SATELLITE POSITIONING B.V.

The Netherlands

+31 70 317 09 60

marinestar@fugro.com

www.fugromarinestar.com



Präzise 3D-Positionierung mit GNSS und Polarmessverfahren

Die Leica GNSS-Instrumente empfangen und verarbeiten die Signale aller aktuellen und zukünftigen Navigationssysteme.

Höchste Präzision bei voller Automatisierung der Messabläufe garantieren die Leica Polarmesssysteme.



Leica Geosystems GmbH Vertrieb
www.leica-geosystems.de



- when it has to be **right**

Leica
Geosystems