HYDROGRAPHISCHE NACHRICHTEN

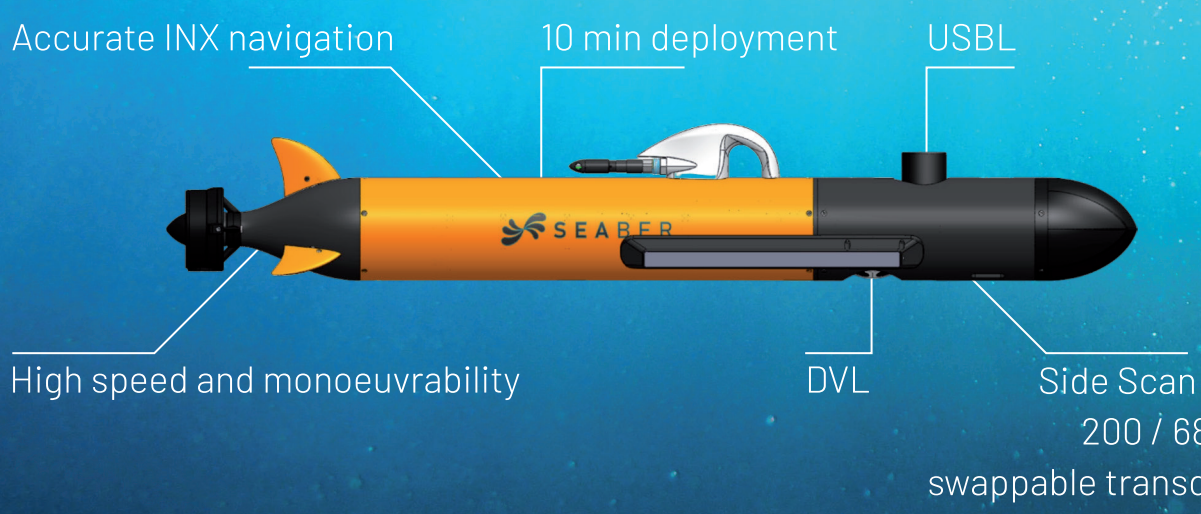
Journal of Applied Hydrography 03/2024 HN 127



UN-Ozeandekade

40 Jahre DHyG

DEUTSCHE HYDROGRAPHISCHE GESELLSCHAFT e.V. DHyG



MARVEL-SCAN

MARVEL-SCAN is the most compact AUV with side scan sonar and acoustic positioning.

Your new way to use AUVs.

Photo: Chrijstian Palmer

FEATURES

- » INX Navigation system
- » DVL
- » SEAPLAN Software
- » Embedded rechargeable batteries
- » SEACOMM
- » Field case and accessories
- » Acoustic positioning and communication module
- » Autonomous buoy with USBL unit and dual antenna GNSS-RTK module

FURTHER INFORMATION

Nautilus MARINE SERVICE GmbH

Nautilus Marine Service GmbH
Alter Postweg 30 · D-21614 Buxtehude
Expert: Wibke Dünkel · Phone: +49 (0) 4161 / 55 903-13
sales@nautilus-gmbh.com · nautilus-gmbh.com

Liebe Leserinnen und Leser,

diese Ausgabe der *Hydrographischen Nachrichten* erscheint zum 40. Geburtstag der DHyG. Rufen wir uns anlässlich des Jubiläums kurz die Geschichte des Vereinsorgans in Erinnerung: Die erste Ausgabe ist ein Jahr nach Gründung der DHyG erschienen, also 1985. Die Mitgliederzeitschrift hieß damals noch *DHyG Information*. Unter diesem Namen stellte die Redaktion bis Ende 1994 insgesamt 35 Ausgaben zusammen.

1995 dann bekam die Zeitschrift ihren heutigen Namen: *Hydrographische Nachrichten*. Und sie erhielt ein neues Erscheinungsbild. In der 80. Ausgabe, die Anfang 2008 erschienen ist, wurde ein weiterer Entwicklungsschritt angekündigt: Die Zeitschrift sollte künftig nur noch als PDF-Dokument online gestellt werden. Und tatsächlich veröffentlichte die Redaktion im Juni 2008 die erste ausschließlich digitale Publikation in einem gänzlich anderen Layout. Erstmals waren alle Seiten farbig gestaltet. Und auch inhaltlich wurde die Zeitschrift modernisiert.

Seit der 88. Ausgabe im Oktober 2010 erscheinen die *Hydrographischen Nachrichten* sowohl als Papierausgabe als auch als digitale Publikation auf der DHyG-Website.

Und längst veröffentlichen nicht nur DHyG-Mitglieder in der Zeitschrift; sondern auch Praktiker und Wissenschaftlerinnen aus angrenzenden Disziplinen und aus anderen Ländern reichen ihre Fachartikel ein. So auch in diesem Heft, das sich mit dem Fokusthema »Ozeandekade« beschäftigt.

Als Erstes lesen Sie Auszüge aus der Begrüßungsrede zum Jubiläum der DHyG, die Thomas Dehling bei der Jubiläumsveranstaltung in Hamburg am 19. März 2024 gehalten hat. Dann folgt das Wissenschaftsgespräch mit Steffen Knodt – der im Übrigen bei der Jubiläumsveranstaltung als Festredner auftrat. Im Interview mit ihm fallen alle wichtigen Stichwörter zum Thema Ozeandekade, zum Beispiel »Seabed 2030« oder »Geisternetze«, die dann von den Autorinnen und Autoren der vier folgenden Fachbeiträge aufgegriffen werden.

Wir hoffen, Ihnen mit diesem Heft die sieben Ziele der Ozeandekade etwas näherzubringen und Aufgaben für die Hydrographie aufzuzeigen.



Lars Schiller



Hydrographic Conference

www.hydro2024.com

HYDRO 2024

ROSTOCK

5 - 7 NOVEMBER

Sea you ABOVE and BELOW

UN-Ozeandekade

40 Jahre DHyG

6 **Wir sind nicht niemand**
Eine Rede zum Jubiläum der DHyG von THOMAS DEHLING

Wissenschaftsgespräch

8 **»Der Ozean ist existenziell für alle als unser Lebenserhaltungssystem auf der Erde«**
Ein Interview mit STEFFEN KNODT

Seabed mapping

14 **Seabed 2030: The seabed data we need for the ocean we want**
An article by JAMIE MCMICHAEL-PHILLIPS

Geisternetze

20 **Nutzung künstlicher Intelligenz zur Aufspürung von Geisternetzen in Küstengewässern**
Ein Beitrag von MIA SCHUMACHER, MARKUS GÖTZ, GABRIELE DEDERER und MAREEN LEE

Digital twins

26 **Building coastal digital twins in the UN Ocean Decade**
An article by KNUT HARTMANN, MONA REITHMEIER and MAGNUS WETTLE

Ice service

30 **Sea ice in the Baltic**
An article by JÜRGEN HOLFORT and WIEBKE ALDENHOFF

Hydrographische Nachrichten
HN 127 – März 2024

Journal of Applied Hydrography

Offizielles Organ der Deutschen Hydrographischen Gesellschaft – DHyG

Herausgeber:
Deutsche Hydrographische Gesellschaft e. V.
c/o Innomar Technologie GmbH
Schutower Ringstraße 4
18069 Rostock

ISSN: 1866-9204

© 2024

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

Redaktion:
Peter Dugge, Dipl.-Ing.
Horst Hecht, Dipl.-Met.
Holger Klindt, Dipl.-Phys.
Friederike Köpke, M.Sc.
Dr. Jens Schneider von Deimling
Stefan Steinmetz, Dipl.-Ing.
Ellen Werner, M.Sc.
Dr. Patrick Westfeld

Hinweise für Autoren und Inserenten:
www.dhyg.de > Hydrographische Nachrichten > Mediadaten und Hinweise

Die nächsten Schwerpunktthemen

- HN 128 (Juli 2024) **Munition im Meer**
- HN 129 (November 2024) **International Issue zur HYDRO 2024**
- HN 130 (Februar 2025) **Küstenzone**

DOI: 10.23784/HN127-01

Wir sind nicht niemand

Eine Rede zum Jubiläum der DHyG von THOMAS DEHLING

Vor 40 Jahren wurde die Deutsche Hydrographische Gesellschaft e. V. – abgekürzt DHyG – in Hamburg gegründet. Das Jubiläum ist Anlass, am Ort der Gründung zu feiern. Wir drucken Auszüge aus der Festrede, die Thomas Dehling, der Erste Vorsitzende der DHyG, am 19. März 2024 an der HafenCity Universität gehalten hat.

40 years ago, the German Hydrographic Society – in German: Deutsche Hydrographische Gesellschaft, DHyG for short – was founded in Hamburg. The anniversary is an occasion to celebrate at the place, where the organisation was founded. We publish excerpts from the speech given by Thomas Dehling, First Chairman of the DHyG, at HafenCity University on 19 March 2024.

Autor
Thomas Dehling ist National Hydrographer von Deutschland und Erster Vorsitzender der DHyG.

thomas.dehling@bsh.de

Stellen Sie sich vor, Sie machen Urlaub an der Ostsee und schwimmen etwas hinaus, dann tauchen Sie bis zum Meeresgrund. Auf einmal erscheint vor Ihnen der Eingang in eine Höhle, die sich zu einem großen unterseeischen Saal erweitert. In dem Moment haben Sie die geheimnisvolle Welt der Hydrographie entdeckt. Voller spannender Dinge, technischer Wunderwerke und farbenfroher räumlicher Darstellung in 4-D. In diesem Saal philosophieren Experten über die Feinheiten ihrer Profession.

Manchmal erscheint es mir so, als wäre die Hydrographie eine Geheimwissenschaft, die ihre Erkenntnisse sorgsam hütet und vor der Entdeckung durch andere schützt. Denn es ist nicht leicht, den Weg zur Hydrographie zu finden und ihren besonderen Reiz zu erkennen – nicht für Schüler und für den Nachwuchs, überhaupt für die Öffentlichkeit, und auch nicht für die Politik.

An der HafenCity Universität trifft man auf einige dieser Exoten, die den Weg gefunden haben. Hier gibt es den einzigen Masterstudiengang Deutschlands mit der Vertiefung Hydrographie. Ein sehr guter Grund, heute hier zu feiern.

Sie alle haben den Weg in diesen geheimen Saal gefunden – in den Saal der Hydrographie und in den Saal der heutigen Jubiläumsfeier. Noch zudem sind Sie Mitglied der Deutschen Hydrographischen Gesellschaft geworden (oder werden es noch).

In der DHyG wollen wir gemeinsam die Hydrographie bekannter machen und Nachwuchs gewinnen. Dies ist eine der großen Herausforderungen, wobei wir schon einiges erreicht haben, aber noch nicht am Ziel sind. Erzählen Sie weiter, was Sie für Wunder gesehen haben, und zeigen Sie anderen den Weg hierher in unseren geheimen Club.

Bei der Gründung der DHyG ging es zunächst nur um den fachlichen Austausch dieser Geheimwissenschaftler untereinander.

Es gab acht Gründungsmitglieder. Prof. Dr. Bettac vom Deutschen Hydrographischen Institut (DHI) war in den ersten vier Jahren Erster Vorsitzender. Sein Stellvertreter war Prof. Andree (später war er selbst Vorsitzender). Herr Wentzell von Krupp Atlas war Schriftführer. Kassenwart war Herr Treske vom Vermessungsbüro Treske und Wallis. In dem Büro war zunächst auch die Geschäftsstelle angesiedelt. Herr Neumann war der erste Beiratsvorsitzende (später hat er lange die Geschäftsstelle geleitet, zudem ist er eines unserer drei Ehrenmitglieder). Die weiteren drei Gründungsmitglieder waren Prof. Dr. Schrick (DHI), Dr. Schleider (WSD Nordwest) und Herr Arps.

1982 begannen erste Initiativen, und 1983 arbeitete ein Vorbereitungsausschuss. Schon damals war Herr Neumann dabei. Die Eintragung in das Vereinsregister erfolgte am 10. Februar 1984. Die erste ›richtige‹ Mitgliederversammlung fand am 8. Dezember 1984 bei HPC in Hamburg statt, bei der 24 Mitglieder anwesend waren. Der erste Kassenbericht für 1983 wies Einnahmen von 800 DM und Ausgaben von 9,30 DM aus.

Einige Diskussionen gab es um den Namen und insbesondere um die Abkürzung. Hierfür gab es ursprünglich mehrere Varianten: DHG, DEHYG, DHYG, DEHYGE. Nachdem auf der Sitzung am 13. September 1983 der Name der Gesellschaft als »Deutsche Hydrographische Gesellschaft e. V. (DHG)« festgelegt worden war, entschied sich der Vorbereitende Ausschuss am 19. Oktober 1983 doch noch um und verwarf »DHG«, denn unter dieser Abkürzung gab es bereits die Deutsche Hämophiliegesellschaft. Das heutige Namenskürzel wurde endgültig festgelegt. Eine weise Entscheidung, denn das y macht uns unverwechselbar.

Auch die Geschichte um das Vereinsemblem ist erwähnenswert, weil sie sinnbildlich ist für die Arbeit des Vereins. Wir machen viel selbst und erreichen auch, trotz geringer Ressourcen, sehr viel. Beim Logo kann man sich natürlich trefflich streiten, folglich wurden diverse Varianten diskutiert. Letztlich wurde in der Sitzung vom 18. April 1984 das Logo in runder Form beschlossen. Nur leicht modifiziert wird es noch heute so im Corporate Design verwendet. Und so wie das Logo für den Verein steht, stehen auch die *Hydrographischen*

Nachrichten und die Website für den Verein – alles von engagierten Mitgliedern selbst gemacht.

An dieser Stelle muss ich die Geschäftsstelle erwähnen. Denn was wäre die DHyG ohne ihre Geschäftsstelle? Auch hier sind wir sehr schlank aufgestellt, was man nach außen allerdings nicht merkt. Nach den Vermessungsbüros Treske und Wallis und ab 1988 Neumann ist die Geschäftsstelle seit 2007 bei der Firma Innomar in Rostock angesiedelt. Der Geschäftsführerin Sabine Müller und Caren Korte, die uns von Norwegen aus großartig unterstützt, möchte ich hier ganz besonders danken. Bestes Beispiel für die exzellente professionelle Unterstützung sind die internationalen HYDRO-Konferenzen in Rostock.

Wenn nicht gerade eine HYDRO ansteht, sind die Hydrographentage das nationale Pendant. Diese Veranstaltungen bilden jedes Jahr eine Plattform zum fachlich-wissenschaftlichen Diskurs, aber auch zum persönlichen Austausch und zur Präsentation neuer Dienstleistungen und technischer Entwicklungen. Der erste Hydrographentag fand übrigens im September 1988 in Hamburg statt.

Unsere Hydrographische Gesellschaft lebt, wie Sie feststellen können, von dem großen Engagement ihrer Mitglieder. Das gilt auch für die heutige Festveranstaltung. Mein besonderer Dank gilt dem Organisationsteam um Lutz Christiansen und der tollen Unterstützung durch die HCU.

Heute blicken wir zurück auf 40 Jahre. Nun kann man sich fragen, warum die DHyG nicht eigentlich schon früher entstanden ist. Die Themen wurden bis dahin vereinzelt im DVW und in anderen Verbänden mit behandelt, aber erst mit der DHyG wurde alles zusammengeführt. Die Zusammenarbeit mit den anderen Verbänden der Bremer Erklärung sowie mit der GMT und der HTG ist aber sehr wichtig und funktioniert auch sehr gut.

Wir können mit Stolz auf die ersten 40 Jahre zurückschauen. Was wir aber noch lernen müssen, ist, unsere Sichtbarkeit nach außen zu verbessern, insbesondere in Hinblick auf die Nachwuchsgewinnung. Wie gelingt es, Schülerinnen und Schüler für die spannende Welt der Hydrographie zu begeistern, und wie zeigen wir ihnen den Weg in diese unterseeische Wunderwelt?

Vielleicht so: Wir sollten nicht zu viel erklären, sondern vielmehr die Relevanz der Hydrographie für Umwelt und Gesellschaft aufzeigen, für die Nutzung und den Schutz der Meere, erst recht bei der steigenden Bedeutung der Meere insgesamt. Es freut mich daher ganz besonders, dass wir Herrn Knodt für die heutige Festrede gewinnen konnten.

Deutschland hat aber neben der Nord- und Ostsee auch ein großes Potenzial in seinen Binnengewässern. Hier wünsche ich mir für die Zukunft noch mehr Aktivitäten in der DHyG.

Ganz entscheidend für hydrographische Themen ist immer der internationale Austausch – und noch mehr die Abstimmung und Standardisierung, von den Seekarten bis zur Ausbildung. Es ist daher für die DHyG eine besondere Ehre, dass der Generalsekretär der IHO aus Monaco angereist ist und ein Grußwort an uns richtet. Ebenfalls eine Ehre ist es, dass auch der Präsident der International Federation of Hydrographic Societies (IFHS), David Vincentelli, der aus Frankreich herübergekommen ist, ein Grußwort sprechen wird.

Leider musste Herr Heegewaldt, der Präsident des BSH, kurzfristig absagen, da er nach Berlin ins Ministerium gerufen wurde. Aber er bat mich, Sie alle ganz herzlich zu grüßen und seine besten Wünsche für die nächsten 40 Jahre der DHyG zu überbringen. Ich weiß aus vielen Gesprächen mit ihm, dass ihm die Hydrographie sehr am Herzen liegt und dass das BSH die enge Zusammenarbeit mit der DHyG weiter fördern wird. Seiner Initiative ist es auch zu verdanken, dass die Parlamentarische Staatssekretärin im BMDV, Frau Kluckert, zur HYDRO nach Rostock kommen wird.

Das Jubiläum zum 25. Geburtstag der DHyG fand übrigens 2009 nicht weit von hier im Maritimen Museum statt. In Hamburg ist die DHyG gegründet worden und im Vereinsregister eingetragen. Hamburg hat aber auch mit der HCU die einzige Universität in Deutschland, in der man, wie erwähnt, Hydrographie studieren kann. Alles gute Gründe, heute hier die ersten 40 Jahre der DHyG zu feiern.

Sind wir immer noch eine Geheimwissenschaft? Verstecken wir uns im Meer, wie Kapitän Nemo mit seiner Nautilus?

Nein, wir verstecken uns nicht. Wir haben schon einige große Schritte gemacht, mit den spannenden Themen der Hydrographie in der Öffentlichkeit deutlich sichtbarer zu werden. Aber wir alle müssen noch mehr tun, um mehr wahrgenommen zu werden. Wir sind nicht Nemo, wir sind nicht niemand.

Ich wünsche mir für die weitere Zukunft der DHyG, dass wir alle daran arbeiten, die Hydrographie bekannter zu machen. Die Ozeandekade, die die wachsende Bedeutung der Meere betont, hilft uns dabei. //

DOI: 10.23784/HN127-02

»Der Ozean ist existenziell für alle als unser Lebenserhaltungssystem auf der Erde«

Ein Interview mit STEFFEN KNODT

Dr. Steffen Knodt ist Mitglied im Vorstand des deutschen Ozeandekaden-Komitees. Im Interview berichtet er von den Aktivitäten der Ozeandekade. Dabei unterstreicht er den Beitrag der Hydrographie für die Ozeandekade. Optimistisch bewertet er die Fortschritte bei der Kartierung des Meeresbodens. Bis 2030 sei noch sehr viel möglich. Eindringlich betont er, wie wichtig es ist, das Bewusstsein der Menschen für die Bedeutung der Meere zu wecken. Was wir in diesem Jahrzehnt erreichen, wird sich auf die nächsten hundert Jahre auswirken.

Ozeandekade | SDG 14 | Plastikmüll | Geisternetze | Korallenriffe | Seegraswiesen | Maritime Raumplanung DITTO | kritische Infrastruktur | Seabed 2030 | GMT
Ocean Decade | SDG 14 | plastic waste | ghost nets | coral reefs | seagrass meadows | marine spatial planning | DITTO | critical infrastructure | Seabed 2030 | GMT

Dr. Steffen Knodt is a member of the board of the German Ocean Decade Committee. In this interview, he reports on the activities of the Ocean Decade. He underlines the contribution of hydrography to the Ocean Decade. He is optimistic about the progress made in mapping the seabed. A lot is still possible by 2030. He strongly emphasises how important it is to raise people's awareness of the importance of the oceans. What we achieve in this decade will have an impact for the next hundred years.

Interviewer
Das Interview mit Dr. Steffen Knodt hat Lars Schiller im Februar per E-Mail geführt.

steffen.knodt@deepblue.earth

Herr Knodt, wir wollen mit Ihnen über die Ozeandekade der Vereinten Nationen sprechen. Ein Jahrzehnt lang soll sich alles um die Ozeane drehen. Warum diese Einschränkung auf die ganz großen Meere, auf die Ozeane? Warum hat man keine Meeresdekade ausgerufen?

Mit der Agenda 2030 hat sich die Weltgemeinschaft bereits 2015 insgesamt 17 Ziele für eine sozial, wirtschaftlich und ökologisch nachhaltige Entwicklung gesetzt. Es geht um die sogenannten Sustainable Development Goals, abgekürzt SDGs. Eines dieser 17 Ziele – das SDG 14 – ist ganz auf das »Leben unter Wasser« ausgerichtet und heißt vollständig: »Ozeane, Meere und Meeresressourcen im Sinne nachhaltiger Entwicklung erhalten und nachhaltig nutzen«. Die Ozeandekade hat also schon einen viel umfassenderen Rahmen und schließt neben dem großen Ozean natürlich auch alle Meere ein und beginnt im Grunde bereits an Land bei unseren Flüssen.

Die Ozeandekade wurde 2021 gestartet, da leider unsere Meere in einem sehr schlechten Zustand sind und das SDG 14 im Vergleich zu den anderen Nachhaltigkeitszielen den geringsten Fortschritt zeigt. Dabei sind die Ziele des SDG 14 für die Weltbevölkerung von sehr großer Bedeutung, da es wie SDG 15 »Leben an Land« zu den vier großen Zielen zählt, die sich auf die Biosphäre beziehen.

Um was geht es beim SDG 14 genau?

Beispielsweise sollen im SDG 14 die Meeresverschmutzung erheblich verringert und die Versauerung der Ozeane bekämpft werden. Deutschland hat sich zum Thema Plastikmüll im Meer schon vor dem Start der Ozeandekade in der Politik für internationale Abkommen eingesetzt. Wir haben hierzulande eine ganze Reihe herausragender Initiativen aus der Zivilgesellschaft sowie Start-ups, welche nach Lösungen für die entstehenden Probleme der Verschmutzung suchen. Mit der UN-Ozeandekade wollen wir diese und andere Akteure unterstützen sowie durch eine Vernetzung gegenseitig in ihrem Engagement verstärken.

Beim Thema Versauerung der Ozeane ist hingegen noch sehr viel Öffentlichkeitsarbeit zu leisten, warum dies auch für die Bevölkerung an Land enorm wichtig ist und wie man sich hier engagieren kann. Der Ozean nimmt etwa 25 Prozent der menschengemachten CO_2-Emissionen und etwa 90 Prozent der Wärme auf, mit gravierenden Folgen für die maritimen Ökosysteme und deren Biodiversität. Gerade für die sehr empfindlichen Korallenriffe hat das gravierende Folgen: Rund 30

Prozent der weltweiten Korallenriffe haben wir bereits verloren und die weiteren Aussichten sind nicht gut.

Wenn derzeit also viel über weniger CO_2-Ausstoß und über mehr Klimaschutz diskutiert wird, betrifft das auch unmittelbar unsere Ozeane und die Meere, was allerdings nicht unbedingt offensichtlich ist. Dass wir am Zustand der Meere etwas verbessern müssen, wird zum Beispiel am besonders empfindlichen Ökosystem unserer Ostsee deutlich. Wir können also direkt bei uns vor Ort anfangen, etwas zu tun.

Sie sind seit diesem Januar im Vorstand des Ozeandekaden-Komitees. Wie kam es dazu?

Als die Dekade der Meeresforschung für nachhaltige Entwicklung – kurz: Ozeandekade – von den Vereinten Nationen ausgerufen wurde, hat sich die deutsche Bundesregierung dankenswerterweise bereit erklärt, in Berlin die Kick-off-Konferenz auszurichten. Für die Koordination der Ozeandekade ist die Intergovernmental Oceanographic Commission der UNESCO zuständig, sie wird dabei von den nationalen Ozeandekaden-Komitees unterstützt. Wir waren in Deutschland bereits sehr früh in die Anfänge der Ozeandekade eingebunden und eines der ersten Länder mit einem eigenen Komitee. Dabei wurden für das deutsche Ozeandekaden-Komitee (ODK) alle Interessengruppen aufgerufen, sich mit Vertretern für das neue Komitee zu bewerben. Da ich bereits seit vielen Jahren im Vorstand der Gesellschaft für Maritime Technik e. V. (GMT) bin und mich auch in der Offshore-Industrie mit Nachhaltigkeitsthemen beschäftigt habe, liegen mir die Zielsetzungen der Ozeandekade persönlich sehr nahe. Ich habe mich daher sehr gefreut, dass meine Bewerbung für das erste Komitee im Herbst 2020 angenommen wurde und ich dann auch in dessen Vorstand gewählt wurde. Für die zweite Wahlperiode haben wir nun satzungsgemäß in das Komitee neue Mitglieder aufgenommen, dafür sind andere ausgeschieden. Um die Kontinuität im Vorstand sicherzustellen, habe ich mich erneut zur Wahl gestellt. Und ich danke dem deutschen Ozeandekaden-Komitee für das entgegengebrachte Vertrauen.

Für die Ozeandekade wurden sieben konkrete Ziele formuliert. Ein übergeordnetes Ziel ist es, die verschiedenen Wissenschaften bestmöglich einzubinden, um die sieben konkreten Ziele zu erreichen. Der Slogan lautet: »The science we need for the ocean we want.« Daher geht es uns nun darum, von Ihnen zu erfahren, wie die Hydrographie unterstützen kann. Erstes Ziel der Ozeandekade: Wir wollen einen sauberen Ozean! Da kann die Hydrographie mit ihren Methoden nicht helfen. Oder doch? Wir können helfen, den Plastikmüll zu finden, und nach Geisternetzen suchen.

Eines der dringendsten Probleme ist tatsächlich, unser Wissen über den Ozean zu verbessern



Dr. Steffen Knodt

– denn nur dann können wir ihn auch schützen und nachhaltig nutzen. Da wissen wir leider noch viel zu wenig, und da ist die Hydrographie für die Ozeandekade von sehr großer Bedeutung. Das Problem der Plastikverschmutzung hatte ich ja schon erwähnt, Geisternetze sind dabei besonders problematisch. Hier ist es beispielsweise möglich, mit Hilfe von Side-Scan-Sonar-Daten die Lage von Geisternetzen zu bestimmen, damit diese später durch Taucher geborgen werden können. Darüber hinaus leistet die Hydrographie einen unschätzbaren Beitrag zur Ozeandekade bei der Kartierung des Meeresbodens. Das Seabed-2030-Programm ist eines der großen Initiativen, welche von der Ozeandekade unterstützt wird. Zum Start von Seabed 2030 im Jahr 2017 waren gerade mal 6 Prozent des Meeresbodens kartiert, inzwischen wurden durch gemeinsame Anstrengungen schon etwa 30 Prozent mit Hilfe der Hydrographie erfasst. Ziel ist es, innerhalb der nächsten Jahre eine vollständige Karte der Ozeanböden zu erstellen. Dabei leisten auch Unternehmen aus der Hydrographie-Branche einen sehr wichtigen Beitrag als Partner der Ozeandekade. Diese Partnerschaft mit dem IOC-UNESCO umfasst eine konkrete Unterstützung der Ozeandekade in Form von Sachleistungen durch die Ausleihe von Experten an das IOC-Sekretariat mit dem Ziel, die Beteiligung des Privatsektors an der Ozeandekade zu erhöhen

»Mit der Kartierung des Meeresbodens leistet die Hydrographie einen unschätzbaren Beitrag zur Ozeandekade«

Steffen Knodt

Zweites Ziel: Wir wollen einen gesunden und widerstandsfähigen Ozean! Da fällt uns nun wirklich keine Rolle für die Hydrographie ein. Es sei denn, wir bewegen uns in flachere Bereiche des Meeres, wo wir Seegras kartieren oder Korallenriffe vermessen, und zwar immer wieder, um Veränderungen zu dokumentieren – hoffentlich positive Entwicklungen. Hilft das?

Natürlich ist das eine enorm große Hilfe, den schlechten Zustand der Korallenriffe hatte ich ja schon erwähnt, ergänzend dazu sind 40 Prozent der Riffe in einem gefährdeten und nur noch 30 Prozent in einem guten Zustand. Entsprechend wichtig ist die Dokumentation des Zustands und der Veränderungen durch die klimabedingten Einflüsse, aber auch durch die vielen Versuche in Projekten, diesen Einflüssen entgegenzuwirken, zum Beispiel durch Ansiedlung von Korallen, die höheren Wassertemperaturen ausgesetzt werden können. Seegraswiesen kommt eine besondere Bedeutung zu, da deren Verbreitung in den letzten Jahren auch stark abgenommen hat. Neben ihrer Bedeutung für den Küstenschutz sind Seegraswiesen aber auch ganz ausgezeichnete natürliche CO_2-Speicher. Daher ist es hier für die Hydrographie gerade ein sehr spannendes Feld, diese natürlichen Lebensräume zu erfassen und zu monitoren.

Drittes Ziel: Wir wollen einen produktiven Ozean! Da fällt uns als Aufgabe die Raumplanung ein. Wir weisen zum Beispiel Zonen für die Fischerei aus oder für Windparks.

Für einen produktiven Ozean nimmt die Fischerei aufgrund ihrer globalen Bedeutung eine zentrale Position in der Ozeandekade ein, insbesondere soll die küstennahe nachhaltige Kleinfischerei gestärkt werden, mit einer besonderen Bedeutung zum Beispiel in Afrika für die lokale Wirtschaft. Die nachhaltige Nutzung betrifft aber gleichermaßen auch uns hier in Deutschland, wo ja im Moment der Ausbau der Offshore-Windenergie eine große Bedeutung hat. Hier auch die Interessen der regionalen Fischerei bei der Maritimen Raumplanung zu berücksichtigen, ist sehr wichtig. Ebenso wie man die Offshore-Windparks gleich so planen kann, dass diese die Ökosysteme durch geeignete Maßnahmen unterstützen. Auch hier gibt es Ansätze durch künstliche Riffe, die bereits umgesetzt werden.

Viertes Ziel: Wir wollen einen vorhersehbaren Ozean! Da denken wir an den Wasserstand, der sich gut vorhersagen lässt, aber auch an den Eisdienst, dessen Aufgabe es ist, die Entwicklung des Meereises vorherzusagen, was schon etwas komplizierter ist. Fällt Ihnen noch mehr ein?

Für einen vorhersehbaren Ozean wird eine wesentlich bessere Datenbasis benötigt – das zieht sich wie ein roter Faden durch viele der Programme in der Ozeandekade. Hier gibt es zum Beispiel das vom Geomar koordinierte Ozeandekaden-Programm »Digital Twins of the Ocean« oder kurz DITTO. DITTO schafft die Voraussetzungen für Ozeanbeobachtungen, Ozeansimulation und Visualisierung der Informationen. Mit diesen detaillierten digitalen Abbildern der Küsten- und Meeresregionen werden Ozeanmodelle getestet und Umweltveränderungen simuliert, sodass künftige Entwicklungen im Ozean mit größerer Genauigkeit prognostiziert werden können.

Fünftes Ziel: Wir wollen einen sicheren Ozean! Da kommen uns verschiedene Gefahren in den Sinn, ob es nun ein plötzlicher Tsunami ist, der durch ein Seebeben ausgelöst wurde, oder eine beständige Erosion. Die Hydrographie weiß, wie der Meeresboden geformt ist, und ermöglicht daher Simulationsberechnungen. Zum Beispiel zur Auswirkung von Tsunamiwellen oder anderen Sturmflutereignissen. Wo könnten wir noch helfen, den Gefahren zu begegnen?

Natürlich sind die Tsunami-Frühwarnsysteme ein ausgezeichnetes Beispiel, wie durch eine internationale Zusammenarbeit und den Einsatz von Meerestechnologie die Sicherheit in den Küstenregionen erhöht werden kann. Dies betrifft zu-

nehmend auch die langfristigen Veränderungen durch Küstenerosion und deren Folgen, wo die Hydrographie ja bereits bei den erwähnten digitalen Zwillingen der Ozeane einen Beitrag leistet. Im Rahmen der Ozeandekade wird dazu auch für das freiwillige Teilen von Ozeandaten durch die maritime Industrie geworben. Beispiele hierzu sind Tiefseekabel für die Datenkommunikation, die entlegene Regionen miteinander verbinden und die auch mit Sensoren für die Erfassung von Umweltdaten ausgestattet werden können. Die für die Verlegung gewonnenen und teilweise nicht benötigten hydrographischen Daten können anderen zur Verfügung gestellt werden. Seekabel wie auch Pipelines gehören zur kritischen Infrastruktur mit den entsprechenden Sicherheitsaspekten – auch hier leisten die Meerestechnik und die Hydrographie einen wesentlichen Beitrag.

Sechstes Ziel: Wir wollen einen zugänglichen Ozean! Da geht es wohl um Capacity Building, aber auch darum, das vorhandene Wissen allen Interessierten zur Verfügung zu stellen. Dabei können wir helfen, indem wir sämtliche Informationen über jeden Ort im Meer in einem Meeresinformationssystem zusammenfließen lassen, egal von welcher meereswissenschaftlichen Disziplin die Daten erhoben worden sind, Hauptsache, sie haben Koordinaten.

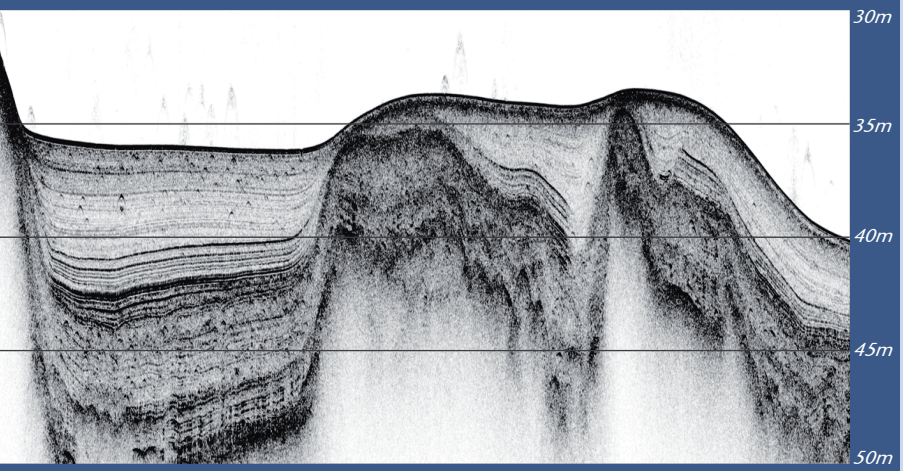
Bei diesem Ziel der Ozeandekade dreht sich vieles um internationale Zusammenarbeit und da heben Sie ganz richtig das Capacity Building und das Teilen von Informationen hervor. Bereits seit 2018 gibt es vom Bundesministerium für wirtschaftliche Zusammenarbeit und Entwicklung das Programm MeerWissen, welches die Zusammenarbeit zwischen afrikanischen und deutschen Meeresforschungseinrichtungen unterstützt, um ein effektives Management und den Schutz der afrikanischen Meere und Küsten zu ermöglichen. Das Teilen von ozeanographischen Daten mit Ländern des globalen Südens ist dabei enorm wichtig, egal ob diese durch deutsche Forschungsschiffe oder eben auch durch andere zivilgesellschaftliche oder industrielle Initiativen erfasst wurden.

»Wir haben viel zu wenig Daten, um den Zustand unserer Ozeane umfassend bewerten zu können und um daraus die richtigen Schlüsse für unser Handeln zu ziehen«

Steffen Knodt

Siebtes Ziel: Wir wollen einen inspirierenden Ozean! Da gibt es ja einiges zu staunen. Letztlich

www.innomar.com



Data Example from a Norwegian Fjord (Innomar "standard" SBP, 10kHz)

Innomar Parametric Sub-Bottom Profilers

- Discover sub-seafloor structures and buried objects
- Acquire unmatched hi-res sub-seabed data with excellent penetration
- Cover all depth ranges from less than one meter to full ocean depth
- Highly portable equipment for fast and easy mobilisation
- User-friendly data acquisition and post-processing software
- Used worldwide for various applications by industry, authorities, science

Innomar Technologie GmbH • Schutower Ringstr. 4 • 18069 Rostock • Germany

- Shallow-Water Solutions



- High-Power Solutions



- Remotely Opereated Solutions



Innomar

machen wir Hydrographen sichtbar, was unter der Wasseroberfläche verborgen ist. In der DHyG arbeiten wir gerade daran, mit einem Papiermodell von Gran Canaria zu veranschaulichen, wie viel von einer Insel eigentlich unter Wasser liegt. Haben Sie weitere Ideen?

Im Vergleich zu anderen Nationen ist in Deutschland der Ozean traditionell eher ein Randthema von nachgelagerter Bedeutung, daher hat das Thema Kommunikation in unserem Ozeandekaden-Komitee einen besonders hohen Stellenwert. Nur wenn wir eine Begeisterung für die Ozeane wecken können, schaffen wir auch ein Verständnis für den notwendigen Schutz der Meere und die Grundlagen für eine nachhaltige Nutzung der maritimen Ressourcen. Wir sind daher sehr dankbar für die Unterstützung unserer neuen Botschafter des deutschen Ozeandekaden-Komitees. Dafür konnten wir den Profisegler Boris Herrmann, die Zukunftsgestalterin und Gründerin Monika Griefahn, die Meeresbiologin und Autorin Julia Schnetzer, den Journalisten Lars Abromeit, den Polarforscher und Autor Arved Fuchs, die Juristin Anna von Rebay, den Extremsportler André Wiersig sowie Björn Both, Frontmann der Band »Santiano« und Segler, gewinnen. Die Gesellschaft für Maritime Technik (GMT) kooperiert im Rahmen ihrer »Ships of Opportunity«-Initiative mit Arved Fuchs und Boris Herrmann – beide haben auf ihren Schiffen Meerestechnik an Bord, um ozeanographische Daten in Regionen zu erfassen, in denen wenig und keine Daten verfügbar sind, und beide unterstützen uns ganz enorm bei der wichtigen Öffentlichkeitsarbeit. Als Extremschwimmer erfährt André Wiersig selbst die Veränderungen im Ozean, sein nächstes Projekt ist auf den Seychellen und macht damit aufmerksam auf die Herausforderungen auf den Inseln. Auch andere Inseln haben eine sehr große Bedeutung für die Ökosysteme im Ozean. Es freut mich sehr, dass die DHyG dabei ist, die Unterwasserwelt von Gran Canaria zu veranschaulichen – hier gibt es sicher Potenzial für gemeinsame Aktivitäten im Rahmen der Ozeandekade. Wir freuen uns daher sehr, die DHyG als Netzwerkpartner des deutschen Ozeandekaden-Komitees mit im Kreis unserer Unterstützer zu haben.

»Das Programm Seabed 2030 gewinnt stetig an Momentum. Dieses Momentum sollten wir weiter stärken, um dem Ziel, 100 Prozent des Ozeans bis 2030 vermessen zu haben, möglichst nahe zu kommen«

Steffen Knodt

Bitte vervollständigen Sie die folgenden Sätze mit Ihren spontanen Gedanken:

Der Ozean reguliert das Klima …

… und stößt dabei inzwischen an seine Grenzen – alles, was wir an Land für das Klima tun, hilft auch dem Ozean.

Der Ozean gibt uns Nahrung …

… und Luft zum Atmen, 50 Prozent des benötigten Sauerstoffs sind aus dem Meer.

Der Ozean ermöglicht uns Transportwege für Waren …

… und verbindet alle Länder ohne eine Grenze.

Der Ozean bietet uns erneuerbare Energie …

… im Überfluss aus Wind, Wellen, Gezeiten und Sonne.

Der Ozean hält Rohstoffe für uns bereit …

… wie Substanzen für die Medizin und Biotechnologie.

Der Ozean ist Lebensraum für Tiere und Pflanzen …

… sowie das »Life-Support-System« der Erde.

Dank der Hydrographie wissen wir, wie tief die Meere sind, wie der Meeresboden geformt und beschaffen ist. Ungefähr 30 Prozent der Meere sind inzwischen mit hoher Genauigkeit vermessen worden. Im Zuge der Initiative Seabed 2030 arbeiten wir daran, auch die fehlenden 70 Prozent in gleicher Qualität zu vermessen. Nun ist es absehbar, dass das in den verbleibenden knapp sieben Jahren nicht zu schaffen ist. Wann sollten wir uns das öffentlich eingestehen? Sollten wir vielleicht besser gleich von »Seabed 2040« reden?

Durch Seabed 2030 wurde schon sehr viel erreicht und das Programm gewinnt stetig an Momentum. Dieses Momentum sollten wir weiter stärken und noch mehr Unterstützer gewinnen, um dem Ziel, 100 Prozent des Ozeans bis 2030 vermessen zu haben, möglichst nahe zu kommen. Indem zum Beispiel auch von der Offshore-Industrie noch mehr Daten geteilt werden. Wesentlicher als das absolute Ziel zu einem bestimmten Zeitpunkt zu erreichen ist für mich eher, dafür zu werben, warum es so wichtig ist, mehr über den Ozean zu wissen, und wofür wir den ganzen Aufwand betreiben. Wir haben schlicht viel zu wenig Daten, um den Zustand unserer Ozeane umfassend bewerten zu können und um daraus die richtigen Schlüsse für unser Handeln zu ziehen. Wir laufen damit der Dynamik der klimatischen Veränderungen hinterher und diese Lücke müssen wir dringendst schließen. Seabed 2030 leistet dazu einen enorm wichtigen Beitrag. Auch die Initiativen der Ozeandekade werden hoffentlich noch über 2030 hinaus Bestand haben.

Im letzten Jahr haben Sie »Deepblue Earth« gegründet, die »Ocean Impact Agency«. Was sind Ihre Ziele mit dieser Firma?

Mit Deepblue Earth unterstütze ich Unternehmen und Investoren, die in der sogenannten Sustainable Blue Economy neben ihren wirtschaftlichen Tätigkeiten mit Bezug zum Meer auch eine positive Wirkung auf die Umwelt und die Gesellschaft erzielen wollen.

Was haben Sie davor beruflich gemacht?

In den letzten Jahren habe ich in der maritimen Branche im Bereich Offshore-Energie und Schifffahrt gearbeitet und dort zuletzt die Zusammenarbeit eines Konzerns mit Start-ups verantwortet – daraus hat sich dann auch Deepblue Earth entwickelt.

Welche Aufgaben haben Sie bei der Gesellschaft für Maritime Technik – GMT?

Im Vorstand der GMT setze ich mich für die Meerestechnik, insbesondere für die Themen Innovation und Digitalisierung sowie für die Nachhaltigkeitsziele, ein. Neben meiner Vorstandstätigkeit im Ozeandekaden-Komitee unterstützt die GMT als Netzwerkpartner übergreifend die Arbeit des Ozeandekaden-Komitees mit Aktivitäten und Veranstaltungen.

Was würden Sie gerne besser können?

Ich würde gerne den einzigartigen Mehrwert der GMT für die maritime Branche besser vermitteln können und die Möglichkeiten unseres Kompetenz-Netzwerkes noch wirksamer nutzen.

Was wissen Sie, ohne es beweisen zu können?

Der Ozean ist existenziell für alle Menschen als unser Lebenserhaltungssystem auf der Erde; egal ob man an der Küste oder in den Bergen lebt – wir hängen alle von den Meeren ab. Mit mehr Bewusstsein über diese große Bedeutung würden wir besser mit dem Ozean umgehen und diesen nicht über seine Grenzen belasten. Die Ozeandekade wird sicher helfen, das notwendige Wissen zu vermitteln, damit alle zusammen an Lösungen arbeiten, die Ökosysteme und Lebensräume unter Wasser für zukünftige Generationen zu bewahren. Was wir in diesen zehn Jahren erreichen, wird sich auf die nächsten Hunderte von Jahren auswirken – diese Chance müssen wir nutzen!

Als Mitglied im Vorstand der GMT möchte ich zum Abschluss gerne noch eine Sache sagen, wenn ich darf.

Nur zu.

Ich möchte die Gelegenheit nutzen, der DHyG herzlich zu ihrem 40-jährigen Bestehen zu gratulieren. Wir wünschen der DHyG alles Gute für die kommenden Jahrzehnte. Die GMT hatte gerade erst im letzten Jahr ihr entsprechendes Jubiläum, daher sind wir der DHyG seit vielen Jahren durch eine vertrauensvolle Zusammenarbeit verbunden. Wir freuen uns sehr darauf, gemeinsam mit der DHyG als Netzwerkpartner des ODK die Ziele der Ozeandekade engagiert zu unterstützen. //

FUGRO

OBTAIN **COMPREHENSIVE HYDROGRAPHIC DATA** IN DEEP WATER AND COASTAL REGIONS

We draw on our vast experience and extensive resources, including a fleet of dedicated survey vessels and airborne systems, to deliver a high-quality service that meets your data objectives.

To find out more visit
fugro.com

DOI: 10.23784/HN127-03

Seabed 2030: The seabed data we need for the ocean we want

An article by JAMIE MCMICHAEL-PHILLIPS

The United Nations Decade of Ocean Science for Sustainable Development, 2021 to 2030 (Ocean Decade) calls for global efforts to generate »the science we need for the ocean we want«. Here, we demonstrate the role of The Nippon Foundation-GEBCO Seabed 2030 Project (Seabed 2030), a flagship Ocean Decade Action focusing on inspiring the mapping of the global seabed, in generating the knowledge needed to implement meaningful actions that reduce harmful human pressures on the ocean. We begin with a brief overview of Seabed 2030. We then provide examples of how bathymetric data and Seabed 2030 support the Ocean Decade Outcomes, particularly those in relation to the Outcomes relating to an accessible and inspiring ocean.

seabed mapping | bathymetry | Open Science | Ocean Decade | Seabed 2030
Meeresbodenkartierung | Bathymetrie | Open Science | Ozeandekade | Seabed 2030

Die Dekade der Vereinten Nationen für Ozeanforschung im Dienste der nachhaltigen Entwicklung, 2021 bis 2030 (Ozeandekade), ruft zu globalen Anstrengungen auf, um »die Wissenschaft« zu schaffen, »die wir für den Ozean brauchen, den wir haben wollen«. Wir zeigen die Rolle des Projekts Seabed 2030 der Nippon Foundation und GEBCO, einer Vorzeigeaktion der Ozeandekade, die sich auf die Kartierung des globalen Meeresbodens konzentriert, um das Wissen zu schaffen, das für die Umsetzung sinnvoller Maßnahmen zur Verringerung des schädlichen menschlichen Drucks auf den Ozean erforderlich ist. Wir beginnen mit einem kurzen Überblick über Seabed 2030. Dann geben wir Beispiele dafür, wie bathymetrische Daten und Seabed 2030 die Ergebnisse der Ozeandekade unterstützen, insbesondere in Bezug auf die Ergebnisse, die sich auf einen zugänglichen und inspirierenden Ozean beziehen.

Author
Jamie McMichael-Phillips is the project director of Seabed 2030.

enquiries@seabed2030.org

Introduction

With the ever-increasing pressure on the ocean, there has never been a greater need to effectively manage damaging and degrading human activities. Developing effective and meaningful actions and policies that address human pressures requires knowledge and evidence from multiple sources (Boaz and Nutley 2023). To bolster scientific knowledge and evidence that can support effective policy and decision-making, the United Nations Decade of Ocean Science for Sustainable Development, 2021 to 2030 (Ocean Decade) is a call for global efforts to »generate the data, information and knowledge needed for more robust science-informed policies and stronger science-policy interfaces at global, regional, national and even local levels, leading to improved integrated ocean management and development of a sustainable ocean economy« (UNESCO-IOC 2021).

The Ocean Decade identifies seven outcomes for »the ocean we want«, underpinned by Challenges – priority action areas for achieving the Outcomes. Underpinning these Challenges are three Decade Objectives, which will be achieved through a mixture of programmes, projects, activities and contributions from a range of supporters, including (but not limited to) NGOs, research institutes, and community groups (the Decade Actions) (IOC-UNESCO 2021).

The generation, digitisation, management, preservation, and sharing of ocean data and other knowledge is critical to the Ocean Decade's ability to meet the Decade Challenges and achieve the desired Outcomes (UNESCO-IOC 2021). Indeed, although the volume of ocean data and knowledge is increasing, there are significant knowledge and data gaps for specific variables and/or in relation to spatial and temporal coverage. Furthermore, a substantial proportion of the ocean data collected is either not easily discoverable or inaccessible, while accessible data may not be interoperable (Fredston and Lowndes 2024; Potter and Pearson 2023). An »open science« approach is one of the desired Outcomes and is also recognised as essential for achieving the Sustainable Development Goals (UNESCO 2019; 2021).

Among the Ocean Decade Actions, The Nippon Foundation-GEBCO Seabed 2030 Project (Seabed 2030) has embraced an open science approach. Endorsed as a flagship Ocean Decade Action in June 2021, Seabed 2030's mission is to accelerate ocean mapping efforts and produce a complete,

open-access seabed map by 2030. Here, we provide 1) a brief overview of GEBCO and Seabed 2030, 2) examples of how bathymetric data support the Ocean Decade Outcomes, and in particular, 3) the Outcomes for an accessible and inspiring ocean.

A brief overview of GEBCO and Seabed 2030

In 1903, Prince Albert I of Monaco led a commission to create a general bathymetric chart of the ocean to standardise bathymetric chart nomenclature and terminology. The resulting charts, published in 1905, became the first General Bathymetric Chart of the Oceans (GEBCO) – now a joint programme of the International Hydrographic Organization (IHO) and the Intergovernmental Oceanographic Commission (IOC) of the United Nations Educational, Scientific and Cultural Organization (UNESCO) (Carpine-Lancre et al. 2003).

GEBCO products have evolved significantly, moving from paper maps to a Digital Atlas to a global bathymetric grid of increasingly high resolution (Fig. 1). The modern grid may give the impression that the global seabed has already been completely mapped. However, the grids are constructed using a satellite altimetry-derived base (low precision) onto which higher-resolution LiDAR, single-beam echo sounder and multibeam echo sounder-derived measurements are superimposed, with interpolation techniques used to fill the gaps where such measurements are sparse, i.e. a substantial proportion of the global ocean (Mayer et al. 2018).

Depth range	Grid cell size	Percentage of global seabed
0–1500 m	100 × 100 m	17.7 %
1500–3000 m	200 × 200 m	11 %
3000–5750 m	400 × 400 m	72.6 %
5750–11,000 m	800 × 800 m	2.7 %

Table 1: The expected minimum resolutions needed for the seabed to be considered »mapped« by depth. The changing resolution by depth reflects what is currently achievable using multibeam echo sounder technology (Mayer et al. 2018)

Seabed 2030 was created to generate the global momentum needed to map the entire seabed to an adequate resolution by 2030, build the frameworks necessary to compile bathymetric data from multiple sources into a single open-access digital product (GEBCO), and set standards for minimum mapping resolutions (Jakobsson et al. 2017) (Table 1). Since Seabed 2030 was officially launched in 2017, the percentage of the global seabed mapped has increased from 6 % to 24.9 % in 2023.

The role of bathymetric data in the Ocean Decade

Here, we explore the role bathymetric data play in the first five Ocean Decade Outcomes, namely »A

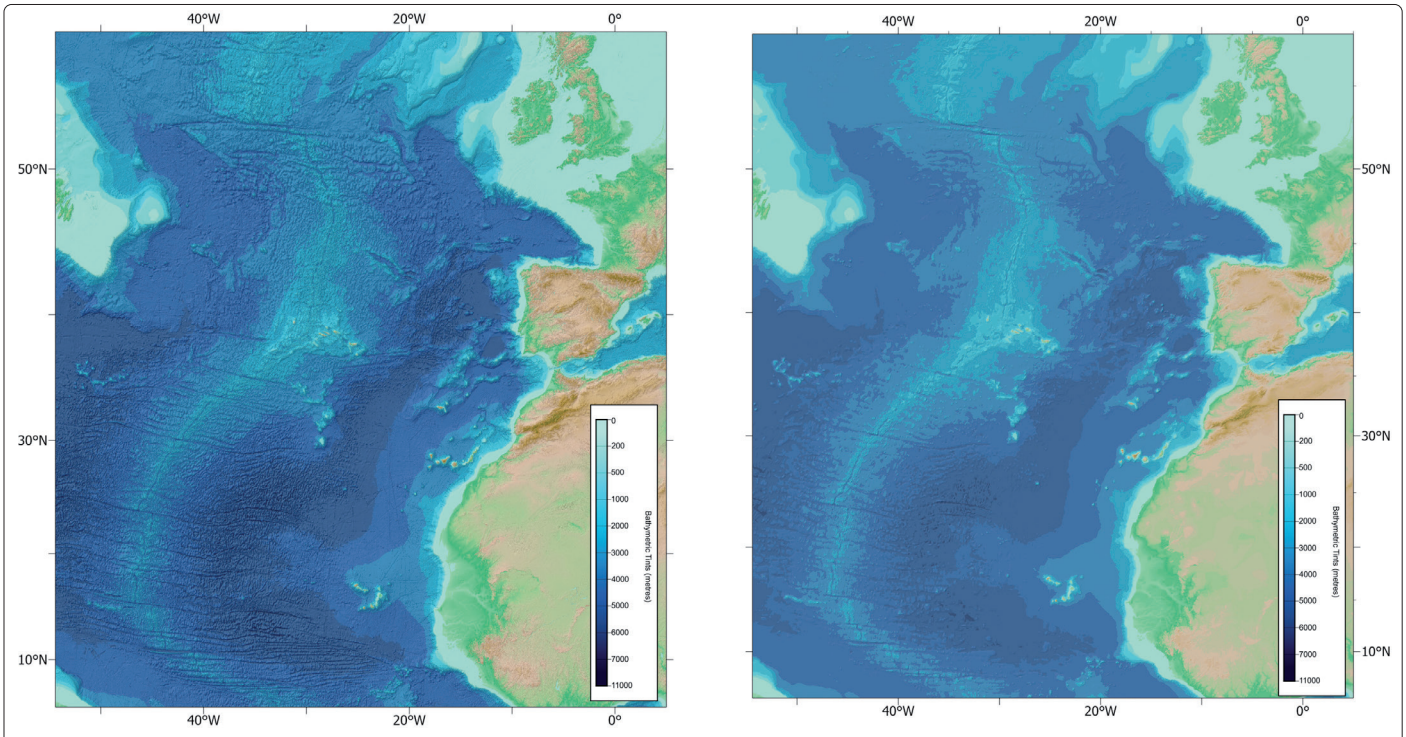


Fig. 1: Portrayal of the bathymetry of the North Atlantic from the 2023 GEBCO_2023 Grid, a global terrain model at 15 arc-second intervals (approximately 500 m × 500 m at equator) (left) and the 2003 GEBCO One Minute Grid, a global terrain model at 1 arc-minute intervals (1.85 km × 1.85 km at equator) (right). The GEBCO One Minute Grid was GEBCO's first global bathymetric model and was largely based on the bathymetric contour data set included in the Centenary Edition of the GEBCO Digital Atlas

clean ocean«, »A healthy and resilient ocean«, »A productive ocean«, »A predicted ocean« and »A safe ocean«. We address the last two Outcomes, »An accessible ocean« and »An inspiring and engaging ocean«, in the following section.

A clean ocean.
Example – plastic pollution
Plastic pollution is a growing issue that impacts the marine environment and marine life. The movement of plastics is controlled by winds, waves, tides and currents, the latter three of which are influenced by bathymetric properties such as depth topography. Furthermore, bathymetry can affect the location of plastic pollution sinks. As such, bathymetric knowledge is essential for predicting and forecasting the potential movements of plastics and designing mitigation and remediation efforts (Cau et al. 2022; Tekman et al. 2022).

A healthy and resilient ocean.
Example – deep sea communities
The deep sea is a challenging environment for species surveys, yet this information is essential for designating management actions to ensure their protection. The distribution of deep-sea benthic communities depends on bathymetric properties such as depth, slope, rugosity and bathymetric lows. As such, bathymetric properties, alongside biogeochemical oceanographic properties such as oxygen, can be used in models that predict the location of individual species or even communities (Bridges et al. 2023; Gonzalez-Mirelis et al. 2021).

A productive ocean.
Example – offshore wind farms
The placement of both fixed bottom (e.g. with a monopile driven into the sea floor) and floating (anchored to the seafloor) offshore wind farms depends in part on the suitability of the seabed. For example, depth places limitations on the type of foundation used (and indeed whether turbines can even be installed, while an understanding of the seabed geology, sedimentary and stratigraphic architecture is essential to understand if a site is suitable for turbines and what their design may be, and potential hazards (BVG Associates 2019; Tajalli Bakhsh et al. 2021).

A predicted ocean.
Example – Digital Ocean Twins
Spearheaded by the European Commission, Digital Ocean Twins, also known as Digital Twins of the Ocean, are multi-dimensional virtual replications of the ocean that harness machine learning, artificial intelligence and supercomputing to enable users to perform simulations and make predictions (forecasting and hindcasting). Potential outputs relate to risk assessment, conservation management, sustainable use and marine spatial planning. Once operational, Digital Ocean Twins' abilities to provide reliable outputs lie in part with the data they have. As such, access to higher-resolution bathymetric data will improve the efficacy of this emerging technology (EDITO-Model Lab 2024; IHO 2023; Tzachor et al. 2023).

A safe ocean.
Example – coastal community risks from the sea
Coastal communities face several risks from the ocean. For example, storm surges, flooding and rising sea levels may become more problematic as the climate changes in response to our greenhouse gas emissions. In contrast, events such as tsunamis occur in response to geological events over which we have no control. Bathymetry can play varying roles in the formation, frequency and magnitude of these and other events by, for example, influencing wave propagation and wave-current-surge interactions or generating hazards such as through slope failure. As such, bathymetric knowledge can play a role in risk assessment, mitigation and adaptation planning (Ercilla et al. 2021; Salaree and Okal 2020).

Supporting an inspiring, engaging and accessible ocean

Bathymetric data in itself may not contribute directly to the Outcomes »An inspiring and engaging ocean« or »An accessible ocean«. However, Seabed 2030 and project partner actions are directly aligned with these Outcomes.

GEBCO data and products: open, accessible and interoperable
GEBCO provides several open-access data sets. Regarding bathymetric data, the 2023 GEBCO bathymetric and Type Identifier grids can be downloaded in netCDF, Data GeoTIFF, and Esri ASCII raster formats, covering the entire globe or as user-defined areas. Historical Grids are also available for download (GEBCO 2024b).

In addition to the grids, there are several GEBCO-derived products freely available, namely, a Gazetteer of Undersea Feature Names, a world map, Web Map Services, a technical manual on how to build bathymetric grids (»Cook Book«), an illustrated book »The History of GEBCO, 1903-2003« and several bathymetric visualisations and maps (GEBCO 2024a).

The GEBCO One Minute Grid was first made available for download (as a set of tiled data sets) via the Internet in January 2004. During the first 16 months, there were over 3,000 downloads. In 2023, there were over 206,000 downloads of GEBCO's gridded data sets, including global grids; grids for user-defined areas, and imagery based on the grids.

Data loggers: improving access to technology

Access to technologies for seabed mapping and, more broadly, the study of the ocean is not equitable across the globe, which hampers scientific advancement (Alexander et al. 2022). Furthermore, nations may struggle to manage their marine estate effectively without access to technology and the data they provide. The issue of inequity is particularly acute for developing coastal nations and large ocean states (Amon et al. 2022).

Seabed 2030 has funded data loggers that can be used on vessels with a GPS and an echo sounder. Some of these data loggers have been distributed to recreational and commercial vessels in the Republic of Kiribati, which partnered with Seabed 2030 in 2023. As such, seabed data collected with these loggers and other means is shared for use in the GEBCO Grid. Although the data collected by these vessels typically lacks the resolution that is achieved with multibeam echo sounders, the data can be useful for areas where little to no data exists, where the only data for an area was collected with plumb-line measurements, or more dynamic areas, such as shallow coastal areas with sand banks.

Skills training: improving access to knowledge and innovation

Access to skilled mappers presents another capacity barrier. The Nippon Foundation-GEBCO Training Program in Ocean Mapping offers a postgraduate certificate in ocean bathymetry designed to provide people with the knowledge, skills and some real-world experience in ocean mapping. Based at the Center for Coastal and Ocean Mapping/Joint Hydrographic Center at the University of New Hampshire, the Program has trained over 110 people from 46, primarily developing, nations. Funding is provided through The Nippon Foundation's Scholarships and Fellowships for Global Ocean Issues initiative.

After course completion, students become part of an Alumni Network designed to support their continuing development and relationships with the broader global seabed mapping community. The Alumni Network has spearheaded several initiatives, including the non-profit Map the Gaps, which seeks to grow awareness about seabed mapping and increase diversity and equity seabed mapping. Members of the Alumni Network also participated in, and won, the 2019 Shell Ocean Discovery XPRIZE challenge for the development of an uncrewed surface vehicle designed to deploy and recover seabed mapping autonomous underwater vehicles (XPRIZE 2019).

Citizen science: engaging society and improving access to knowledge

Broadly, citizen science, also known as community science, is the involvement of non-specialists in the scientific process, most often through data collection. Citizen science can increase public engagement in ocean science and ocean sustainability, increase ocean literacy, and potentially enhance scientific knowledge and understanding of marine systems (Kelly et al. 2020; 2022).

The International SeaKeepers Society – a partner of Seabed 2030 – engages the yachting community in citizen science initiatives, including collecting depth data for Seabed 2030. The data is usually collected with the vessel's depth finder and GPS, and if the vessel does not already have one, a data logger provided by Seabed 2030. As of 2023, SeaKeepers had installed loggers on 65 yachts. The seabed data collected is shared with GEBCO. SeaKeepers maintains a dialogue with its volunteers on achievements, seabed mapping and other elements of ocean literacy pertinent to the projects it focuses on.

Outlook

Our knowledge about the ocean's topography, ocean processes, seabed dynamics and marine life falls behind our understanding of the terrestrial surface, which covers just 30 % of the planet. Without knowledge of the seabed, efforts to attain the Ocean Decade Outcomes and ensure a healthy ocean that supports all life on earth are significantly hampered.

Mapping and creating an open-access bathymetric grid of the entire global seafloor at sufficient resolution by 2030 is an ambitious project requiring the international community to rally around. More of the ocean has already been mapped, and data shared with GEBCO, since the inception of Seabed 2030. As long as international collaboration and cooperation surrounding seabed data collection and sharing continues, the 2030 goal may just be achieved. //

References

Alexander, Karen; Aysha Fleming; Narissa Bax et al. (2022): Equity of Our Future Oceans: Practices and Outcomes in Marine Science Research. Reviews in Fish Biology and Fisheries, DOI: 10.1007/s11160-021-09661-z

Amon, Diva J.; Randi D. Rotjan, Brian R. C. Kennedy et al. (2022): My Deep Sea, My Backyard: A Pilot Study to Build Capacity for Global Deep-Ocean Exploration and Research. Philosophical Transactions of the Royal Society B: Biological Sciences, DOI: 10.1098/rstb.2021.0121

Boaz, Annette; Sandra Nutley (2023): Evidence-Informed Policy and Practice. In: Tony Bovaird and Elke Loeffler (eds.): Public Management and Governance, 4th ed.

Bridges, Amelia E. H.; David K. A. Barnes; James B. Bell et al. (2023): Filling the Data Gaps: Transferring Models from Data-Rich to Data-Poor Deep-Sea Areas to Support Spatial Management. Journal of Environmental Management, DOI: 10.1016/j.jenvman.2023.118325

BVG Associates (2019): Guide to an Offshore Wind Farm. www.thecrownestate.co.uk/media/2860/guide-to-offshore-wind-farm-2019.pdf

Carpine-Lancre, Jacqueline; Robert Fisher; Brian Harper et al. (2003): The History of GEBCO 1903 – 2003. The 100-Year Story of the General Bathymetric Chart of the Oceans. www.gebco.net/data_and_products/history_of_gebco/documents/history_of_gebco.pdf

Cau, Alessandro; Simone Franceschini; Davide Moccia et al. (2022): Scattered Accumulation Hotspots of Macro-Litter on the Seafloor: Insights for Mitigation Actions. Environmental Pollution, DOI: 10.1016/j.envpol.2021.118338

EDITO-Model Lab (2024): EDITO-Model Lab – European DIgital Twin Ocean. https://edito-modellab.eu/

Ercilla, Gemma; David Casas; Belén Alonso et al. (2021): Offshore Geological Hazards: Charting the Course of Progress and Future Directions. Oceans, DOI: 10.3390/oceans2020023

Fredston, Alexa L.; Julia S. Stewart Lowndes (2024): Welcoming More Participation in Open Data Science for the Oceans. Annual Review of Marine Science, DOI: 10.1146/annurev-marine-041723-094741

GEBCO (2024a): GEBCO Data and Products. www.gebco.net/data_and_products/

GEBCO (2024b): Gridded Bathymetry Data. www.gebco.net/data_and_products/gridded_bathymetry_data/

Gonzalez-Mirelis, Genoveva; Rebecca E. Ross; Jon Albretsen; Pål Buhl-Mortensen (2021): Modeling the Distribution of Habitat-Forming, Deep-Sea Sponges in the Barents Sea: The Value of Data. Frontiers in Marine Science, DOI: 10.3389/fmars.2020.496688

IHO (2023): IHO Input to the Report of the UN Secretary General on Oceans and Law of the Sea. www.un.org/Depts/los/general_assembly/contributions78/08IHOEng.pdf

Jakobsson, Martin; Graham Allen; Suzanne Carbotte et al. (2017): The Nippon Foundation – GEBCO – Seabed 2030. Roadmap for Future Ocean Floor Mapping. www.gebco.net/documents/seabed_2030_roadmap_v10_low.pdf

Kelly, Rachel; Karen Evans; Karen Alexander et al. (2022): Connecting to the Oceans: Supporting Ocean Literacy and Public Engagement. Reviews in Fish Biology and Fisheries, DOI: 10.1007/s11160-020-09625-9

Kelly, Rachel; Aysha Fleming; Gretta T. Pecl; Julia von Gönner; Aletta Bonn (2020): Citizen Science and Marine Conservation: A Global Review. Philosophical Transactions of the Royal Society B: Biological Sciences, DOI: 10.1098/rstb.2019.0461

Mayer, Larry; Martin Jakobsson; Graham Allen et al. (2018): The Nippon Foundation – GEBCO Seabed 2030 Project: The Quest to See the World's Oceans Completely Mapped by 2030. Geosciences, DOI: 10.3390/geosciences8020063

Potter, Ross W. K.; Brodie C. Pearson (2023): Assessing the Global Ocean Science Community: Understanding International Collaboration, Concerns and the Current State of Ocean Basin Research. Ocean Sustainability, DOI: 10.1038/s44183-023-00020-y

Salaree, Amir; Emile A Okal (2020): Effects of Bathymetry Complexity on Tsunami Propagation: A Spherical Harmonics Approach. Geophysical Journal International, DOI: 10.1093/gji/ggaa334

Seabed 2030 (2023): HSH Prince Albert II of Monaco Announces a Quarter of the Ocean Now Mapped. https://seabed2030.org/2023/05/02/hsh-prince-albert-ii-of-monaco-announces-a-quarter-of-the-ocean-now-mapped

Tajalli Bakhsh, Tayebeh; Kent Simpson; Tony LaPierre et al. (2021): Potential Geo-Hazards to Floating Offshore Wind Farms in the US Pacific. International Conference on Offshore Mechanics and Arctic Engineering, DOI: 10.1115/IOWTC2021-3564

Tekman, Mine B.; Bruno Walther; Corina Peter; Lars Gutow; Melanie Bergmann (2022): Impacts of Plastic Pollution in the Oceans on Marine Species, Biodiversity and Ecosystems. Zenodo, DOI: 10.5281/zenodo.5898684

The International SeaKeepers Society (2024): www.seakeepers.org

Tzachor, Asaf; Ofir Hendel; Catherine E. Richards (2023): Digital Twins: A Stepping Stone to Achieve Ocean Sustainability? Ocean Sustainability, DOI: 10.1038/s44183-023-00023-9

UNESCO (2019): Global Sustainable Development Report 2019: The Future Is Now – Science for Achieving Sustainable Development. https://sdgs.un.org/publications/publication-future-nowscience-achieving-sustainable-development-32958

UNESCO-IOC (2021): The United Nations Decade of Ocean Science for Sustainable Development (2021–2030) Implementation Plan. https://unesdoc.unesco.org/ark:/48223/pf0000377082/PDF/377082eng.pdf.multi

UNESCO (2021): UNESCO Recommendation on Open Science. https://unesdoc.unesco.org/ark:/48223/pf0000379949

XPRIZE (2019): Shell Ocean Discovery XPRIZE. GEBCO-NF Alumni 2019. www.xprize.org/prizes/ocean-discovery/teams/gebco_nf_alumni

Ocean Power & Monitoring

Transform into the cost-efficient and sustainable future



OceanPack™
Underway





Racing

SOCAT ready



pCO_2 optical Analyzer

GHG Monitoring

Modular, easy to use and reliable monitoring incl. pCO_2 and Microplastic

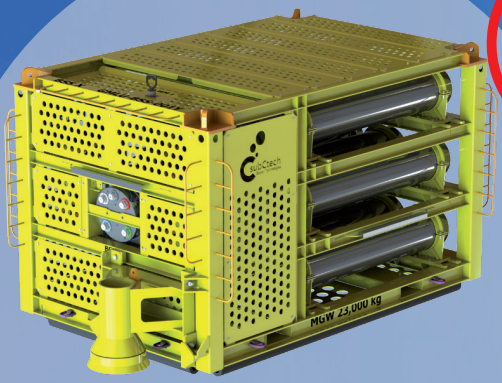
Subsea Li-Ion Batteries

Highly reliable, efficient and safe underwater power solutions for DC + AC

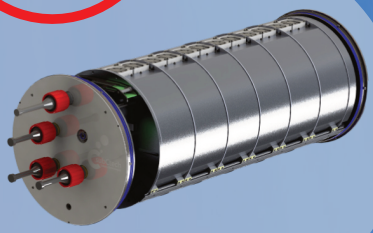


Standard Batteries

API17F Offshore certified



Energy Storage &
UPS Systems



Vehicles

SubCtech GmbH
www.subctech.com
info@subctech.com

ISO 9001

UN 38.3 passed

2021 2030 United Nations Decade of Ocean Science for Sustainable Development

subCtech

DOI: 10.23784/HN127-04

Nutzung künstlicher Intelligenz zur Aufspürung von Geisternetzen in Küstengewässern

Ein Beitrag von MIA SCHUMACHER, MARKUS GÖTZ, GABRIELE DEDERER und MAREEN LEE

Fischernetze, die frei im Gewässer ›umhergeistern‹, sind ein Problem für die Umwelt. Mit tiefgeschleppten Seitensichtsonargeräten werden die sogenannten Geisternetze gesucht. Auf den Bilddaten sind die Geisternetze jedoch kaum zu erkennen, dargestellt werden lediglich dünne Linien, die die Lage der Bleileinen wiedergeben, mit denen die Fischernetze beschwert werden; die eigentlich Netzstruktur bleibt unsichtbar. Bisher haben Menschen die Bilddaten ausgewertet. Viel schneller geht es mit einem automatisierten Ansatz aus der Computer Vision, bei dem mittels computergestützter Datenanalyse Geisternetze in den Bilddaten identifiziert werden können.

Geisternetze | Mikroplastik | Computer Vision | R-CNN | Trainingsdatensatz
ghost nets | microplastics | Computer Vision | R-CNN | training data set

Fishing nets that 'ghost' freely in the water are a problem for the environment. The so-called ghost nets are searched for using deep-towed side-scan sonar devices. However, the ghost nets are barely recognisable on the image data; only thin lines are shown that reflect the position of the lead lines with which the fishing nets are weighted; the actual net structure remains invisible. Until now, people have analysed the image data. An automated approach from Computer Vision is much faster, using computer-aided data analysis to identify ghost nets in the image data.

Autoren
Mia Schumacher arbeitet beim Geomar Helmholtz Zentrum für Meeresforschung in Kiel.
Dr. Markus Götz arbeitet beim Karlsruher Institut für Technologie (KIT).
Dr. Gabriele Dederer und Mareen Lee arbeiten beim World Wildlife Fund (WWF).

mschumacher@geomar.de

1 Hintergrund

Geisternetze sind ein immer größer werdendes Problem, das die Gewässer unseres Planeten belastet. Als solche werden abhanden gekommene Fischernetze, meistens Schlepp- oder Stellnetze aus Kunststoff, bezeichnet, die frei im Wasser ›umhergeistern‹. Netze, die in der Wassersäule driften oder auf den Boden abgesunken sind, ›fischen‹ dabei unkontrolliert weiter, sodass sich viele Meerestiere darin verfangen und verenden. Durch permanenten Abrieb an festen Strukturen werden Geisternetze außerdem zu Kleinstpartikeln zermahlen und tragen so wesentlich zur Erhöhung des Mikroplastikanteils in Gewässern bei. Obwohl schwierig zu quantifizieren, haben Studien für den Nordostatlantik und die Nordsee ergeben, dass verloren gegangenes Fischereigerät einen Anteil von bis zu 30 % des gesamten Meeresmülls ausmacht (Pham et al. 2014). Zudem wird geschätzt, dass ca. 2 % des weltweit eingesetzten Fischereigeräts verloren geht (Richardson et al. 2022). Regionale Studien zeigen sogar deutlich höhere (bis zu 20 %) Verlustquoten (Macfayden et al. 2009).

Mehrere Organisationen und Projekte wie z. B. Coastal Action (Collaborative Remediation of Abandoned, Lost or Otherwise Discarded Fishing Gear in Southwest Nova Scotia, 2023–2024) oder WWF (World Wildlife Fund) nehmen sich seit Jahren dieses Problems an und suchen in groß angelegter Feldarbeit mit Hilfe von Sonar nach Geisternetzen (Fulton 2023, WWF 2024). Mit tiefgeschleppten Seitensichtsonargeräten kann der Meeresboden effizient in sehr hoher Auflösung erfasst werden. In den erzeugten Bilddaten sind Netze als dünne Linien erkennbar, die sich um andere Strukturen gewickelt haben oder sich als lange schlangenähnliche Gebilde über den Boden ziehen (Abb. 1). Genau genommen handelt es sich bei dem, was auf dem Sonarbild akustisch sichtbar gemacht wird, um Bleileinen, die zum Beschweren an Fischernetzen befestigt sind. Der Kunststoffanteil der Netze bleibt mit dieser Methode unsichtbar. Bisher erfolgte die Auswertung manuell, das heißt, die Sonardaten werden von einer Person gesichtet und auf Linienstrukturen hin untersucht. Sobald Funde auf den Daten als potenzielle Geisternetze identifiziert werden, werden zur Verifizierung Tauchende eingesetzt. Bei richtig-positivem (RP) Ergebnis wird das Netz geborgen.

Neben dem enormen zeitlichen Aufwand ist die große Schwierigkeit dabei, falsch-positive (FP) Befunde zu identifizieren. Das sind Objekte, die eine ähnliche Form haben wie Netze, aber keine sind. Das können natürliche Strukturen wie Felsformati-

onen oder Sedimentwellen sein, aber auch künstliche wie Pipelines oder Kabel.

Die bisherigen Studien mit Sonargeräten haben gezeigt, dass das Vorgehen eine zuverlässige Entscheidungsgrundlage und ein großes Potenzial für die Suche und Bergung von Geisternetzen in der Ostsee liefert (Stolte et al. 2021). Berücksichtigt man die Größe von z. B. Schleppnetzen, ist deren Bergung auch im Hinblick auf den Eintrag von Mikroplastik in die Nahrungskette von signifikanter Bedeutung. Die Bergung von Großplastik trägt also wesentlich zur Verringerung von Mikroplastik bei.

Zieht man weitere Informationen wie Fanggebiete und -routen hinzu, lassen sich zudem Aussagen darüber treffen, wie groß das Problem wirklich ist. Eingangs erwähnte Schätzungen über die Menge des Mülleintrags durch verlorenes Fischereigerät können somit genauer quantifiziert werden. Aufgrund der Menge an Sonardaten, die über die Jahre gesammelt wurden, ist eine manuelle Auswertung ineffizient und aufgrund der Subjektivität bei der Auswertung durch einen menschlichen Operator auch häufig fehlerbehaftet. Wir machen uns daher die Methoden aus dem Bereich des maschinellen Lernens, konkret der Computer Vision, zunutze, um die Auswertung zu automatisieren – sprich, auf Sonardaten Geisternetze mittels computergestützter Datenanalyse zu identifizieren. Das erlaubt eine effizientere und objektivere Auswertung und der menschliche Fehler wird minimiert. Im folgenden Artikel geht es um den Aufbau und die Funktionsweise des Prototyps.

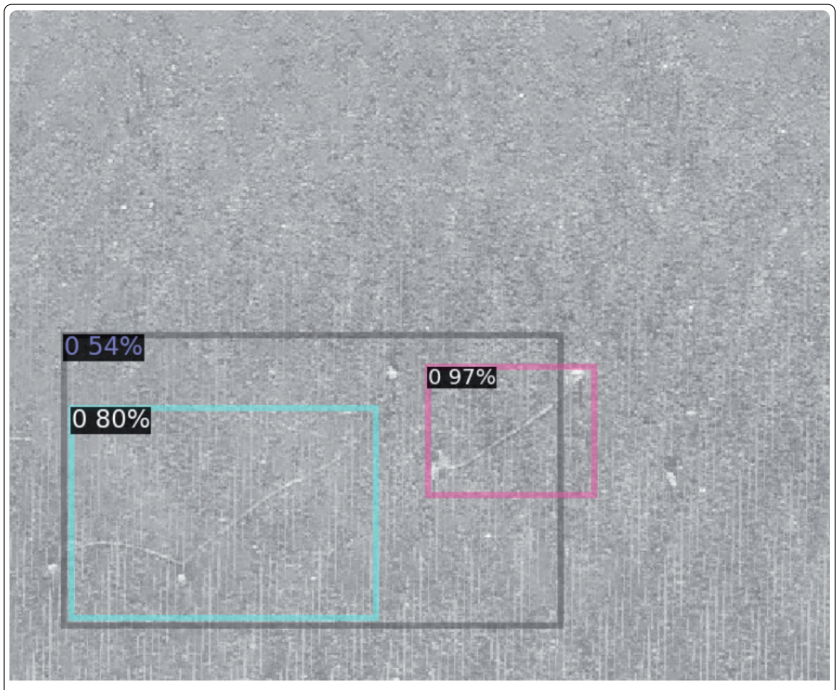


Abb. 1: Korrekte vom CNN detektierte Geisternetzteile

2 Die Methode

Neuronale Netzwerke

Als (künstliche) Neuronale Netzwerke ((K)NN) wird eine Graphenstruktur, bestehend aus Knoten und Kanten, bezeichnet, die dem biologischen Gehirn nachempfunden ist. Die Knoten, auch Neuronen genannt, sind im Fall des künstlichen NNs mathematische Funktionen, die eingehende Informationen verarbeiten und je nach Konfiguration über eine nicht-lineare Aktivierungsfunktion, gleich einem elektrischen Synapsenimpuls, weitergeben oder nicht. Ein solches Netzwerk ist durch Training mit annotierten Eingabedaten lern- und selbstoptimierungsfähig. Sie sind derzeit ein weitverbreitetes Werkzeug in der Computer Vision. Sofern richtig aufgebaut und gut trainiert, können sie in der automatisierten Bilderkennung Präzisionen erreichen, die dem Menschen ebenbürtig oder gar überlegen sind (z. B. Potrimba 2023).

Es gibt viele verschiedene NN-Architekturen, die alle aufzulisten an dieser Stelle den Rahmen sprengen würde. Die am häufigsten für die Bildanalyse verwendeten sind Convolutional Neural Networks (CNN). Diese zerlegen das Eingabebild in größer werdende rezeptive Felder, z. B. Bildkacheln, um darin Muster zu erkennen und zu extrahieren. Im Prinzip ist ein CNN eine Abfolge von Bildfiltern, die erst einfache Konstrukte wie Kanten erkennen und diese dann zu komplexeren Strukturen und Merkmalen zusammenfügen. Für die Objekterkennung in Bildern existieren verschiedene Implementierungen von CNNs. Jedoch wird konzeptuell zwischen ein- und zweistufigen Ansätzen unterschieden: Zweistufige Detektoren, wie z. B. Regional Convolutional Neural Networks (R-CNN), schlagen zunächst Regions of Interest (ROIs) im Bild vor, um dann im zweiten Schritt in den ROIs Objekte zu identifizieren und genauer einzugrenzen. Bei einstufigen Detektoren (z. B. YOLO-X) erfolgt die Objekterkennung und Eingrenzung in einem Schritt auf dem gesamten Bild (Reswara 2023; Potrimba 2023).

Unabhängig von der Wahl der Architektur ist es gängige Praxis, vortrainierte Modelle zu nutzen. Diese Modelle wurden an einem großen, standardisierten und vielfältigen Datensatz trainiert, um Merkmale sämtlicher verschiedener Objekte zu differenzieren. Das vortrainierte Modell bzw. die dort erlernten Merkmale dienen dann als Ausgangspunkt und können im weiteren Training auf den eigenen Datensatz spezialisiert werden. Ein solcher Standardbilddatensatz umfasst meistens mehrere Tausend Bilder und wurde sorgfältig annotiert und kuratiert (z. B. Solawetz 2020).

Faster R-CNN

Für den Prototyp zur Erkennung von Geisternetzen auf Sonarbildern nutzten wir die von Facebook AI Research (FAIR) zur Verfügung gestellte und auf

PyTorch basierende KI-Plattform Detectron2 (Wu et al. 2019). Alle Modelle in Detectron2 wurden auf dem MS-COCO-Datensatz vortrainiert. Dieser umfasst mehr als 200 000 annotierte Bilder zur Objekterkennung und -segmentierung (Lin et al. 2014). Für unsere Fragestellung nutzen wir ein Faster-R-CNN-Modell. In diesem zweistufigen Ansatz werden zunächst potenzielle ROIs mittels eines Region Proposal Networks (RPN) vorgeschlagen. Diese Regionen werden dann im zweiten Schritt an ein CNN übergeben, um signifikante Merkmale aus den ROIs zu extrahieren (feature maps). Abschließend entscheidet ein Klassifizieralgorithmus auf dieser komprimierten Darstellung, in welche Kategorie das Objekt passt (Ren 2017).

Faster R-CNN gelten (je nach Literatur, die Aussage ist etwas umstritten) aufgrund ihres zweistufigen Ansatzes als genauer bei der Detektion kleiner Objekte (z. B. Khan 2021; Carranza-Garcia 2021). Da wir es bei Geisternetzen mit dünnen Linien zu tun haben, die unterschiedlichste Formen annehmen können, schien dieses Modell besonders geeignet. Eine im Rahmen des Projekts durchgeführte Algorithmenstudie hat diese Eignung empirisch bestätigt.

Im folgenden Text wird der Begriff ›detektiert‹ oder ›automatisch detektiert‹ verwendet, wenn von automatischer Objekterkennung mittels Computer Vision die Rede ist. Umgekehrt ist von manueller Verifizierung oder nur Verifizierung die Rede, wenn es um in den Daten manuell gefundene und per Tauchgang verifizierte Netze geht.

Der Trainingsdatensatz

Ein hochqualitativer und gut annotierter Trainingsdatensatz ist die wichtigste Grundlage für eine verlässliche Vorhersageleistung von datengetriebenen CNNs. Ein solcher Datensatz deckt theoretisch im besten Fall das ganze Spektrum möglicher Bildvariationen ab. In diesem Fall heißt das, dass sämtliche Gewässerböden, die hier den Bildhintergrund ausmachen, darin vorkommen: Homogene Untergründe, wie Schlamm und Sand, sowie inhomogene, wie Steine, Felsen oder Riffe. Aufgrund ihrer Beschaffenheit können Geisternetze bzw. die in den Daten sichtbaren Bleileinen verschiedene Formen annehmen – sie können, ähnlich wie ein Seil, als lange Linien erscheinen oder auch auf einem Haufen liegen. Der Trainingsdatensatz sollte sämtliche Erscheinungsformen der Netze auf allen unterschiedlichen Untergründen abbilden können und am besten von allen Möglichkeiten eine ähnliche Anzahl an Bildern beinhalten.

Für die hier verwendeten Trainingsdaten wurden vom WWF per Tauchgang verifizierte Netzfunde auf vorhandenen Sonardaten lokalisiert. Die Daten wurden an entsprechender Stelle extrahiert und in Bilder umgewandelt, um dann darauf vorhandene Geisternetze zu labeln. Dafür wurde RectLabel (Kawamura 2017) genutzt, eine Software zum annotieren von Objekten auf Bildern. Ein Teil der verifizierten Daten wurde für die spätere Evaluierung des NNs zurückgehalten. Aufgrund des enormen Aufwands, verifizierte Daten zu erhalten, ist der zur Verfügung stehende Datensatz klein und kann damit nicht alle möglichen Eventualitäten abdecken. Die oben beschriebenen Qualitätsstandards für einen optimalen Trainingsdatensatz können deshalb nur beschränkt erreicht werden. Derzeit (Stand Januar 2024) umfasst der Datensatz 201 Bilder mit insgesamt 330 Netzinstanzen.

Validierung

Diese Datensätze wurden im Verhältnis 80 : 10 : 10 aufgeteilt in Trainings-, Validierungs- und Testdaten. Mit den Validierungsdaten wurde die Modellleistung während des Trainings getrackt und analysiert. Der Testdatensatz wurde für eine spätere, vom Trainingsvorgang unabhängige Validierung zurückgehalten (›ungesehener‹ Datensatz).

Als Zielgröße zur Evaluierung wurde die Average Precision (AP) gewählt, eine häufig verwendete Metrik in der Computer Vision zur Bestimmung der Modellgüte. AP berücksichtigt sowohl die Vorhersagegenauigkeit (precision) eines Modells – also wie viele aus der Gesamtzahl detektierter Objekte tatsächlich RPs sind – als auch deren Vollständigkeit (recall) – das heißt, wie viele aus der Gesamtzahl tatsächlich vorhandener Objekte überhaupt detektiert wurden. Je nach Konfidenzlevel, mit dem ein Modell Objekte identifiziert, sinkt die precision und der recall steigt, oder anders formuliert: die Trefferquote (RP) sinkt und die Zahl der falschen Erkennungen (FPs) steigt. Die AP ist das Integral der precision-recall-Kurve und gibt Auskunft über die durchschnittliche Genauigkeit am entsprechenden Konfidenzlevel. Je höher die AP, desto fähiger ist ein Modell, Objekte korrekt zu finden und dabei die FP-Rate möglichst gering zu halten (Solawetz 2020).

Um sich aber nicht nur auf statistische Metriken zu verlassen, wurden einige der vorläufigen Modelle auf den zurückgehaltenen Testdaten evaluiert, um zu untersuchen, wie gut Geisternetze auf bisher ungesehenen Daten detektiert werden können. Dabei wurden RPs gezählt, also wie viele der automatisch detektierten Netze auch wirklich mit verifizierten Netzfunden übereinstimmen, wie viele davon FPs sind, also vom Algorithmus als Netz detektiert, aber nicht als solches verifiziert, und schlussendlich, wie viele Netze gar nicht automatisch detektiert, wohl aber manuell verifiziert wurden.

Trainingsparameter

Ein vorläufiges Modell wurde mit dem oben beschriebenen Ansatz trainiert. Folgende Hyperparameter wurden dabei gewählt (Tabelle 1):

Model Checkpoint	faster_rcnn_X_101_32x8d_FPN_3x
Epochen	10 000
Batchgröße	2
Anzahl Bilder Training/ Validierung/Test	161/20/20
Lernrate	0,00025

Tabelle 1: Hyperparameter des vorläufigen Modells

Bei der Wahl der Hyperparameter, das sind die nicht gelernten Parameter des Modells, haben wir uns zunächst an Literaturwerten orientiert, die sich, bei ähnlichen Bedingungen (kleiner Trainingsdatensatz, kleine Objekte, die unterschiedlich aussehen können) schon bewährt haben, z. B. der Segmentierung von Polymeren (Khan 2021). Während der Testläufe haben wir die Parameter zunächst manuell angepasst und das daraus resultierende Modell hinsichtlich seiner Vorhersageleistung evaluiert. Die so gefundenen Hyperparameter mit dem höchsten AP auf den Testdaten sind in Tabelle 1 gelistet.

Um den Datensatz künstlich zu erweitern und Überanpassung zu vermeiden, wurden Bildaugmentationen angewendet. Das bedeutet, dass Eigenschaften eines jeden Eingangsbildes absichtlich mit einer bestimmten Wahrscheinlichkeit abgeändert werden. So entstehen aus einem Bild mehrere pseudo-verschiedene Bilder, die einem NN dabei helfen, die zu erkennenden Muster besser zu differenzieren. Für unseren Ansatz verwendeten wir zufällig gewählte Anpassungen für Bildhelligkeit, Kontrast, Rotation sowie horizontale und vertikale Spiegelungen in den folgenden Wertebereichen (Tabelle 2):

Parameter Augmentation	Unterer – oberer Schwellwert
Helligkeit	0,4 bis 1,3
Kontrast	0,5 bis 4,0
Rotation	0 bis 359°
Spiegeln vertikal und horizontal	90 % Wahrscheinlichkeit

Tabelle 2: Datenaugmentation

Die Schwellwerte für Helligkeit und Kontrast lassen sich wie folgt interpretieren: Ein Faktor von 0,0 ergibt ein komplett schwarzes (Helligkeit) bzw. graues (Kontrast) Bild, 1,0 erhält die Werte des Originals, und Faktoren > 1 erhöhen Helligkeit/Kontrast um den entsprechenden Faktor. Die Schwellwerte wurden empirisch ermittelt.

3 Vorläufige Ergebnisse

Die hier präsentierte Arbeit ist noch nicht abgeschlossen, sondern wird fortlaufend weiterverfolgt und angepasst. Daher sind die Ergebnisse vorläufig und stellen lediglich einen aktuellen Schnappschuss des derzeitigen Standes dar.

Je nach Modell wurden mehr, weniger oder andere Objekte detektiert. Die Ergebnisse der Evaluierung auf dem Testdatensatz sind beispielhaft die eines Modells, welches ohne Augmentation trainiert wurde; sie sind in Tabelle 3 gelistet.

Average Precision	36 %
Verifiziert durch Taucher und automatisch detektiert	89 % (von neun verifizierten wurden acht vom Modell gefunden)
Nicht automatisch gefunden, aber verifiziert durch Taucher	1
FP-Rate (FP/Gesamtfunde)	69 % (von 42 automatisch gefundenen sind 29 FP)

Tabelle 3: Vorhersage auf ungesehenen Daten des CNNs

Beispiele für die Evaluierung der Testdaten sind in Abb. 1, Abb. 2 und Abb. 3 dargestellt. Wir haben jeweils die CNN-Detektionen eines Datensatzes mit den manuell markierten Funden desselben Datensatzes visuell verglichen, um zu prüfen, wie gut das Modell in der Vorhersage ist.

Auf Abb. 1 ist ein auf dem Meeresboden langgestrecktes Netz zu sehen, welches korrekt von dem CNN erkannt wurde. Die Zahlen am Rand der Bounding-Boxen geben das Konfidenzniveau an, mit dem das Objekt erkannt wurde. Auffällig ist hier, was auch auf anderen Bildern häufig der Fall war, dass das Modell dasselbe Netz dreimal an unterschiedlichen Stellen erkannt hat. Dort, wo die Netzstruktur blasser ist, wird bei den Bounding-Boxen mit höherem Konfidenzniveau ein Schnitt gemacht. Die Bounding-Box mit geringerer Konfidenz erkennt die komplette Netzstruktur.

Abb. 2 zeigt Sedimentwellen, die fälschlicher-

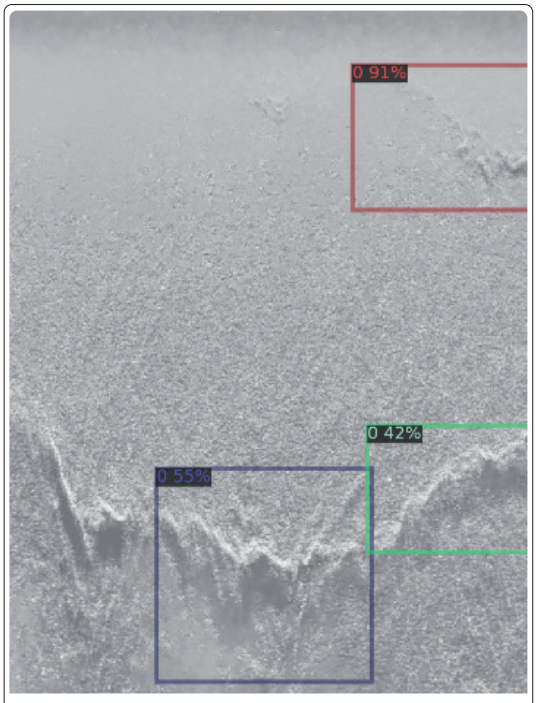


Abb. 2: Falsch-positiv detektierte Sedimentwellen

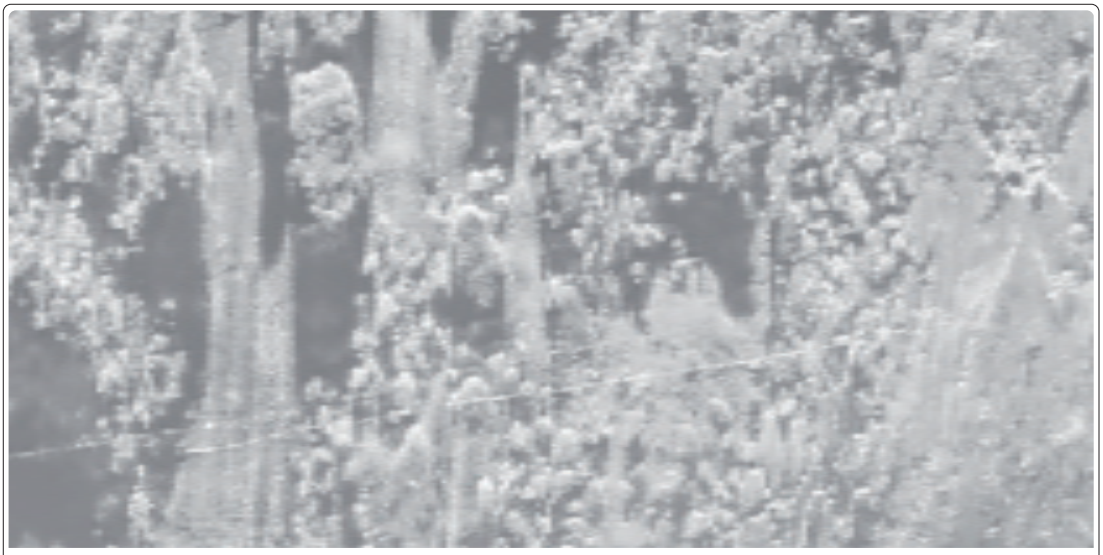


Abb. 3: Nicht vom CNN detektiertes, aber manuell verifiziertes Geisternetz (dünne Linie von links unten nach rechts in die Mitte)

weise als RPs detektiert wurden, während man auf Abb. 3 ein langgestrecktes Netz auf inhomogenem Hintergrund sehen kann, welches nicht detektiert wurde.

Work in Progress

Es gibt eine Reihe von Stellschrauben, um die bisher entwickelten neuronalen Netzwerke weiter zu verbessern. Der größte Faktor ist aber der Trainingsdatensatz: je mehr gut annotierte Daten als Lerngrundlage dienen, desto präziser wird das Modell. Die Schwierigkeit bei unserer Fragestellung ist die knappe Datengrundlage. Benchmark-Modelle werden mit Tausenden bis Millionen von Bildern trainiert, um als verlässliche Vorhersagealgorithmen eingesetzt zu werden, und erreichen dabei je nach Art APs um 60 bis 80 % (Paperswithcode 2024). Uns stehen derzeit nur die oben genannten 200 Bilder zur Verfügung.

Eine weitere Herausforderung stellt die effektive Suche der Hyperparameter dar. Aufgrund der Vielzahl an Möglichkeiten kann dieser Prozess enorm zeit- und rechenintensiv sein. Wir integrieren gerade die Optimierungsbibliothek ›propulate‹, die vom Helmholtz AI entwickelt wurde. Angelehnt an die biologische Evolution macht sich propulate den Generationenmechanismus zunutze, bei dem nach dem Survival-of-the-Fittest-Prinzip nur die besten Leistungen von einer Generation in die nächste übertragen werden. Für die Bestimmung von Hyperparametern heißt das, dass verschiedene Konfigurationen an Hyperparametern parallel von einem Supercomputer getestet werden, aber nur diejenigen akzeptiert werden, die, gemessen an der AP, das beste Ergebnis liefern (Taubert et al. 2023). Dabei werden nicht stumpf alle möglichen Kombinationen ausprobiert, sondern nur diejenigen verfeinert, die vielversprechend sind. Erste Experimente deuten darauf hin, dass die Hyperparameteroptimierung AP-Werte größer 43 % erzielen kann. Allerdings steht eine abschließende Güteevaluation dieser Modelle noch aus.

4 Diskussion

Auch wenn es auf den ersten Blick so scheint, als sei die Leistung der bisherigen Modelle gering (besonders bei Betrachtung der AP), ist die tatsächliche Vorhersage auf ungesehenen Testdaten vergleichsweise gut – vor allem unter Berücksichtigung des kleinen und nicht ausgewogenen Trainingsdatensatzes. Deutlich sichtbare Netze, das heißt Netze, die ausgestreckt auf homogenem Grund des Gewässerbodens liegen (also nicht im Sediment vergraben sind), werden in den meisten Fällen erkannt. Dabei ist die Rate der falsch-positiv detektierten Netze allerdings noch relativ hoch: Ähnliche Strukturen – wie z. B. Sedimentwellen, Kabel, Stahlseile etc. – werden oft ebenfalls als Netze detektiert. So lassen sich die niedrigen AP-Werte erklären – mit steigender FP-Rate sinkt die AP. Die deutlich höhere Anzahl falsch-positiver Funde des Modells, das mit Augmentation trainiert wurde, unterstreicht diese Aussage. Da wir aber darauf abzielen, möglichst viele Geisternetze zu finden, nehmen wir eine hohe Rate an falsch-positiven eher in Kauf, als potenzielle Treffer zu verpassen.

Die Vorhersageleistung und -qualität hängt zudem signifikant von der Datenqualität und der Bodenbeschaffenheit ab. Beispielsweise lässt starkes Rauschen in den Daten Kanten verschwimmen, was die Differenzierung zwischen Objekt und Hintergrund maßgeblich erschwert. Auf ungleichmäßigem Boden mit inhomogenen Strukturen, wie z. B. Steine, Felsen, Riffe etc., sind Geisternetze daher schwieriger zu detektieren. Dünne Linien in den Konturen verschwinden

dann häufig. Ein Trainingsdatensatz, der die beschriebenen Fälle mit einer gleichmäßig verteilten und genügend großen Anzahl an Daten abdeckt, würde hier helfen.

Es gibt viele Diskussionen über die Leistung unterschiedlicher Algorithmen und Architekturen und was sich für welche Fragestellung am besten eignet. Je nach Bedarf ist es z. B. entscheidend, nur Treffer und keine falsch-positiven zu detektieren, in anderen Beispielen, so wie in diesem, gilt es, möglichst alle richtig-positiven zu finden. Wenn die Optimierung der Hyperparameter abgeschlossen ist, lässt sich besser abschätzen, in welche Richtung die Modellentwicklung noch gehen könnte. Es ist angedacht, weitere und andere Architekturen zu testen, z. B. die aus der YOLO-Familie und zudem je nach Möglichkeit den Trainingsdatensatz stetig zu erweitern, um bessere Leistung zu erzielen. //

Literatur

Carranza-García, Manuel; Jesus Torres-Mateo; Pedro Lara-Benítez; Jorge García-Gutiérrez (2021): On the Performance of One-Stage and Two-Stage Object Detectors in Autonomous Vehicles Using Camera Data. Remote Sensing, DOI: 10.3390/rs13010089

Fulton, Leah; Jessie McIntyre; Katie Duncan et al. (2023): Evaluating the use of side scan sonar for improved detection and targeted retrieval of abandoned, lost, or otherwise discarded fishing gear. Continental Shelf Research, DOI: 10.1016/j.csr.2023.105077

Kawamura, Ryo (2017): RectLabel. https://rectlabel.com

Khan, Faraz (2021): Train a Custom Computer Vision Model using Detectron2. https://blogs.nottingham.ac.uk/digitalresearch/2021/07/16/train-a-custom-computer-vision-model-using-detectron2/

Lin, Tsung-Yi; Michael Maire; Serge Belongie et al. (2014): Microsoft COCO: Common objects in context. Computer Vision and Pattern Recognition, DOI: 10.48550/arXiv.1405.0312

Macfadyen, Graeme; Tim Huntington; Rod Cappell (2009): Abandoned, lost or otherwise discarded fishing gear. UNEP Regional Seas Reports and Studies, No. 185

Paperswithcode (2024): Object Detection on COCO minival. https://paperswithcode.com/dataset/coco

Pham, Christopher K.; Eva Ramirez-Llodra; Claudia H. S. Alt et al. (2014): Marine Litter Distribution and Density in European Seas, from the Shelves to Deep Basins. PLOS ONE. DOI: 10.1371/journal.pone.0095839

Potrimba, Petru (2023): What is a Neural Network? A Deep Dive. Roboflow Blog, https://blog.roboflow.com/what-is-a-neural-network/#key-takeaways-on-neuralnetworks

Ren, Shaoqing; Kaiming He; Ross Girshick; Jian Sun (2017): Faster R-CNN: Towards Real-Time Object Detection with Region Proposal Networks. IEEE Transactions on Pattern Analysis and Machine Intelligence, DOI: 10.1109/TPAMI.2016.2577031

Reswara, Evan; Sinung Suakanto; Seno Adi Putra (2023): Comparison of Object Detection Algorithm using YOLO vs Faster R-CNN: A Systematic Literature Review. Proceedings of the 2023 6th International Conference on Big Data Technologies (ICBDT '23), DOI: 10.1145/3627377.3627443

Richardson, Kelsey; Britta Denise Hardesty; Joanna Vince; Chris Wilcox (2022): Global estimates of fishing gear lost to the ocean each year. Science Advances, DOI: 10.1126/sciadv.abq0135

Solawetz, Jacob (2020): How to Train Detectron2 on Custom Object Detection Data. Roboflow Blog, https://blog.roboflow.com/how-to-train-detectron2/

Stolte, Andrea; Gabriele Dederer; Jochen Lamp et al. (2022): The quest for ghost gear in the German Baltic Sea: A team effort between WWF, divers, fisherfolk, and public authorities. Frontiers in Marine Science, DOI: 10.3389/fmars.2022.981840

Taubert, Oskar; Marie Weiel; Daniel Coquelin et al. (2023): Massively Parallel Genetic Optimization Through Asynchronous Propagation of Populations. In: High Performance Computing, DOI: 10.1007/978-3-031-32041-5_6

Wu, Yuxin; Alexander Kirillov; Francisco Massa; Wan-Yen Lo; Ross Girshick (2019): Detectron2

WWF (2024): Projektfortschritt Geisternetze. https://www.wwf.de/themen-projekte/projektregionen/ostsee/geisternetze/projektfortschritt-geisternetze

DOI: 10.23784/HN127-05

Building coastal digital twins in the UN Ocean Decade

An article by KNUT HARTMANN, MONA REITHMEIER and MAGNUS WETTLE

Coastal zones are among the most dynamic, valuable and vulnerable ecosystems on earth. The challenge is to highlight the importance of these coastal zones and to innovate and implement strategies for their sustainable monitoring and management. Earth observation technologies offer a powerful means of continuously mapping coastal zones. Earth observation elements also contribute to the creation of a coastal digital twin. In the long term, digital twins of coastal regions will become an increasingly indispensable tool for coastal monitoring and modelling and response planning.

coastal zone | monitoring | earth observation | Copernicus | digital twin | COASTS
Küstenzone | Monitoring | Erdbeobachtung | Copernicus | digitaler Zwilling | COASTS

Die Küstengebiete gehören zu den dynamischsten, wertvollsten und empfindlichsten Ökosystemen der Erde. Die Herausforderung besteht darin, die Bedeutung dieser Küstenzonen hervorzuheben sowie Strategien für ihre nachhaltige Überwachung und Bewirtschaftung zu entwickeln und umzusetzen. Erdbeobachtungstechnologien bieten ein leistungsfähiges Mittel zur kontinuierlichen Erfassung der Küstenzonen. Außerdem tragen Erdbeobachtungselemente zur Erstellung eines digitalen Zwillings der Küstengebiete bei. Auf Dauer werden digitale Zwillinge von Küstenregionen zu einem zunehmend unverzichtbaren Instrument für die Küstenüberwachung und -modellierung und die Reaktionsplanung.

Authors
Dr. Knut Hartmann and Mona Reithmeier work at EOMAP GmbH & Co KG. in Seefeld, Germany. Dr. Magnus Wettle works at EOMAP Australia Pty Ltd in Australia.

hartmann@eomap.de

The UN Ocean Decade: coastal challenges

In the face of escalating environmental challenges, the United Nations has declared the period from 2021 to 2030 as the Ocean Decade. This global initiative underscores the urgent need to improve our understanding and management of the oceans, which are vital to life on earth. The Ocean Decade aims to foster scientific research and technological innovation to support a more sustainable relationship between humanity and the ocean. With over 70 % of our planet covered by oceans, managing this immense resource is critical for addressing climate change, preserving biodiversity, and supporting economic growth through activities such as fishing, tourism and shipping.

One of the most pressing and complex tasks within this context is the monitoring and management of coastal zones. Coastal zones represent some of the planet's most dynamic, valuable and vulnerable ecosystems. These areas are where land meets sea, hosting diverse habitats ranging from sandy beaches and rocky shores to mangrove forests and coral reefs. They provide critical services including coastal protection, carbon sequestration and supporting livelihoods for communities through trade, fisheries and tourism. They are the frontline of climate change impacts: rising sea levels, increased storm intensity and pollution all threaten the delicate balance these ecosystems maintain. The challenge, therefore, is not only to highlight the importance of these coastal zones but also to innovate and implement strategies for their sustainable monitoring and management.

Coastal zones are subject to numerous of stressors that include coastal erosion, habitat degradation, pollution and the overexploitation of marine resources. These pressures are compounded by the effects of climate change, making coastal resilience a critical area of focus. As climate change accelerates sea-level rise and increases the frequency of extreme weather events, the risk of flooding, land loss and biodiversity. Moreover, with approximately 40 % of the world's population living within 100 kilometres of the coast, the socioeconomic implications of failing to protect these areas are immense. Losses from coastal flooding are predicted to increase, so robust and immediate action is essential to mitigate these impacts.

Monitoring coastal zones is prerequisite to understanding their complexities and vulnerabilities. This requires a comprehensive collection of data on coastal morphology, habitats and the forces that shape them, including both climate and weather patterns. Achieving such an understanding is a challenging task, demanding extensive resources, advanced technological tools and interdisciplinary collaboration. Earth observation (EO) technologies (space or airborne) offer a

powerful means of continuously collecting these critical data across extensive, often remote and sometimes inaccessible areas. These technologies can track changes in coastal morphology below and above the water, changes in benthic habitats, water quality including turbidity, eutrophication, oil and other pollution, coastal algae blooms, sea state and much more.

The role of earth observation

The European Copernicus programme is the European Union's earth observation and monitoring programme. It aims to provide easily accessible data to enable stakeholders and downstream services to improve environmental management, to understand and to mitigate the effects of climate change and ensure civil security. The Copernicus Marine Project and the newly launched Coastal Hub is a Copernicus service offering marine environmental monitoring services. The Copernicus Sentinel fleet are satellites and instruments which were developed for the specific needs of the Copernicus programme and to foster the uptake of earth observation information. In addition to Copernicus data, there are many other earth observation satellites that observe the globe with high frequency and in great detail, namely Planet's and Maxar's fleet who stand out for their recording frequency and quality.

Satellite EO provides uniform coverage of the earth's surface. The EO data and the created services and data products – so called downstream services – make high-quality data available for coastal zones around the globe, regardless of a country's capacity to conduct local monitoring efforts. This global availability democratises access to critical information, enabling resource-poor or remote regions to benefit from advanced monitoring technologies without the need for substantial local investment in data collection infrastructure. It ensures that stakeholders, regardless of location, have access to the insights needed for evidence-based decision making. The global coverage of satellite data is particularly important for oceans, which are transboundary water bodies of shared ecosystems, where coordinated action based on common data sets can lead to more effective regional management strategies and foster international collaboration on coastal conservation and resilience building.

One of the core strengths of satellite EO is its extensive archive of historical data, which allows for the establishment of comprehensive baselines of coastal regions. This historical data is crucial for understanding long-term trends in coastal geomorphology, pollution, sediment deposition and alterations in coastal vegetation. These baselines serve as benchmarks against which current and future status can be measured.

The temporal frequency and rapid availability of satellite EO data enable timely insights into coastal dynamics, offering near-real-time monitoring capabilities that are essential for both long-term management and emergency response. Advancements in satellite technology and data processing have significantly reduced the latency between data collection and availability, allowing for the detection of sudden changes in coastal environments, such as storm damage, oil spills or algal blooms, only a few hours after they have been recorded in space. This capability supports quick decision-making and action, which is crucial for minimising damage and mobilising effective responses to environmental crises.

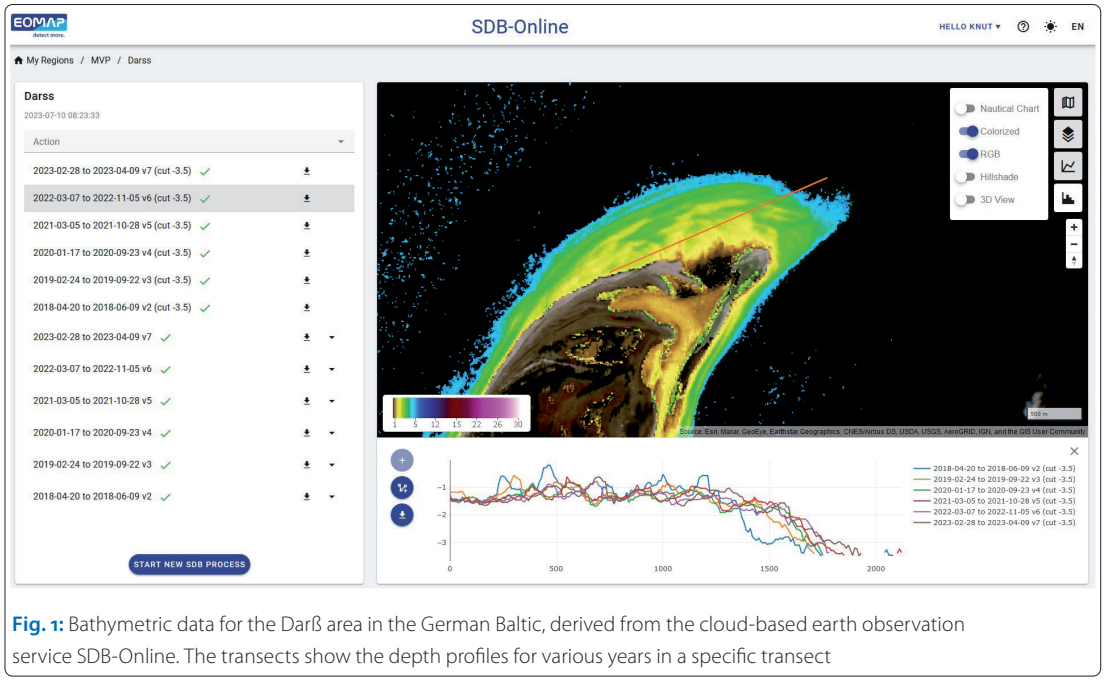


Fig. 1: Bathymetric data for the Darß area in the German Baltic, derived from the cloud-based earth observation service SDB-Online. The transects show the depth profiles for various years in a specific transect

Currently 34 petabytes of data have been recorded by the Sentinel missions alone. Progress in cloud computing and big data analytics has further transformed our ability to process and interpret the vast amounts of information collected from these observations. This enables us to feed those data into sophisticated models that can predict future changes and inform strategies for coastal protection, habitat restoration and climate adaptation. However, the effective deployment of these technologies requires a concerted effort from governments, research institutions and communities. It demands investments in scientific research, the development of infrastructure and the fostering of international collaboration to share data and best practices. The European EMODnet projects, the GEBCO project or Seabed 2030 – all of which EOMAP contributes to as data provider – or international innovation projects in the frame of the Horizon programmes are great examples to strengthen international cooperations and achieve advances beyond the current state.

As an example, the authors would like to highlight one component of how earth observation elements contribute to a coastal digital twin, developed by a recent international Horizon 2020 project, »4S«. Specifically, we wish to spotlight the SDB-Online web app (and API). This cloud-based solution can generate shallow water bathymetric grids for both monitoring and historical analysis. Fig. 1 displays results for the Darß area in the German Baltic Sea. Annual bathymetric composites from 2018 to 2023 were derived from satellite imagery. This data, along with the transect shown in the figure, enables monitoring of seabed changes, including deposition and erosion processes. In this example, the deposition of sediments to the northeast of the area could be identified and quantified. It serves as one of the required components of a digital twin.

Digital twins

The European definition is as follows: »A digital twin is a digital representation of real-world entities or processes. Digital twins use real-time and historical data to represent the past and present and numerical models to simulate future scenarios.« It is not a visualisation of a 3D model, nor is it a type of geographical information. It might include those components, but the concept of digital twins goes beyond that. In the arsenal of strategies to address the diverse challenges faced by coastal zones, the concept of a digital twin stands out as a transformative tool. When applied to coastal regions, a digital twin enables for understanding, managing and preserving these critical ecosystems.

The creation of a digital twin for coastal areas embodies the convergence of advanced earth observation technologies, sophisticated data analytics and scenario modelling.

It harnesses the power of multiple sources, including the Copernicus satellites and missions, in-situ monitoring, sampling and surveying to feed a continuously updated digital model that mirrors the real-time status of coastal environments. This model is not just a passive reflection of the current state; it's a dynamic platform that can simulate future scenarios based on various input parameters, including climate change projections, urban development plans and conservation strategies.

Digital twin in practice: »COASTS«

Coastal digital twins are still under development and different aspects are already published or commercialised, although the term ›digital twin‹ is

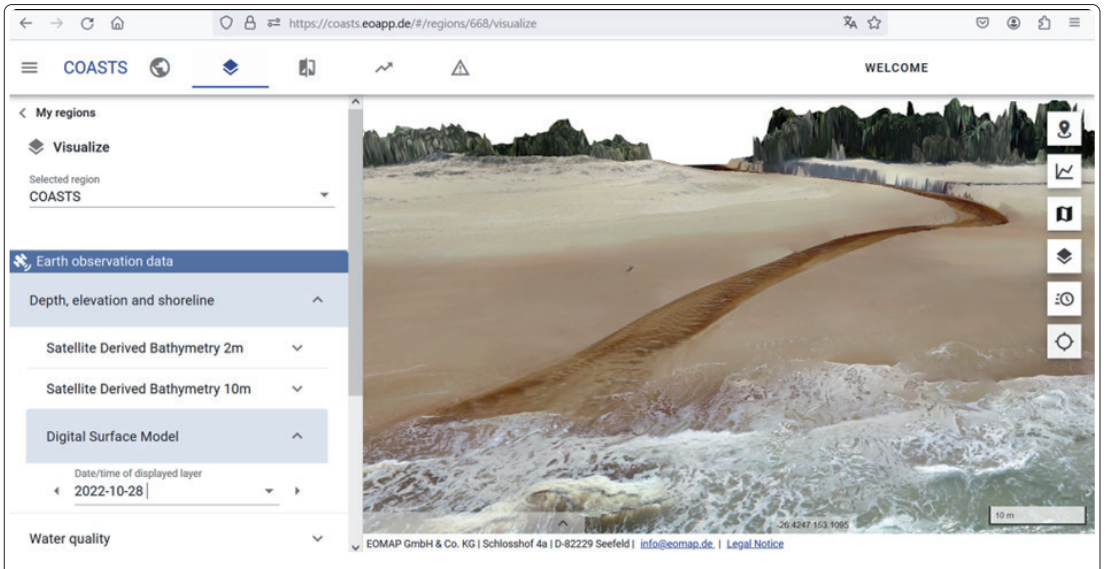


Fig. 2: Screenshot of the COASTS digital twin. The image shows a 2.5 D visualisation of a drone survey and the derived coastal surface model

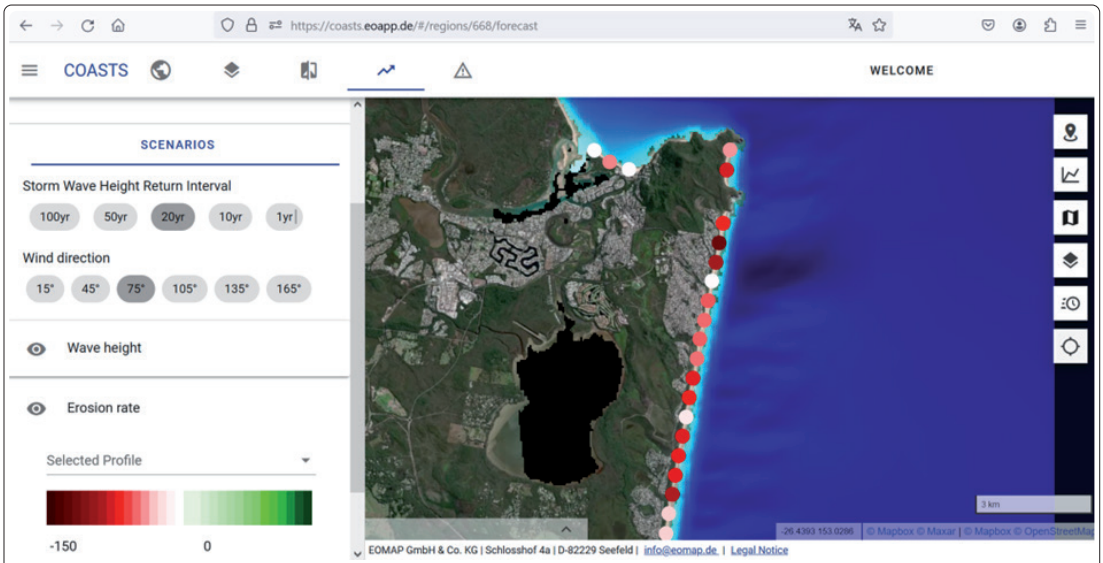


Fig. 3: Screenshot of the COASTS digital twin. The image shows the long-term prediction of coastal erosion

often used in different ways. EOMAP, the University of the Sunshine Coast and the University of Queensland have teamed up to investigate a specific coastal region in Queensland, Australia. To this end, the Coastal Observation and Analytics (multi-) Source, (multi-)Technology System (COASTS) project was conceptualised and developed as a web-based platform for managing coastal change. It leverages the use of satellite analytics, drones and SfM, numerical modelling and cloud-based portal technology to derive and deliver information about coastal processes, coastal hazards and beach safety. The satellite and airborne drone data provide hindcasts of coastal morphology, bathymetry, sediment loads and shoreline whereas live buoys record current metocean conditions and models predict coastal erosion and future metocean conditions for different scenarios. Fig. 2 and Fig. 3 illustrate screenshots of this coastal digital twins user interface.

Through the web app, stakeholders can visualise the impact of sea-level rise, storm surges, coastal erosion and other climate-induced changes on coastal infrastructure, ecosystems and communities. This visualisation not only aids in raising awareness among policymakers and the public but also provides a basis for informed decision-making. It supports adaptive management practices. As new data becomes available (e.g. a change in nearshore bathymetry) or as conditions change, the model can be updated to reflect these new realities (e.g. a different coastal erosion pattern), ensuring that management strategies remain relevant and effective. This flexibility is particularly important in the context of climate change, where uncertainty about future conditions requires dynamic and responsive planning mechanisms. COASTS was partially funded by the SMARTSat EO HUB.

In future the digital twin of coastal regions will become an increasingly indispensable tool for emergency preparedness and response planning. By providing up-to-date simulations of the paths and impacts of potential extreme weather events, such as hurricanes or tsunamis, emergency response and long-term coastal resilience strategies will arguably be more effective.

Concluding remarks

The rapid access to satellite data enhances the ability of coastal zone managers to engage in proactive rather than reactive management. This aligns with the core assumption of a coastal digital twin, that a forward-looking approach can lead to significant cost savings by preventing damage rather than having to invest in more expensive restoration efforts. This synthesis of technology, engineering and environmental science heralds a new era in coastal management, where the precision and foresight offered by digital twins can lead stakeholders to more effective coastal management, including robust defences against natural disasters, more effective conservation of biodiversity and more sustainable use of coastal resources.

Ultimately, coastal digital twin technologies, coupled with earth observation downstream information, respond to several of the seven goals of the UN Ocean Decade and are fully in line with the mission statement of »Transformative ocean science solutions for sustainable development, connecting people and our ocean.« //

DOI: 10.23784/HN127-06

Sea ice in the Baltic

An article by JÜRGEN HOLFORT and WIEBKE ALDENHOFF

For over a century, ice services in the Baltic have looked at the sea ice in the Baltic, and the German ice service is no exception. The main purpose was and is the secure and easy winter navigation in ice infested waters. Over the time, the work has amassed a plethora of ice information, which again can be used for climatological purposes. This climatological information is then again used from other persons to better analyse themes far away from winter navigation like fish spawning (not covered here). In general, the sea ice occurrence, the sea ice extent as well as the sea ice volume is diminishing and most probably will also continue to do so in the future.

Baltic Sea | ice service | ice chart | sea ice cover | ice volume
Ostsee | Eisdienst | Eiskarte | Meereisbedeckung | Eismenge

Seit über einem Jahrhundert kümmern sich Eisdienste rund um die Ostsee um das Meereis in der Ostsee, und der deutsche Eisdienst ist da keine Ausnahme. Der Hauptzweck war und ist die Sicherheit und Leichtigkeit der Schifffahrt in eisbedeckten Gebieten. Im Laufe der Zeit hat sich eine Fülle von Eisinformationen angesammelt, die wiederum für klimatologische Zwecke genutzt werden können. Diese klimatologischen Informationen werden dann wiederum von anderen Personen genutzt, um Themen fernab der Winterschifffahrt wie z. B. das Laichen von Fischen (hier nicht behandelt) besser zu analysieren. Generell ist das Meereisvorkommen, die Meereisausdehnung sowie das Meereisvolumen rückläufig und wird dies höchstwahrscheinlich auch in Zukunft sein.

Authors
Jürgen Holfort and Wiebke Aldenhoff work at the Federal Maritime and Hydrographic Agency (BSH) in Hamburg.

juergen.holfort@bsh.de

Much has been written in recent years about sea ice in the Arctic and how sea ice extent and area have declined over time and will continue to decline in the future in a world that continues to warm due to anthropogenic climate change. Sea ice plays a major role in the climate system by regulating the interaction between the atmosphere and the oceans. One of the many societal themes of sea ice loss in the Arctic are the economic consequences, such as new shipping routes and better extraction of natural resources. But sea ice is not only a hindrance for navigation but also a possible way to travel (from walking over skidoos to ice roads), a place for ice-fishing or hunting, a recreational space and much more. Understanding past changes of sea ice cover is necessary to predict the future developments and the consequences for the climate system, the ecosystem and environment people are living in. In this short paper, we will present the work of the German Ice Service at the Federal Maritime and Hydrographic Agency of Germany (BSH) regarding recent changes in the sea ice cover of the Baltic with special emphasis on the German Baltic Sea coast.

Before regular observations, the impact of sea ice on to the life of humans in coastal areas can be found in historical written accounts, i.e. church records, newspapers, ships' logs and many others. That made it possible to reconstruct a time series of a sea ice severity index for the German Baltic coast dating back to 1300 (Koslowski and Glaser 1995, 1999; Schmelzer and Holfort 2011) with a rough classification for weak-normal and strong ice winters. Also from historical records and a time series of temperature in Stockholm it was possible to reconstruct the yearly maximum ice extent for the whole Baltic Sea since 1720 (Seinä and Palosuo 1996).

On the German coast, as in many other parts of the Baltic Sea, operational ice observations started in the end of the 19th century. These observations started when economic interests together with technological progress in shipbuilding increased the interest in ice information for winter navigation. The information about the sea ice came from ice observers along the coast and from some ships. Some of the ice observing stations are still active today, contributing to long time series of ice information.

In 1925, representatives of all Baltic states met in Hamburg to discuss systematic ice observations in a common format and how to share this information. This is considered the beginning of the Baltic Sea Ice Meetings (BSIM, see www.bsis-ice.de), and since then ice information are in large parts standardised and exchanged regularly. The next Baltic Sea Ice Meeting, celebrating 100 years of cooperation, will take place in Germany in 2025, setting a step forwards to the next 100 years of cooperation.

Based on this first exchange in 1925, the first German operational ice charts were produced in 1926,

based mainly on observations from land (Fig. 1). The limitation to coastal areas, however, limited the use for navigation and with advances in aviation reconnaissance flights became an invaluable source of information. Satellite remote sensing was the next big advance to retrieve information about offshore sea ice cover. Today synthetic aperture radar (SAR) imagery is the primary information source for sea ice in the Baltic Sea. Optical remote sensing data adds high-resolution information if cloud cover is low.

Ice charts of the western Baltic Sea are available in digital form since the end of the 1950s. These data, together with observational data, have been used to produce a climatological atlas of the western and southern Baltic Sea (Schmelzer et al. 2012). The period 1960 to 2010 was divided into three 30-year periods, which nicely show the decreasing trend in ice occurrence (Fig. 2). The same can be seen in the North Sea (Schmelzer and Holfort 2015). The following 30-year period 1990 to 2020 is not yet fully processed, but shows the same

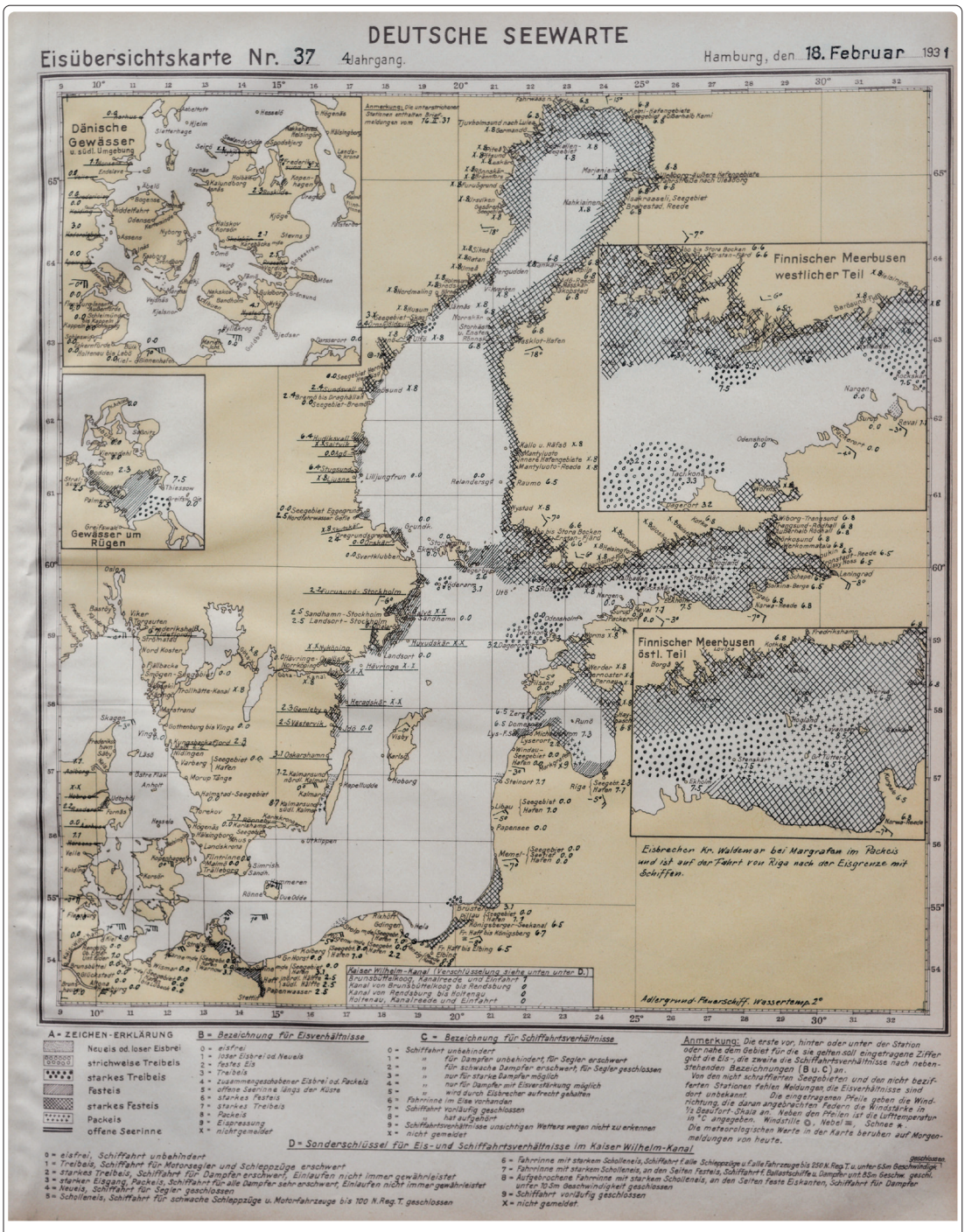


Fig. 1: An example of an ice chart from the beginning of the operational production (18th of February 1931). As mostly only coastal information were available, no ice depicted at sea does not mean that there was no ice (most probably there was ice at sea in the Bay of Bothnia, but with no ships entering the Bay no information was available)

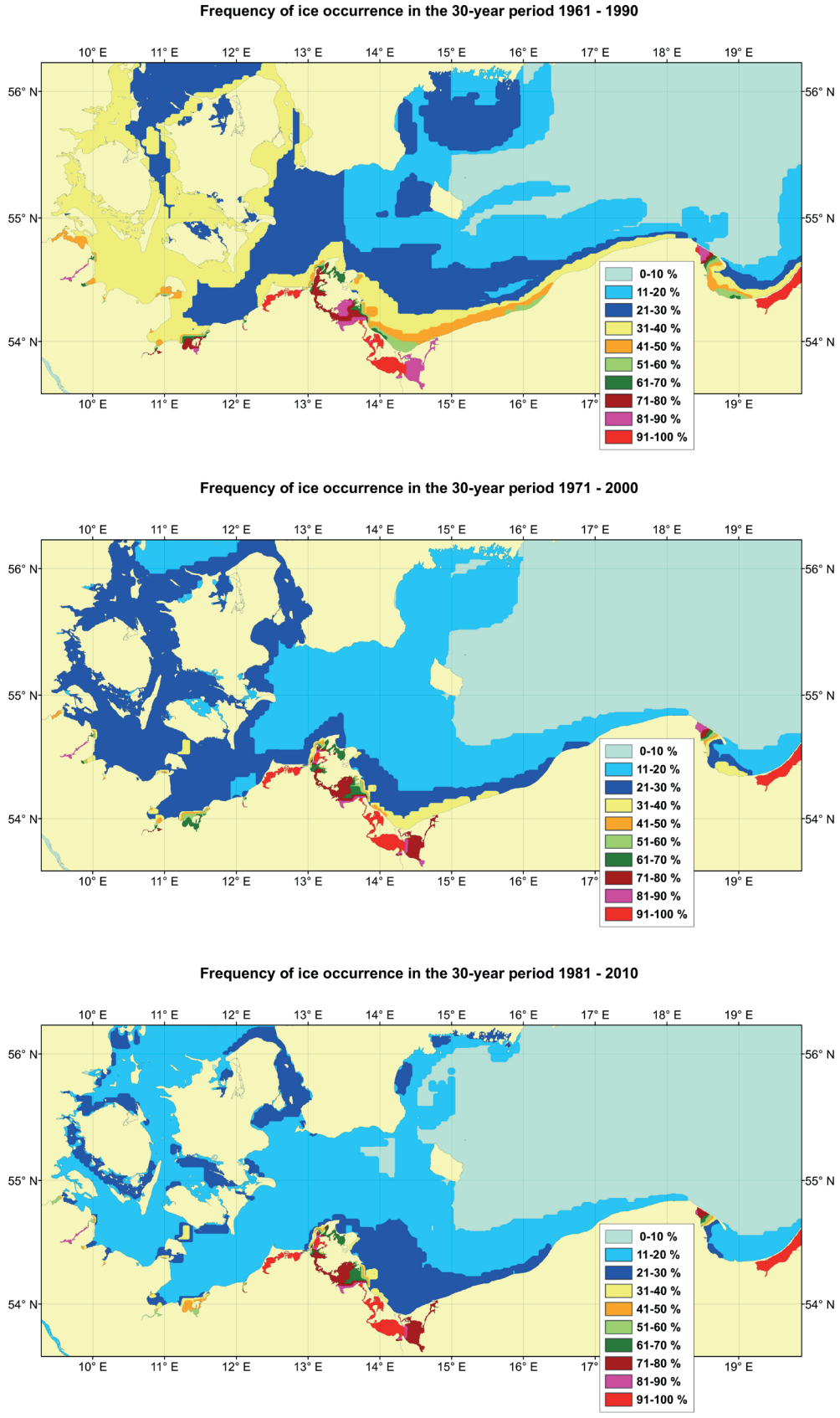


Fig. 2: Charts of ice occurrence in three overlapping 30-year time periods. For each point ice occurrence in a single season means that there was at least one day with ice (but could also have been more days). 50 % occurrence within a 30-year period therefore means that there was ice at least on a single day in 15 years

decreasing trend. In the same time frame, a trend towards smaller ice volumes in winter can be seen in the whole Baltic Sea, although this is based only on coarser digitised ice charts (Schwegmann and Holfort 2015). However, more historical ice charts are being digitised at higher resolution in other Baltic Sea ice services, so we can expect a more detailed view of past Baltic Sea ice changes in the future.

The annual ice cover at the German Baltic Sea coast is evaluated since 1879 based on the areal ice volume sum, a measure for the strength of an ice winter depending on the ice thickness, the ice concentration and the number of days with ice (Koslowski 1989). For the layman, the cumulative volume sum is the final height of sea ice in a 1 m^2 bucket, in which a representative 1 m^2 of ice cover is emptied each day during an ice winter. This is a better indicator of winter severity than ice occurrence or maximum ice, as a short strong winter can have the same value as a longer winter with thinner ice. The time series is shown in Fig. 3. The ice cover generally shows a large interannual variability. In the 1940s a series of extremely severe winters occurred. A declining trend in ice at the German coast is visible since the mid-1980s. The last very severe winter was 1996 and in the recent century, only one severe winter occurred. This is on par with the information from the ice charts. And an inspection of the ice winter severity of the whole Baltic Sea according to the maximum sea ice extent (Fig. 4) reveals a similar decreasing trend, with more extremely weak or weak winters in the last 30 years.

Predictions for the future show a decrease in sea ice in the Baltic Sea (Helcom 2021), although ice will be present in the northern Baltic Sea every winter within this century, so sea ice services will still be needed for winter navigation. As the methods of collecting and presenting sea ice information have changed in the last century, they will change in the future. Today, much information is gathered from satellite data, but still requires human skills for interpretation (Fig. 5). However, the ability to automatically classify sea ice from satellite data will increase in the future. These data can be assimilated into numerical prediction models to arrive at predicted sea ice maps, which will be available on the bridge of ships due to the already existing S-411 standard for sea ice information in ECDIS (IHO 2014). However, this would also require improvements in the numerical algorithms, as sea ice as a brittle material is not adequately represented in current operational models. It is not possible to develop all these skills alone, therefore there is the cooperation of the Baltic sea ice services within BSIM and of all services in the world within the International Ice Charting Working Group (IICWG, see nsidc.org/noaa/iicwg). Moreover, these groups again cooperate with science, satellite providers and other relevant stakeholders.

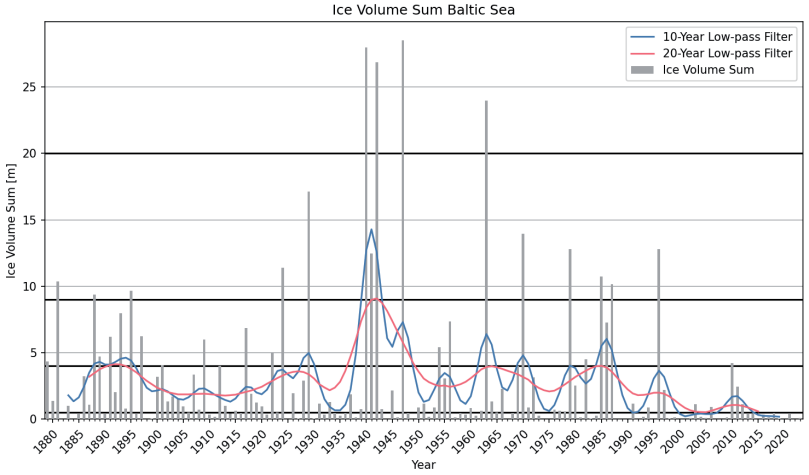


Fig. 3: Time series of ice volume sum at the German Baltic Sea coast since 1879. The black lines denote the boundaries for weak, moderate, severe, very severe and extremely severe ice winters

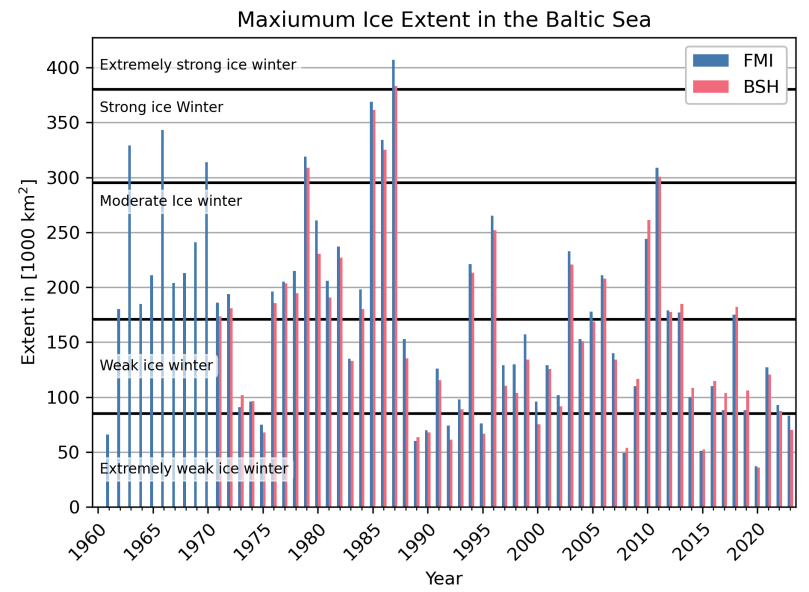


Fig. 4: Maximum ice extent from the Finnish ice service and the BSH 1961 to 2022. The horizontal lines denote the boundaries for extremely weak, weak, moderate and strong ice winters

One caveat at the end. An in general lesser ice concentration does not automatically imply easier navigation. At lower concentrations, ice tends to be more mobile and the ice drift can lead to more or more pronounced ridges, or the formation of brash ice barriers. Both are more difficult to force then level ice. Both features are also harder to resolve in satellite data and even much harder to represent adequately in numerical models. So also in the future knowledgeable ice persons are needed on the ship's bridges as well as on land at the ice services. //

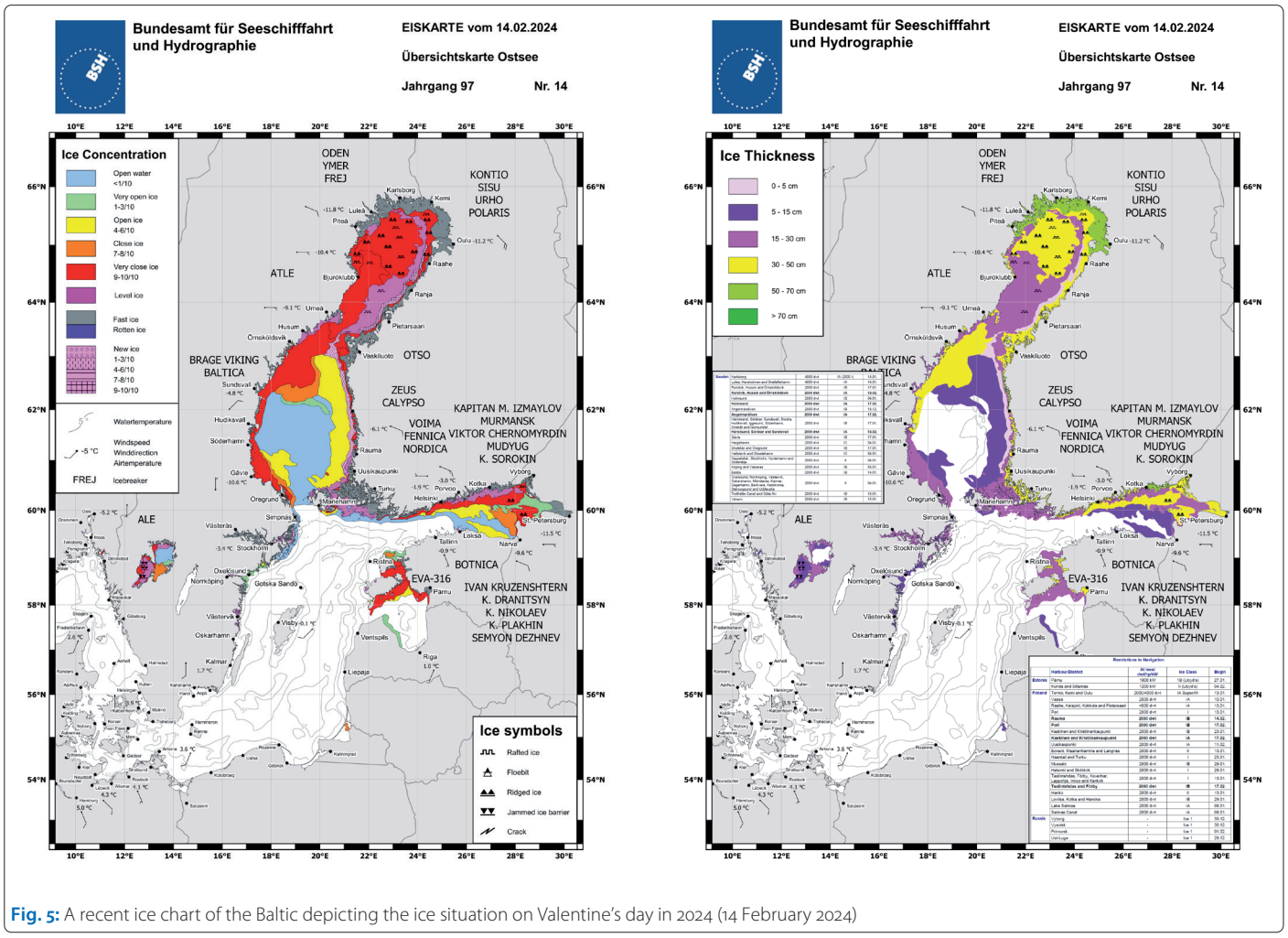


Fig. 5: A recent ice chart of the Baltic depicting the ice situation on Valentine's day in 2024 (14 February 2024)

Literatur

Helcom (2021): Climate Change in the Baltic Sea. 2021 Fact Sheet. Baltic Sea Environment Proceedings No 180. HELCOM/Baltic Earth 2021

IHO (2014): Ice Information Product Specification Special Publication JCOMM S-411. International Hydrographic Bureau, Monaco

Koslowski, Gerhard (1989): Die flächenbezogene Eisvolumensumme. Deutsche Hydrografische Zeitschrift, DOI: 10.1007/BF02226421

Koslowski, Gerhard; Rüdiger Glaser (1995): Reconstruction of the ice winter severity since 1701 in the Western Baltic. Climatic Change, DOI: 10.1007/BF01092982

Koslowski, Gerhard; Rüdiger Glaser (1999): Variations in Reconstructed Ice Winter Severity in the Western Baltic from 1501 to 1995, and their Implications for the North Atlantic Oscillation. Climate Change, DOI: 10.1023/A:1005466226797

Schmelzer, Natalija; Jürgen Holfort (2011): Ice winter severity in the western Baltic Sea in the period of 1301–1500: comparison with other relevant data. International Journal of Climatology, DOI: 10.1002/joc.2337

Schmelzer, Natalija; Jürgen Holfort; Marzenna Sztobryn; Paweł Przygrodzki (2012): Climatological Ice Atlas for the western and southern Baltic Sea (1961–2010). BSH, Hamburg und Rostock, Nr. 2338

Schmelzer, Natalija; Jürgen Holfort (2015): Klimatologischer Eisatlas für die Deutsche Bucht (mit Limfjord) (1961–2010); Climatological Ice Atlas for the German Bight and Limfjord (1961–2010). BSH, Hamburg und Rostock, Nr. 2339

Schwegmann, Sandra; Jürgen Holfort (2015): Regional distributed trends of sea ice volume in the Baltic Sea for the 30year period 1982 to 2019. Meteorologische Zeitschrift, DOI :10.1127/metz/2020/0986

Seinä, Ari; Erkki Palosuo (1996): The classification of the maximum annual extent of ice cover in the Baltic Sea 1720–1995. Meri, Report Series of the Finnish Institute of Marine Research, No. 27



SUBSEA EUROPE
SERVICES

TRUE AUTONOMY

Your Force Multiplier for Marine Survey

Turnkey data acquisition solutions including integrated mothership operations for convenience and cost reduction

Accelerate marine survey
Dynamic Autonomous Surface Vehicles

Streamline underwater inspection
Unique Hovering Autonomous Underwater Vehicles

Boost maritime security
Dependable above and below water intelligence



subsea-europe.com

MacArtney
UNDERWATER TECHNOLOGY

Consulting



Ocean engineering from space into depth

Realise your projects in cooperation with our hydrographic services

Our hydrography engineers 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.

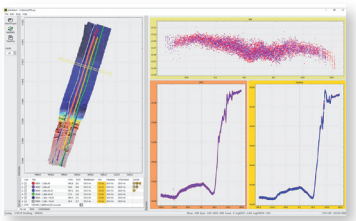
MacArtney Germany benefits from being part of the MacArtney Group and enjoys unlimited access to cutting-edge engineering competences and advanced facilities.

CTDs & SVPs





Acoustic sensors



Software

Position and motion sensors





Integration



Denmark | Norway | Sweden | United Kingdom | France | Italy | Netherlands | Germany
USA | Canada | South America | Australia | Singapore | China