

Journal of Applied Hydrography

HYDROGRAPHISCHE NACHRICHTEN

10/2026

HN 135

Hydrographie
im
Nahbereich



AquapHOx Loggers & Transmitters

for optical oxygen sensors

O₂

T



Compact Underwater Solution for:

- ultra-high speed & ultra-trace O₂
- long-term logging & monitoring
- fast water column O₂ profiling
- Aquatic Eddy Covariance measurements

Liebe Leserinnen und Leser,

als wir uns in der Redaktion das Thema für dieses Heft überlegt haben – »Hydrographie im Nahbereich« –, da fragten wir uns, wie »Nahbereich« definiert sein könnte. Schnell waren wir uns einig, dass es um den Abstand zwischen dem Sensor und dem zu vermessenden Objekt geht. Nur bei dem genauen Wert waren wir uns nicht sicher. Vielleicht liegt ein Objekt im Nahbereich, wenn es weniger als 20 Meter entfernt ist, dachten wir.

Die Autorinnen und Autoren der drei Fachartikel geben keinen Wert an. Bei der Minenjagd bewegen sie sich mit Imaging-Sonar und Kamera dicht an das verdächtige Objekt heran (S. 6). Bei der Inspektion von Spundwänden geht es um Details, auch da will man nah ran (S. 10). Und auch bei der Kartierung und Überwachung von Braunalgen bringt man die Sensoren mit einem AUV nah an den Meeresboden heran (S. 18).

Erst Manfred Stender im Wissenschaftsgespräch wird konkret (S. 24). Er erzählt davon, dass das

Messgerät auch mal nur noch einen halben Meter Abstand zum Objekt hatte. Manchmal war man sogar näher am Boden als gewünscht. Doch dann überrascht er mit einer anderen Interpretation von Nahbereich. Seiner Auffassung nach ist man immer dann nah dran, wenn die Auflösung besser ist, als der Stand der Technik es verlangt. Auf den Detailgrad kommt es an.

Für einen Fotografen ist dieser Gedanke direkt nachvollziehbar. Mit einer Kamera, die mit einem Weitwinkelobjektiv bestückt ist, muss man wirklich nah ans Motiv herangehen. Mit einem guten Teleobjektiv hingegen kann man von einem weiter entfernten Standpunkt aus fotografieren. Mit der langen Brennweite erfasst man alle Details. Es kommt also nur auf die richtige Ausrüstung an.

Außerdem im Heft: Der Beitrag des Zweitplatzierten beim DHyG Student Excellence Award 2026 (S. 34) sowie zwei Veranstaltungsberichte von der Intergeo (S. 42) und vom Hydrographentag (S. 44).



Lars Schiller

NEU RIEGL VUX-820-G

Airborne LiDAR System für die topo-bathymetrische Vermessung

- ✓ kompakter, leistungsstarker LiDAR Scanner (> 2 Secchi Tiefen Wassereindringung)
- ✓ bestens geeignet für den Einsatz auf Drohnen (5,4 kg leicht)
- ✓ typische Flughöhe 75 m AWL / AGL (über Wasser / über Grund)
- ✓ RIEGL RiLOC-F^{inside} IMU/GNSS System und 5 MPx Kamera voll integriert
- ✓ RIEGL Software Lizenzen für die Erstellung georeferenzierter und brechungskorrigierter Punktwolken inkludiert
- ✓ **Vollintegriertes Gesamtsystem für schnelle, reibungslose Installation und effizienten, zuverlässigen Betrieb**

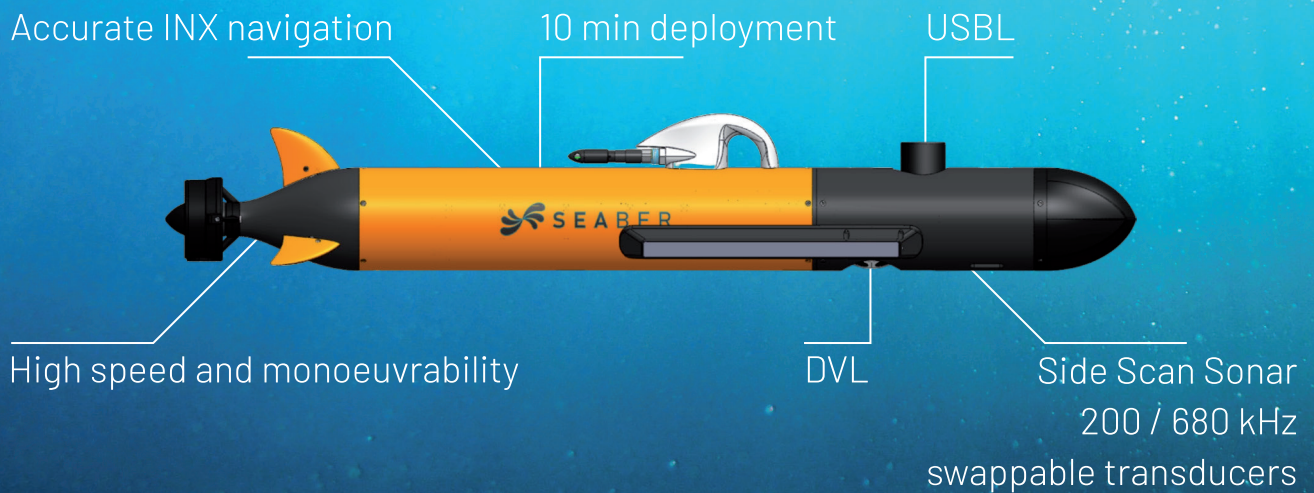


Weitere topo-bathymetrische Laserscanner und Systeme finden Sie auf www.riegl.com

Besuchen Sie uns

HYDRO 2026
28. - 30. Oktober 2026
Antwerpen | Belgien
RIEGL Messestand A10





MARVEL-SCAN

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

Your new way to use AUVs.



Photo: Christian 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



Hydrographie im Nahbereich

Hydrographie im Nahbereich

6 Ein Strahl in Bewegung

Ein Beitrag von RALPH BECKER-HEINS und JULIAN HÖPE

10 Hydrographische Vermessung zur Inspektion von Spundwänden

Ein Beitrag von BERIT JOST

18 Mapping and monitoring brown algae reefs in the Baltic Sea An integrated, multidisciplinary data approach

An article by ANNE HENNIKE and JENS GREINERT

Wissenschaftsgespräch

24 »50 Zentimeter über der Seegrasnarbe«

Ein Interview mit MANFRED STENDER

DHyG Student Excellence Award

34 Automatic detection and multiclass segmentation of underwater pipelines A comparative study on different approaches using computational models

An article by SETHMIYA HERATH MUDIYANSELAGE

Neues korporatives Mitglied

40 Quaiyo

Intelligente Technologie für Kommunikation, Positionierung und maritime Anwendungen

Ein Beitrag von SANDER KARIS

Veranstaltung

42 Warum ist die Intergeo interessant?

Ein Beitrag von PETER DUGGE

44 Drei Tage Hydrographie zwischen Innovation und Nachhaltigkeit 38. Hydrographentag in Lübeck-Travemünde

Ein Beitrag von RAPHAELA FRIND

Impressum

Journal of Applied Hydrography
HN 135 – Oktober 2026

HYDROGRAPHISCHE NACHRICHTEN

Offizielles Organ der Deutschen Hydrographischen
Gesellschaft – DHyG

Herausgeber

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

ISSN: 0949-5657 (Print), 1866-9204 (Online-Ausgabe)

© 2026

Chefredakteur

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

Redaktion

Dipl.-Ing. Peter Dugge; Ellen Heffner, M.Sc.;
Dr. Jens Schneider von Deimling;
Dipl.-Geophys. Manfred Stender; Dr.-Ing. Patrick Westfeld

Hinweise für Autoren und Inserenten

www.dhyg.de > Journal of Applied Hydrography >
Mediadaten und Hinweise

Alle Ausgaben im Archiv

www.dhyg.de > Journal of Applied
Hydrography > Ausgaben Archiv



Ein Strahl in Bewegung

Ein Beitrag von RALPH BECKER-HEINS und JULIAN HÖPE

Mechanisch scannende Imaging-Sonare bauen ein Bild aus zeitlich nacheinander aufgenommenen Strahlen auf. Bewegt oder dreht sich die Plattform während eines Scans, gehören die einzelnen Messlinien zu unterschiedlichen Fahrzeugposen; eine naive Darstellung in einem gemeinsamen Polarraster verzerrt daher stationäre Konturen. Am Beispiel SeaFox wird beschrieben, wie zeitlich zugeordnete Navigations- und Lagedaten jede Scanlinie auf einen gemeinsamen Referenzzustand transformieren können. Der so geometrisch konsistentere Datenbestand erleichtert die Wiederauffassung und Interpretation im Nahbereich. Räumlich überlappende Scans zu verschiedenen Zeitpunkten eröffnen außerdem die umgekehrte Informationsrichtung: Wiedererkennbare Bodenmerkmale können mittels Feature Tracking oder Scan Matching zur Schätzung relativer Poseänderungen und der Fahrt über Grund beitragen. Der Beitrag grenzt diese Perspektive gegenüber dem demonstrierten Ansatz zur Bewegungskompensation ab und ordnet beide Ansätze hinsichtlich Multibeam-Sonar, optischer Identifizierung sowie ihrer technischen Voraussetzungen und Grenzen ein.

Nahbereichssonar | mechanisch scannendes Imaging-Sonar | Bewegungskompensation | SeaFox |
Scan Matching | Unterwassernavigation
short-range sonar | mechanically scanning imaging sonar | motion compensation | SeaFox |
scan matching | underwater navigation

Mechanically scanning imaging sonars construct an image from beams acquired in sequence over time. If the platform moves or rotates during a scan, the individual scan lines correspond to different vehicle poses; a simplistic representation in a common polar grid therefore distorts stationary contours. Using the SeaFox as an example, this paper describes how temporally correlated navigation and attitude data can transform each scan line to a common reference state. The resulting, geometrically more consistent dataset facilitates re-localisation and interpretation at close range. Spatially overlapping scans taken at different times also open up the reverse direction of information flow: Recognisable seabed features can be used via feature tracking or scan matching to estimate relative pose changes and the track over ground. This paper distinguishes this perspective from the demonstrated approach to motion compensation and classifies both approaches in terms of multibeam sonar, optical identification and their technical prerequisites and limitations.

Autoren

Prof. Capt. Ralph Becker-Heins ist Principal Expert Autonomous Maritime Navigation bei der TKMS Atlas Elektronik GmbH in Bremen. Julian Höpe arbeitet dort an Verfahren zur Verarbeitung und Bewegungskompensation von Sonardaten.

ralph.becker-heins@tkmsgroup.com
julian.hoepe@tkmsgroup.com

Nahbereich beginnt nach der Detektion

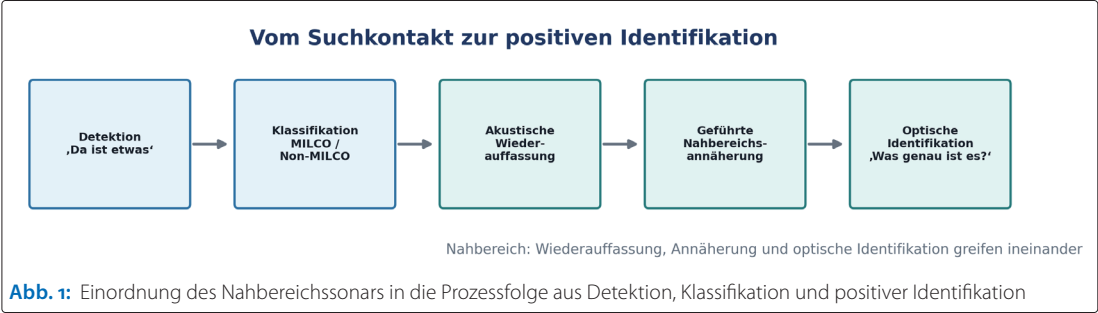
Im Kontext der Minenjagd sind Detektion, Klassifikation und Identifikation voneinander zu unterscheiden. Die Detektion zeigt zunächst, dass sich an einer Position ein auffälliger Kontakt befindet – vereinfacht: »Da ist etwas.« In der anschließenden Klassifikation wird bewertet, ob der Kontakt als mine-like contact (MILCO) oder als non-mine-like contact (Non-MILCO) weiterzuverfolgen ist. Erst die Identifikation beantwortet die Frage, um welches konkrete Objekt es sich handelt. Ein als MILCO klassifizierter Kontakt muss dafür wiederaufgefasst, kontrolliert angenähert und aus kurzer Entfernung untersucht werden. Schematisch ist der Prozess beginnend mit der Detektion in Abb. 1 dargestellt.

TKMS beschreibt SeaFox als faseroptisch geführtes Mine Identification and Disposal System (MIDS) mit Zielsuchsonar und integrierter Kamera. Es dient dazu, zuvor detektierte und klassifizierte Unterwasserobjekte aufzufinden, zu identifizieren

und – in der entsprechenden Fahrzeugausführung – zu neutralisieren (TKMS Group o. J.). Hydrographisch interessant ist vor allem das lokale Messsystem aus Sonar, Navigation, Fahrzeugführung, Anzeige und Bediener: Im Nahbereich verdichtet es die Information vom klassifizierten Suchkontakt bis zur belastbaren Identifikation.

Mechanisches Scanning als Systementscheidung

Beim mechanisch scannenden Imaging-Sonar wird ein schmaler akustischer Fächerstrahl schrittweise über einen Sektor gedreht. Anders als ein Multibeam-Imaging-Sonar erfasst es den Sektor daher nicht weitgehend gleichzeitig. Welche Sonarart für eine konkrete Nahbereichsaufgabe zweckmäßig ist, ergibt sich jedoch nicht allein aus Bildrate oder Auflösung. Maßgeblich sind unter anderem Sicht- und Schallausbreitungsbedingungen, benötigte Reichweite und Abdeckung, Fahr-



zeugstabilität und Eigenbewegung, Missionsdauer und -profil, Bauraum, Energie- und Datenbudget, Integrationsaufwand sowie die Kosten des Sensors und des Gesamtfahrzeugs (siehe Tabelle 1). Mechanisch scannende Sonare bleiben deshalb für Navigation und Scanregistrierung Gegenstand aktueller Forschung (Hansen et al. 2024).

Der Kostenaspekt erhält bei einem Mine-Disposal-Vehicle besonderes Gewicht. Die zur Neutralisation eingesetzte SeaFox-C-Variante ist als selbstzerstörendes ROV für den Verbrauch am Ziel vorgesehen. Ein technisch geeigneter, zugleich vergleichsweise preisgünstiger Nahbereichssensor kann deshalb systemisch vorteilhaft sein. Diese generische Abwägung beschreibt jedoch noch nicht, welche Kriterien die konkrete SeaFox-Auslegung historisch bestimmt haben.

Wie Fahrzeugbewegung eine stationäre Kontur verzerrt

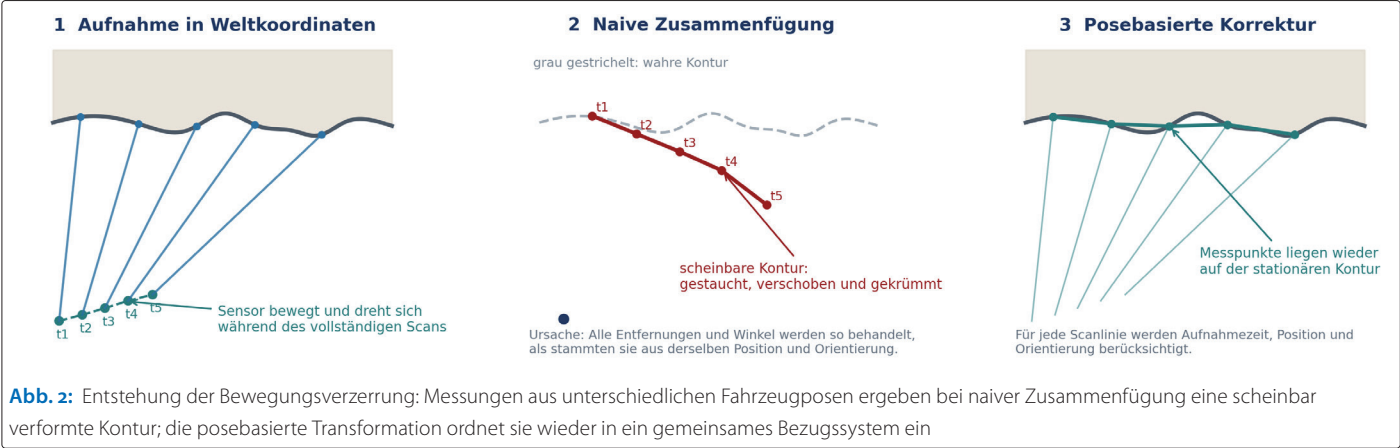
Jede Scanlinie enthält nicht nur Entfernung und Strahlrichtung, sondern gehört zu einer bestimmten Position und Orientierung des Fahrzeugs. Werden Linien, die zu den Zeitpunkten t1 bis t5 aus verschiedenen Posen aufgenommen wurden, so zusammengefügt, als stammten sie aus derselben Pose, werden ihre lokalen Koordinaten fälschlich gleichgesetzt. Eine stationäre Boden- oder Objektkontur erscheint dadurch verschoben, gestaucht, gedehnt oder gekrümmt. Abb. 2 zeigt getrennt die reale Aufnahmegeometrie, die fehlerhafte Zusammenfügung und die posebasierte Rückführung auf die wahre Kontur. Bei der naiven Zusammen-

fügung werden alle Messpunkte unkompensiert in eine Darstellung übertragen. Die Referenzpose, in der naiven Darstellung aus Abb. 2 als schwarzer Punkt gekennzeichnet, ist in diesem Fall die Pose des Sensors zum Zeitpunkt t1.

Für den Bediener ist dies mehr als ein Darstellungsfehler. Objektkonturen, Schallschatten und Bodenreliefs stützen Wiederauffassung und Annäherung; geometrische Instabilität erschwert sowohl die menschliche Interpretation als auch Segmentierung, Merkmalsextraktion und automatische Objekterkennung (Mallios et al. 2009; Burguera et al. 2012).

Kriterium	Mechanisch scannendes Sonar	Multibeam-Imaging-Sonar
Zeitbezug	Bild wird sequenziell aufgebaut; Bewegung muss beim Zusammenfügen berücksichtigt werden.	Sektor wird weitgehend gleichzeitig erfasst; hohe Aktualisierungsrate.
Abdeckung	Großer, flexibel wählbarer Scanbereich bis hin zur Rundumsicht möglich.	Typischerweise vorausgerichteter Sektor; Geometrie durch das Array festgelegt.
Bewegte Plattform	Ohne Kompensation prinzipbedingt anfällig für geometrische Verzerrung.	Für dynamische Darstellung vorteilhaft, aber ebenfalls auf korrekte Pose- und Einbauparameter angewiesen.
Integration	Kompakte Sensorik und vergleichsweise moderater Energie-, Daten- und Integrationsbedarf sind möglich.	Höherer Array-, Verarbeitung- und Datenaufwand; dafür dichte Bildfolgen.
Kosten	Vergleichsweise einfacher Wandler- und Verarbeitungsaufbau ermöglicht in der Regel geringere Sensorkosten.	Array, Empfangskanäle und Signalverarbeitung führen typischerweise zu höheren Beschaffungs- und Integrationskosten.

Tabelle 1: Anwendungsbezogene Gegenüberstellung im Nahbereich



Echtzeitnahe Bewegungskompensation

In einem SeaFox-bezogenen Demonstrator wurde die fortlaufende Kompensation von Sonardaten aus mechanisch scannenden Imaging-Sonaren untersucht (Höpe 2025). Sonar-, Navigations- und Lagedaten besitzen eigene Zeitstempel und Aktualisierungsraten. Für jede Scanlinie wird deshalb der Fahrzeugzustand zum Aufnahmezeitpunkt bestimmt; fehlen zeitgleiche Navigationswerte, können sie innerhalb eines durch Messwerte begrenzten Intervalls interpoliert werden.

Die Bildpunkte einer Scanlinie werden anschließend aus ihrem damaligen Fahrzeugkoordinatensystem in das Koordinatensystem eines gemeinsamen Referenzzeitpunkts transformiert. In einem gleitenden Zeitfenster verlassen ältere Linien die Darstellung, während neue hinzukommen. Damit dies nutzbar bleibt, müssen Zeitbasis, Sensordaten, Posezuordnung und Visualisierung als eine Verarbeitungskette behandelt werden: Fehler an einer dieser Stellen erscheinen als Restverzerrung oder zusätzliche Latenz.

Von der Bildkorrektur zur Bewegungsbeobachtung

Die Bewegungskompensation nutzt vorhandene Navigation zur Korrektur des Sonarbilds. Räumlich überlappende Scans erlauben prinzipiell auch die Gegenrichtung: Werden ortsfeste Kanten, Reliefwechsel, Schallschatten oder Intensitätsmuster wiedererkannt, kann aus ihrer relativen Verschiebung die Bewegung des Fahrzeugs gegenüber dem Meeresgrund geschätzt werden (Abb. 3). Feature Tracking verfolgt ausgewählte Merkmale; Scan Matching registriert größere Bild- oder Punktausschnitte. Beide Verfahren basieren auf der relativen Poseänderung statischer Objekte innerhalb der Darstellung. Translation und Rotation zwischen zwei Referenzzuständen liefern eine relative Poseänderung der Kontur und – bezogen

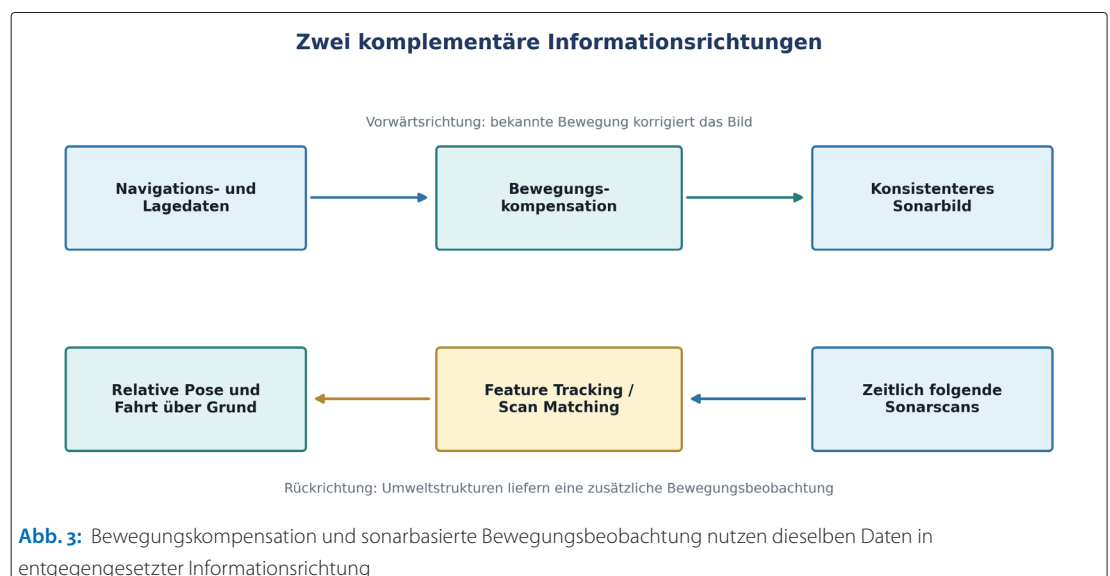
auf das Zeitintervall – eine Schätzung der Fahrt über Grund (Burguera et al. 2012).

Für SeaFox könnte eine solche Beobachtung die Nahbereichswahrnehmung um eine bodenbezogene Navigationsinformation ergänzen und mit Trägheits-, Lage-, Tiefen- oder Geschwindigkeitsbeobachtungen fusioniert werden. Sie ersetzt weder eine robuste Navigationslösung noch ein Doppler Velocity Log, kann aber in strukturreicher Umgebung eine zusätzliche Stützung liefern. Ihre Aussagekraft bleibt jedoch von der Qualität der zur Vorentzerrung verwendeten Navigations- und Lagedaten abhängig.

Beobachtbarkeit, Unsicherheit und Verifikation

Sonarbasierte Odometrie hängt von der Szene ab. Markante Reliefs und technische Strukturen bieten eher belastbare Korrespondenzen als homogener Meeresgrund; Wiederholungsmuster können falsche Zuordnungen erzeugen, bewegte Objekte verletzen die Annahme einer statischen Umwelt. Zudem verändern Blickwinkel, Abschattung, Speckle, Mehrwegeausbreitung und Sensoreinstellungen die akustische Erscheinung. Bewegungskompensation wiederum bleibt von Zeitstempeln, Posequalität und geometrischer Kalibrierung zwischen Sensor- und Fahrzeugrahmen abhängig. Qualitätsmaße, Ausreißererkennung und eine explizite Unsicherheitsbehandlung sind daher Voraussetzung für eine belastbare Nutzung.

Für die Verifikation sind drei voneinander abzugrenzende Nachweisebenen relevant. Auf der Darstellungsebene ist die geometrische Konsistenz der kompensierten Sonardaten gegenüber einer unabhängigen Referenz zu bewerten. Auf der Registrierungsebene muss sich zeigen, ob Merkmale oder vollständige Scanausschnitte unter wechselnden Bodenarten, Blickwinkeln und Fahrzuständen reproduzierbar zugeordnet werden können.



Auf der Systemebene ist schließlich der messbare Beitrag der Sonarbeobachtung zu einer fusionierten Navigation nachzuweisen. Ein positives Ergebnis auf einer Ebene ersetzt dabei nicht den Nachweis auf der nächsten. Offene Datensätze mit Ground-Truth-Pose ermöglichen reproduzierbare Methodenvergleiche (Hansen et al. 2024), bilden fahrzeug- und einsatzspezifische Bedingungen jedoch nur begrenzt ab und ersetzen deren Validierung nicht.

Akustisches und optisches Bild im Nahbereich

Sonar und Kamera beantworten unterschiedliche Fragen. Akustische Bilder ermöglichen Wiederaufassung, Klassifikationsverdichtung und räumliche Annäherung auch bei eingeschränkter Sicht; optische Aufnahmen liefern im beleuchteten Nahbereich Form-, Oberflächen- und Detailinformationen für die abschließende Identifikation. Im hier betrachteten militärischen Minenjagdprozess ist diese abschließende Identifikation optisch abzusichern. Selbst ein hochauflösendes Nahbereichssonar kann den optischen Nachweis daher unterstützen, aber nicht ersetzen.

Abb. 4 veranschaulicht den Unterschied an einer veröffentlichten Manta-Minenform. Die akustische Aufnahme wurde mit einem Synthetic-Aperture-Sonar (SAS) erzeugt. SAS erreicht bekanntermaßen eine besonders hohe und gegenüber einem kompakten mechanisch scannenden Sonar typischerweise deutlich bessere Bildauflösung. Dennoch bleiben im Vergleich zum Kamerabild erhebliche Unterschiede in der unmittelbaren Erkennbarkeit von Form- und Oberflächendetails. Die Abbildung ist weder eine SeaFox-Aufnahme noch ein Leistungsnachweis eines konkreten Systems, sondern eine neutrale Illustration des komplementären Informationsgehalts.

Fazit

Mechanisches Scanning ist nicht allein nach Bildrate, Auflösung oder technologischem Alter zu bewerten. Die Eignung eines Nahbereichssonars ergibt sich aus Umweltbedingungen, Plattformbewegung, Missionsparametern, Integrationsgrenzen und Kosten. Gerade bei einem verbrauchbaren Mine-Disposal-Vehicle kann ein preisgünstigerer Sensor deshalb einen wesentlichen Systemvorteil bieten. Der sequenzielle Bildaufbau macht Fahrzeugbewegung zwar zunächst zur Fehlerquelle; eine zeit- und posebewusste Verarbeitung kann die resultierende Konturverzerrung jedoch gezielt



Abb. 4: Optische und akustische Erscheinung einer Manta-Minenform. Bearbeitete und neu angeordnete Ausschnitte (b) und (f) aus Chinicz und Diamant (2024), Abb. 8; CC BY 4.0; keine SeaFox-Aufnahmen

reduzieren. Werden wiedererkennbare Umweltmerkmale über mehrere Scans verfolgt, entsteht darüber hinaus das Potenzial einer ergänzenden bodenbezogenen Bewegungsbeobachtung, deren Qualität von den zur Vorentzerrung verwendeten Navigations- und Lagedaten abhängt. Die abschließende Identifikation bleibt gleichwohl eine optische Aufgabe. Für den hydrographischen Nahbereich entscheidet somit das abgestimmte Zusammenspiel von Sensor, Zeitbasis, Navigation, Verarbeitung, Plattform und Kamera. //

Literatur

- Burguera, Antoni; Yolanda González; Gabriel Oliver (2012): The UsplC: Performing Scan Matching Localization Using an Imaging Sonar. *Sensors*, DOI: 10.3390/s120607855
- Chinicz, Rebeca; Roe Diamant (2024): A Statistical Evaluation of the Connection between Underwater Optical and Acoustic Images. *Remote Sensing*, DOI: 10.3390/rs16040689
- Hansen, Tim; Bogdan Belenis; Miguel Bande Firvida; Tom Creutz; Andreas Birk (2024): Scanning Sonar Data From an Underwater Robot With Ground Truth Localization. *IEEE Access*, DOI: 10.1109/ACCESS.2024.3420766
- Höpe, Julian (2025): Realtime Motion Compensation SeaFox Single Beam Sonar Images. Technical Report, Issue 1.00, 30.09.2025, TKMS Atlas Elektronik GmbH
- Mallios, Angelos; Pere Ridao; Emili Hernández; David Ribas; Francesco Maurelli; Yvan Petillot (2009): Pose-based SLAM with probabilistic scan matching algorithm using a mechanical scanned imaging sonar. *OCEANS 2009, Bremen*, DOI: 10.1109/OCEANSE.2009.5278219
- TKMS Group (o. J.): Mine Identification and Disposal System SeaFox. www.tkmsgroup.com/atlas-elektronik/mine-warfare-systems/seafox

Hydrographische Vermessung zur Inspektion von Spundwänden

Ein Beitrag von BERIT JOST

Spundwände übernehmen in Häfen und an Wasserstraßen je nach Bauart tragende, sichernde und abdichtende Funktionen. Ein großer Teil der Konstruktion liegt dauerhaft unter Wasser und ist einer unmittelbaren Sichtprüfung nur eingeschränkt zugänglich. Hochauflösende hydrographische Nahbereichsvermessungen können diesen Bereich flächig und georeferenziert erfassen. Dieser Beitrag beschreibt einen Messansatz, mit dem Messdaten erzeugt werden, die für eine Spundwandinspektion genutzt werden können. Dabei ist es wichtig, im Vorhinein entwickelte Qualitätsparameter ausreichend zu berücksichtigen. Anwendungsbeispiele zeigen, wie dreidimensionale Punktwolken Verformungen, ausreichend große Oberflächenanomalien, Auskolkungen und Hindernisse sichtbar machen und Detailprüfungen vorbereiten. Zugleich werden die Grenzen des Verfahrens dargestellt. Insbesondere ersetzen akustische Oberflächenmessungen weder die Waddickenmessung noch den sicheren Nachweis feiner Risse oder verdeckter Schäden. Imaging-Sonar und Unterwasserphotogrammetrie ergänzen die geometrische Erfassung dort, wo eine höhere Detailauflösung oder eine bildhafte Dokumentation benötigt wird.

Bauwerksinspektion | Qualitätsparameter | Spundwand | Hafen | Genauigkeit
structural inspection | quality parameters | sheet pile wall | port | accuracy

Depending on their design, sheet pile walls perform load-bearing, securing and waterproofing functions in ports and along waterways. A large part of the structure lies permanently underwater and is only accessible to a limited extent for direct visual inspection. High-resolution close-range hydrographic surveys can capture this area comprehensively and in a georeferenced manner. This article describes a measurement approach that generates data suitable for sheet pile wall inspection. It is important to give sufficient consideration to quality parameters developed in advance. Case studies demonstrate how three-dimensional point clouds reveal deformations, sufficiently large surface anomalies, scouring and obstacles, and facilitate detailed inspections. At the same time, the limitations of the method are outlined. In particular, acoustic surface measurements do not replace wall thickness measurements or the reliable detection of fine cracks or concealed damage. Imaging sonar and underwater photogrammetry complement the geometric survey where higher detail resolution or visual documentation is required.

Autorin

Dr. Berit Jost ist CTO bei der HydroMapper GmbH in Hamburg.

berit.jost@hydromapper.de

1 Einleitung

Spundwandbauwerke sichern Geländesprünge, fassen Hafenbecken und Wasserstraßen ein und bilden häufig den wasserseitigen Abschluss von Verkehrs-, Lager- oder Betriebsflächen. Ihre Gebrauchstauglichkeit und Tragfähigkeit sind daher unmittelbar mit dem sicheren Betrieb der angrenzenden Infrastruktur verbunden. Schäden können sich schleichend durch Korrosion, Erosion oder wiederholte Beanspruchung entwickeln, aber auch plötzlich nach einer Anfahrung oder einer außergewöhnlichen Belastung auftreten. Da der überwiegende Teil der Konstruktion unter Wasser liegt, bleiben Veränderungen ohne eine geeignete Erfassung leicht unbemerkt.

Für Verkehrswasserbauwerke des Bundes beschreibt die VV-WSV 2101 die Bauwerksinspektion und fordert, den Zustand im Hinblick auf Tragfä-

higkeit und Gebrauchstauglichkeit zu beurteilen. Messergebnisse werden dabei Bestandteil der Bestandsunterlagen. Diese Verwaltungsvorschrift gilt nicht automatisch für jede kommunale oder private Hafenanlage, bietet aber einen fachlichen Bezugsrahmen für die systematische Dokumentation. Prüfmethode, Umfang und Intervall sind stets aus der Zuständigkeit, dem Regelwerk des Betreibers, dem Bauwerkszustand und dem Gefährdungspotenzial abzuleiten (BMDV 2022).

Eine hydrographische Aufnahme liefert geometrische und räumlich eindeutig zuordenbare Befunde, auf deren Grundlage Prüfingenieurinnen und Prüfingenieure Auffälligkeiten bewerten und weitere Untersuchungen veranlassen können. Ihr besonderer Wert liegt in der flächigen und georeferenzierten Erfassung des Unterwasserbereichs und in der Möglichkeit, spätere Messungen mit

einem dokumentierten Ausgangszustand zu vergleichen.

Der konkrete Anlass bestimmt die notwendige Detailtiefe der Messung. Eine Erstmessung soll einen verlässlichen Ausgangszustand abbilden. Wiederkehrende Aufnahmen richten sich stärker auf Veränderungen gegenüber diesem Bestand, während eine Messung nach Schiffsanfahrung, außergewöhnlichem Hochwasser oder auffälligen Setzungen kurzfristig einen begrenzten Bereich untersuchen kann. Vor einer Instandsetzung werden dagegen häufig Geometrien und Mengen benötigt, die über eine reine Schadenssuche hinausgehen. Es wäre daher fachlich nicht sinnvoll, ein Messprogramm für alle Anlässe zu verwenden. Die prüfende Stelle sowie das Vermessungsteam müssen vorab gemeinsam festlegen, welche Entscheidung die Daten ermöglichen sollen. Die relevanten Merkmale sind dabei abhängig von Bauart, statischem System, Material, Nutzung und örtlicher Exposition.

Um einen tieferen Einblick in die Inspektion von Spundwänden mittels hydrographischer Systeme zu gewinnen, gibt dieser Artikel einen Überblick über häufige Schadensfälle (Abschnitt 2), erläutert relevante Qualitätsparameter (Abschnitt 3), zeigt Beispiele von Bauwerksinspektionen (Abschnitt 4) und zeigt Potenziale und Limits von hydrographischer Vermessung im Kontext der Bauwerksinspektion auf (Abschnitt 5). Abschließend folgt ein Fazit und ein Ausblick auf ergänzende Messsensoren (Abschnitt 6).

2 Überblick über häufige Schadensfälle

Korrosion ist bei Stahlspundwänden ein zentraler Alterungsmechanismus. Sie kann flächig oder lokal als Mulden und Narben auftreten und führt zu einem Verlust der Restwanddicke. Die Intensität ist über die Bauwerkshöhe nicht zwingend gleichmäßig. Die Bundesanstalt für Wasserbau (BAW) unterscheidet je nach Gewässer und Modell unter anderem Spritzwasser, Wasserwechsel, Niedrigwasser und Unterwasserbereiche. Ein Fächerecholot erfasst die äußere Oberfläche des Bauwerks. Ausgeprägte Abrostungen, Rauigkeiten oder Durchrostungen können bei ausreichender Qualität in den Daten erkennbar sein. Die verbleibende Stahlstärke lässt sich daraus jedoch nicht bestimmen. Hierfür sind punktuelle, in der Regel ultraschallbasierte Wanddickenmessungen erforderlich. Nach der BAW-Empfehlung kann der Erhaltungszustand und eine Prognose der Restnutzungsdauer nur auf Grundlage solcher Wanddickenmessungen zuverlässig beurteilt werden (BAW 2017). Eine geometrische Analyse der Wand kann jedoch vorab die größten Biegemomente der Wand bestimmen und somit die Stellen spezifizieren, an denen eine Restwanddickenmessung besonders interessant ist (Holste et al. 2019).

Geometrische Verformungen umfassen lokale Beulen, Knicke, Verschiebungen oder eine Veränderung der Neigung einzelner Bohlen bzw. ganzer Wandabschnitte. Sie können aus unterschiedlichen Einwirkungen resultieren, die sich aus der Form alleine nicht beurteilen lassen. Eine dichte Punktwolke erlaubt jedoch, die Lage der Oberfläche gegenüber Referenzebenen, Bestandsplänen oder früheren Epochen zu vergleichen und Profile an frei wählbaren Stationen auszuwerten.

Risse, offene Schlösser und Schlosssprengungen sind für die Funktionsfähigkeit und gegebenenfalls für die Tragwirkung relevant. Feine lineare Schäden liegen häufig unterhalb der sicheren Detektionsgrenze einer flächigen Fächerecholotmessung. Größere Öffnungen können als Unterbrechung oder Kantensprung erscheinen, müssen aber durch eine gezielte Sicht-, Tast- oder Detailprüfung bestätigt werden. Entsprechendes gilt für Schäden an Schweißnähten, verdeckte Anker und Gurtungen oder den Zustand der landseitigen Konstruktion.

Zum Prüfbereich gehört außerdem die Gewässersohle unmittelbar vor dem Wandfuß: Dort können Auskolkungen, Erosionsrinnen, Sedimentumlagerungen und Gegenstände die Standsicherheit und den Betrieb beeinflussen. Diese sollten deshalb ebenfalls in den Messungen identifiziert und anschließend durch Fachkräfte bewertet werden.

Auch die zeitliche Entwicklung gehört zur Schadensbeschreibung. Eine einzelne Epoche zeigt die aktuelle Geometrie, belegt aber nicht, wann eine Verformung entstanden ist oder ob sie fortschreitet. Von daher ist es wichtig, möglichst viele historische Daten zu sammeln (z. B. Bestandspläne, frühere Messungen, bekannte Anfahrungen, Wanddickenreihen und Angaben zu Reparaturen) und diese zusammenzuführen, um eine ganzheitliche Aussage zum Zustand des Bauwerks treffen zu können.

3 Qualitätsparameter der Messung

Der IHO-Standard S-44 (IHO 2024) stellt für hydrographische Vermessungen das Prinzip der Gesamtunsicherheit, der nachzuweisenden Objektdetektion und der dokumentierten Abdeckung bereit, um die Qualität der Messungen zu sichern. Seine Vermessungsordnungen dienen der Sicherheit der Navigation und beziehen sich überwiegend auf Gewässersohlen. Sie bilden daher keine vollständige Spezifikation für eine vertikale, stark gegliederte Bauwerks Oberfläche. Für Spundwände müssen insbesondere die Auflösung normal zur Wand, die Vollständigkeit an Profilkanten und die Wiederholbarkeit im gemeinsamen räumlichen Bezug objektspezifisch ergänzt werden.

Um dementsprechend die vorab genannten Schäden überhaupt erkennen zu können, sind vorgelagerte Überlegungen über die Qualität der

Parameter	Bedeutung	Nachweis
Auflösungsvermögen	Kleinste Struktur, die sich vom Messrauschen und von benachbarten Details trennen lässt	Punktabstand und Größe des Schallspots; Überprüfung mit Testobjekten bekannter Größe
Genauigkeit	Richtigkeit und Rauschen der Messung	Rauschanalyse und Kontrolle an einer unabhängigen Referenz bzw. an Passpunkten
Vollständigkeit	Erfassung und Beurteilbarkeit aller für das Prüfziel relevanten Flächen	Abdeckungsplan, Überlappungen, Gegenfahrten und Kennzeichnung zusammenhängender Datenlücken
Wiederholbarkeit	Vergleichbarkeit mehrerer Epochen in einem stabilen räumlichen Bezug	Wiederholungsmessungen auf stabilen Bereichen und dokumentierte Aufnahmeparameter

Tabelle 1: Qualitätsparameter zur Qualitätssicherung der hydrographischen Vermessung

Messung essenziell. Die geforderte Datenqualität muss vor der Messung aus der Inspektionsaufgabe abgeleitet werden. Dazu lassen sich vier zentrale Fragen formulieren:

- Ist der gesuchte Schaden auflösbar?
- Lässt sich seine Geometrie zuverlässig messen?
- Wurden alle entscheidenden Flächen erfasst?
- Sind spätere Aufnahmen mit dem Ausgangszustand vergleichbar?

Zur Beantwortung dieser Fragen müssen die folgenden Qualitätsparameter betrachtet werden: Auflösungsvermögen, Genauigkeit, Vollständigkeit und Wiederholbarkeit. Dabei benötigt jeder Parameter ein prüfbares Kriterium, das auf Schadensart, Mindestgröße, Lage am Bauwerk und vorgesehenes Auswerteprodukt abgestimmt ist (Tabelle 1).

Das Auflösungsvermögen wird von dem Punktabstand und der Größe des Schallspots, welcher die Oberfläche trifft, bestimmt (Schmitz et al. 2020). Diese beiden Parameter sind wiederum abhängig von der Messdistanz, dem Öffnungswinkel der Einzelstrahlen und dem Einfallswinkel. Mit wachsender Entfernung vergrößert sich der Schallspot auf der Oberfläche. Fahrtgeschwindigkeit, Pingrate und Strahlzahl bestimmen den Punktabstand

in Fahrtrichtung. Eine hohe Punktzahl allein belegt dennoch keine Detektion. Die Zielstruktur muss sich in Größe und Form erkennbar vom Messrauschen, von Bewuchs und von benachbarten Profilkanten abheben. Der Nachweis sollte deshalb an einem bekannten Objekt oder einer Referenzfläche unter einer zum Projekt passenden Messgeometrie erfolgen.

Die Genauigkeit teilt sich auf in Richtigkeit und Präzision der Messung. Das Rauschen (Präzision) beschreibt die Streuung benachbarter Beobachtungen auf einer Fläche. Die Richtigkeit beschreibt zusätzlich, wie gut die gemessene Lage mit einer unabhängigen Referenz übereinstimmt. Ein dichter, optisch glatter Datensatz kann einen systematischen Versatz enthalten. Für die Beurteilung sind daher sowohl statistische Kennwerte als auch Kontrollmessungen an bekannten Flächen oder Zielmarken erforderlich.

Die Vollständigkeit beschreibt, ob die zu beurteilende Fläche ganzheitlich aufgenommen wurde. Spundwandprofile, Fender, Vorsprünge und Pfähle erzeugen akustische Schatten. Eine nominell dichte Punktwolke kann deshalb Lücken enthalten. Der Abdeckungsnachweis muss die tatsächlich untersuchte Oberfläche zeigen und nicht erfasste Bereiche kennzeichnen. Fahrten mit verändertem Abstand, entgegengesetzter Richtung oder anderer Sensorausrichtung können Schatten reduzieren. Physisch unzugängliche oder dauerhaft verdeckte Bereiche benötigen ein ergänzendes Verfahren.

Die Wiederholbarkeit setzt einen stabilen räumlichen Bezug und vergleichbare Aufnahmebedingungen voraus. Vor einem Epochenvergleich muss geprüft werden, welche Unterschiede bereits durch Registrierung, Sensorlage, Schallgeschwindigkeit, Wasserstand und Filterung entstehen können. Eine Veränderung ist aussagekräftig, wenn sie gegenüber der kombinierten Messunsicherheit beider Epochen signifikant ist und ein plausibles räumliches Muster bildet. Stabile Bauwerksbereiche oder unabhängige Kontrollflächen helfen, Versätze zwischen den Aufnahmen zu erkennen.

4 Spundwandinspektion mit hydrographischen Daten

Der folgende Abschnitt zeigt beispielhaft Daten zur Inspektion von maritimen Bauwerken. Dazu wird zunächst das Messsystem vorgestellt und anschließend wird der Einfluss verschiedener Qualitätsparameter aufgezeigt.

4.1 Aufbau des Messsystems

Abb. 1 zeigt das verwendete Messboot, welches mit einem Fächerecholot, einem Profillaserscanner und einem photogrammetrischen TriCam-System ausgestattet ist. Dieses erzeugt unter Wasser eine Punktwolke. Über Wasser erzeugt



Abb. 1: Messboot mit Laserscanner, photogrammetrischem System und Fächerecholot

das System eine weitere Punktwolke sowie eine photogrammetrisch erstellte Vermaschung, welche Schäden sehr detailliert darstellen kann. Der Schallfächer ist gezielt auf die vertikale Spundwand ausgerichtet und in der Höhe verstellbar, da anders als bei einer klassischen Tiefenvermessung nicht die Sohle, sondern die vertikalen Bauteile im Mittelpunkt stehen. Es werden die Bauwerks Oberfläche vom Wandfuß bis möglichst nahe an die Wasserlinie sowie der unmittelbar angrenzende Gewässergrund erfasst. Abhängig von der Geometrie und dem Prüfziel können mehrere Sensorstellungen oder mehrere Fahrten notwendig sein, um Profile, Anbauteile und verdeckte Bereiche aus unterschiedlichen Blickrichtungen aufzunehmen.

Zum Gesamtsystem gehören neben dem akustischen Sensor eine präzise Zeitbasis, eine inertielle Messeinheit sowie eine genaue Positionsbestimmung mit GNSS (Global Navigation Satellite System). Außerdem ist die Bestimmung der Einbauwinkel und Hebelarme sowie Messungen der Schallgeschwindigkeit notwendig, um genaue Messergebnisse zu erhalten.

Vor Beginn der Aufnahme werden Prüfziel, kleinste relevante Struktur, erforderliche Abdeckung, Koordinaten und Höhenbezug sowie das gewünschte Ergebnisformat festgelegt. Darauf folgen Systemkalibrierung, Kontrolle der Sensorversätze und eine auf die Wandgeometrie abgestimmte Linienplanung. Während der Fahrt sind Abstand und Ausrichtung zur Wand, Geschwindigkeit, Schallfächeröffnung, Frequenz, Pingrate und Datenüberlappung so zu wählen, dass die geforderte Qualität im gesamten Abschnitt erreichbar bleibt. Wiederholte oder gegenläufige Passagen schaffen Redundanz und helfen, systematische Abweichungen oder Abschattungen zu erkennen.

4.2 Einfluss verschiedener Parameter auf die Qualität der Messung

Die Punktdichte beschreibt, wie eng die Messpunkte auf der untersuchten Oberfläche angeordnet sind. Abb. 2 zeigt den Einfluss unterschiedlicher Punktabstände auf den erkennbaren Detailgrad. Bei einer groben Abtastung wird zunächst nur die allgemeine Ausdehnung der Wand wiedergegeben. Die einzelnen Spundwandprofile und kleinere Oberflächenstrukturen sind nur eingeschränkt erkennbar. Mit zunehmender Punktdichte werden die Profilgeometrie, Kanten und lokale Auffälligkeiten deutlicher abgebildet. Bei einem durchschnittlichen Punktabstand von 1 cm entsteht eine nahezu geschlossene Darstellung der Oberfläche, aus der auch kleinere geometrische Strukturen abgeleitet werden können.

Von der Punktdichte ist die Präzision der Messung zu unterscheiden. Sie beschreibt die Streuung wiederholter Beobachtungen unter festgelegten Bedingungen und kann beispielsweise durch eine Standardabweichung angegeben werden. Abb. 3 veranschaulicht diesen Einfluss anhand von Punktwolken eines Spundwandprofils. Bei einer Standardabweichung von 1 cm bildet die gelbe Punktwolke das Profil als vergleichsweise schmales Band ab. Die Profilform und ihre Übergänge bleiben deutlich erkennbar. Bei Standardabweichungen von 5 cm bzw. 10 cm verbreitert sich dieses Band zunehmend. Die grundsätzliche Profilform ist weiterhin sichtbar, ihre genaue Lage und kleinere geometrische Abweichungen lassen sich jedoch immer weniger sicher bestimmen. Strukturen, deren Ausdehnung in der Größenordnung der Messstreuung liegt, können nur eingeschränkt vom Messrauschen unterschieden werden.

Für den Vergleich verschiedener Messepochen kommt die Wiederholbarkeit als weiterer Qualitätsparameter hinzu. Abb. 4 zeigt einen Cloud-to-

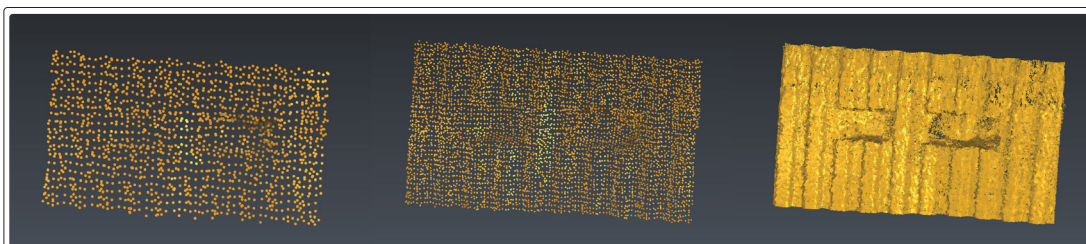


Abb. 2: Einfluss verschiedener Punktdichten auf den Detailgrad der Punktwolke (links: 20 cm, Mitte: 10 cm, rechts: 1 cm durchschnittlicher Punktabstand)

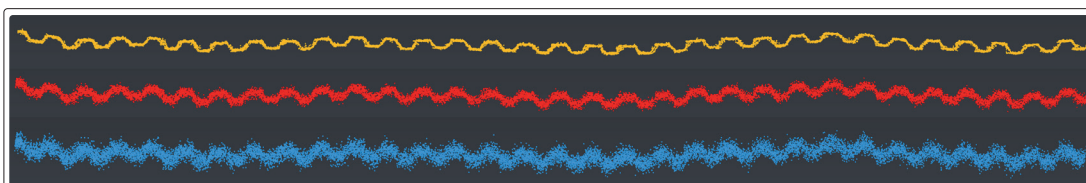


Abb. 3: Punktwolken von Spundwandprofilen mit unterschiedlicher Präzision: gelb: 1 cm; rot: 5 cm; blau: 10 cm Standardabweichung

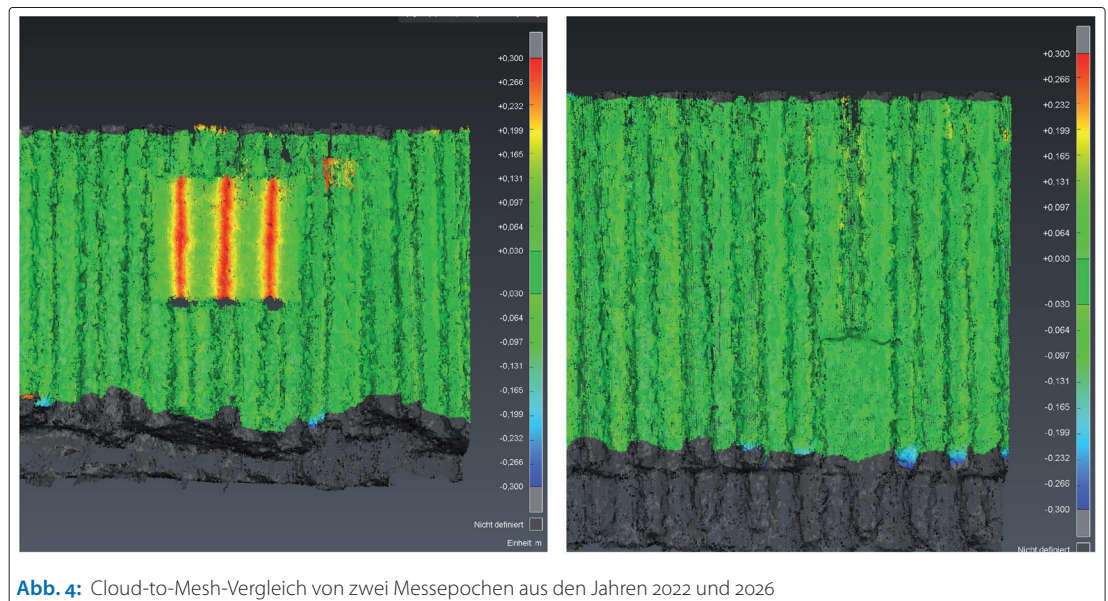


Abb. 4: Cloud-to-Mesh-Vergleich von zwei Messepochen aus den Jahren 2022 und 2026

Mesh-Vergleich (Lague et al. 2013) der Aufnahmen aus den Jahren 2022 und 2026. Hierbei werden die räumlichen Abstände zwischen einer Punktwolke und einem aus der Vergleichsepoche abgeleiteten Oberflächennetz farbcodiert dargestellt. Bereiche nahe dem gewählten Nullwert weisen geringe Abstände zur Referenz auf; warme und kalte Farben kennzeichnen je nach Vorzeichenkonvention Abweichungen in entgegengesetzten Richtungen. Die Farbskala beschreibt damit zunächst ausschließlich geometrische Differenzen und keine Schadensschwere. Die grünen Bereiche liegen innerhalb eines Bereiches von ± 3 cm. Da die Präzision der Messung im Jahr 2022 noch bei 4 cm und die der Messung aus dem Jahr 2026 bei 1 cm lag, liegen diese Abweichungen also innerhalb des Messrauschens. Auffällig ist jedoch der mittlere Bereich in der linken Abbildung. Dort werden die Abweichungen deutlich größer. Dies liegt an

einer Vorplattung, die zwischen den Epochen angebracht wurde. In der rechten Abbildung ist bei genauem Hinsehen im unteren Bereich ebenfalls eine Vorplattung sichtbar. Da diese aber schon vor der ersten Epoche existierte, ist sie im Vergleich nicht auffällig.

4.3 Beispielhafte Inspektionserkenntnisse

Die nachfolgenden Beispiele veranschaulichen, welche geometrischen Auffälligkeiten sich in hydrographischen Punktwolken erkennen und räumlich dokumentieren lassen. Im Mittelpunkt steht zunächst die neutrale Beschreibung des sichtbaren Befundes. Aus der Geometrie allein werden keine Aussagen zur Schadensursache, zum Entstehungszeitpunkt oder zur statischen Relevanz abgeleitet. Eine solche Bewertung erfordert zusätzliche Informationen oder eine gezielte Sichtprüfung bzw. Fachpersonal.

Abb. 5 zeigt die Punktwolke eines Betonpfeilers mit einer lokal zurückliegenden Oberfläche. Die Farbgebung basiert auf dem radialen Abstand der Messpunkte zu einem festgelegten Mittelpunkt bzw. zu einer daraus abgeleiteten Referenzgeometrie des Pfeilers. Bereiche mit vergleichbarem Abstand werden in ähnlichen Farben dargestellt. Der blau gekennzeichnete Bereich weist einen geringeren Abstand zum Mittelpunkt auf und liegt damit gegenüber der umgebenden Pfeileroberfläche zurück. Auf diese Weise werden Lage, räumliche Ausdehnung und Form des Materialausbruchs in der Punktwolke erkennbar.

Abb. 6 zeigt einen längeren Bauwerksabschnitt, in dem mehrere unterschiedliche Geometrien gemeinsam erfasst wurden. Im Verlauf der Wand ist zunächst ein deutlicher Bauformwechsel sichtbar. Die Profilierung, Lage und Ausrichtung der Spundwand ändern sich an dieser Stelle. Ein solcher Übergang ist nicht zwangsläufig als Schaden zu bewer-

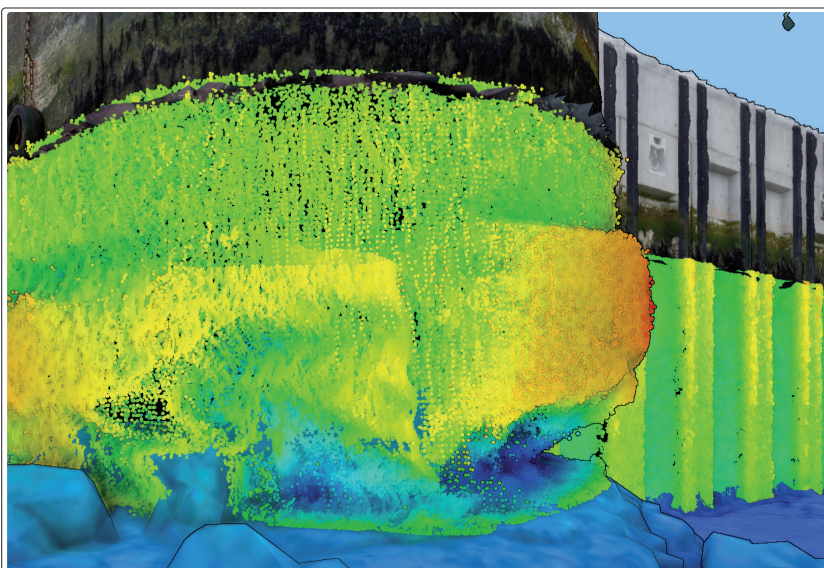


Abb. 5: Beispiel für eine Materialablösung

ten, sondern kann Bestandteil der vorhandenen Bauwerkskonstruktion sein. Ohne Bestandspläne könnte die abrupte Änderung jedoch irrtümlich als Verformung oder Versatz eingeordnet werden. Das Beispiel verdeutlicht daher die Bedeutung der gemeinsamen Betrachtung von Punktwolke und vorhandenen Bauwerksinformationen.

Darüber hinaus ist eine der eigentlichen Spundwand vorgelagerte Vorspundwand erkennbar. Die räumliche Darstellung macht sowohl deren Lage als auch den Abstand zur dahinterliegenden Wand nachvollziehbar. Auch die angrenzende Gewässer- sohle ist in der Punktwolke enthalten. Sie weist lokale Höhenunterschiede und mulden- bzw. rinnenförmige Vertiefungen auf. Diese Bereiche können geometrisch als Sohldepressionen beschrieben, räumlich abgegrenzt und hinsichtlich ihrer Tiefe gegenüber der benachbarten Sohle ausgewertet werden. Die Bezeichnung als Kolkbildung setzt darüber hinaus eine fachliche Einordnung oder einen Vergleich mit einem früheren bzw. konstruktiv vorgegebenen Zustand voraus. Eine einzelne Messepoche dokumentiert zunächst lediglich die zum Aufnahmezeitpunkt vorhandene Sohlengeometrie. Erst ein belastbarer Epochenvergleich kann zeigen, ob Material abgetragen oder umgelagert wurde.

Abb. 7 zeigt eine farbcodierte Abweichungs- darstellung einer Spundwand gegenüber einer festgelegten Referenzebene. Die Farben repräsentieren die Abstände der Messpunkte senkrecht zu dieser Ebene. In der gewählten Darstellung kennzeichnen zunehmend orangefarbene Bereiche eine größere positive Abweichung. Über mehrere Spundwandprofile hinweg bildet sich ein zusammenhängender, bogenförmiger Verlauf. Unter Berücksichtigung der gewählten Bezugsrichtung wird dadurch eine zur Wasserseite gerichtete Ausbiegung der Wand sichtbar.

Die Aussagekraft der Darstellung hängt wesentlich von der Definition der Referenzebene ab. Eine aus der vorhandenen Punktwolke angepasste Ebene beschreibt den mittleren Zustand des untersuchten Wandabschnitts, stellt jedoch nicht automatisch die ursprüngliche oder planmäßige Lage der Wand dar. Aus der bogenförmigen

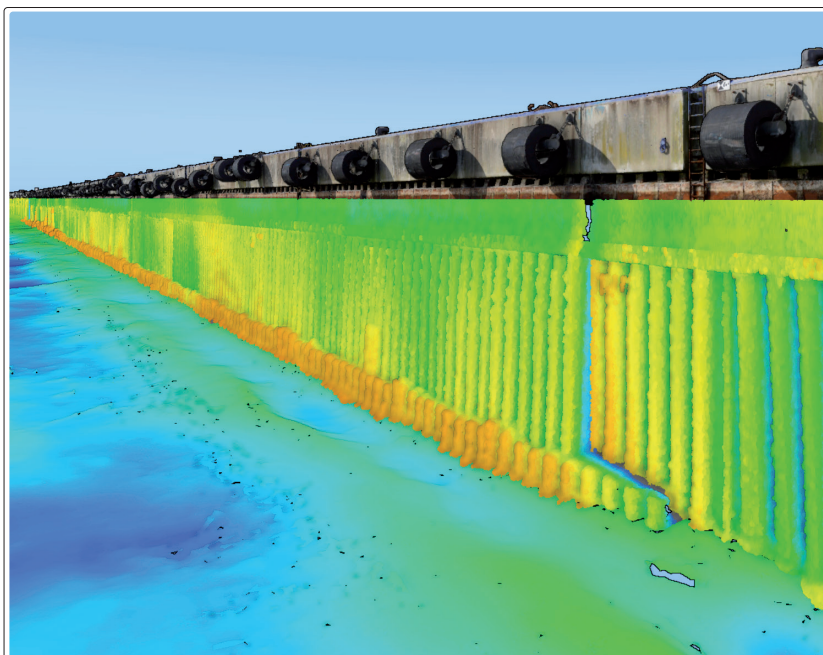


Abb. 6: Beispiel für einen Bauformwechsel sowie verschiedene Geometrieanomalien und Kolkbildung

Geometrie allein lässt sich nicht ableiten, wodurch die Verformung entstanden ist oder ob sie weiter fortschreitet. Hierfür wäre eine fachliche Einschätzung durch geschultes Personal bzw. zusätzliche Angaben zur Konstruktion, zu früheren Messungen und zu möglichen Einwirkungen erforderlich. Die Punktwolke liefert jedoch einen eindeutig lokalisierbaren und messbaren Befund, auf dessen Grundlage weiterführende Prüfungen geplant werden können.

5 Chancen und Limitationen bei der Nutzung hydrographischer Daten zur Bauwerksinspektion

Der größte Vorteil der hydrographischen Aufnahme mittels Fächerecholot liegt in der zusammenhängenden räumlichen Erfassung. Dadurch entsteht ein georeferenziertes Abbild der zugänglichen Unterwasseroberfläche. Damit lassen sich Befunde eindeutig stationieren, Abmessungen im Modell prüfen und Detailuntersuchungen auf konkrete Bereiche begrenzen. Akustische Verfahren

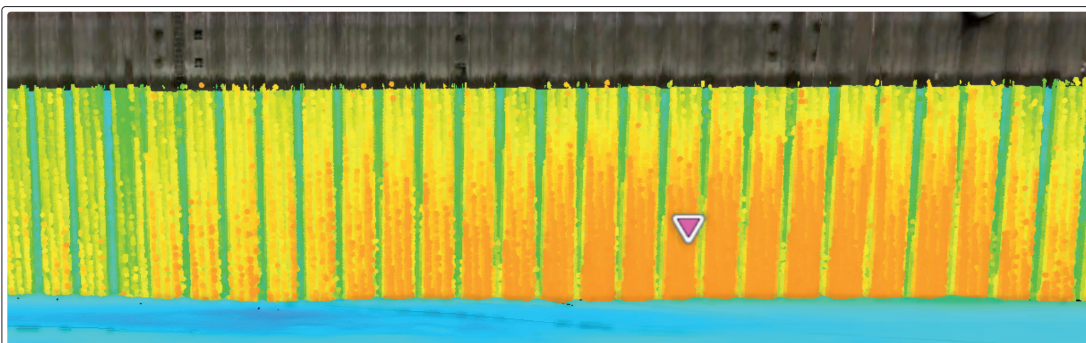


Abb. 7: Beispiel für die Verformung einer Spundwand

bleiben auch bei starker Trübung und fehlendem Licht einsetzbar, sofern die Schallausbreitung nicht durch ungünstige Umgebungsbedingungen beeinträchtigt wird.

Die gemeinsame Aufnahme von Wand und Sohle verbindet Bauwerks- und Gewässerinformationen. Auskolkungen, Ablagerungen, Hindernisse und die Lage des Wandfußes können im selben räumlichen Zusammenhang betrachtet werden. Werden Oberwasserdaten ergänzt, entsteht eine durchgängige Grundlage für Bestandspläne, Prüfberichte und statische Fragestellungen. Der Nutzen steigt, wenn die Daten nicht nur als Einzeldatei abgelegt, sondern mit Schäden, Fotos, Schnitten und Berichten verknüpft werden.

Durch Wiederholungsmessungen können Veränderungen flächenhaft untersucht werden. Die Voraussetzungen dafür sind ein stabiler Bezug, vergleichbare Aufnahmebedingungen und eine Unsicherheit, die deutlich kleiner als die zu bewertende Veränderung ist. Unter diesen Bedingungen kann die Messung Prioritäten für Wartung, Wanddickenmessung, Taucheinsatz oder ROV-Untersuchung sachlich unterstützen. Sie reduziert den Suchaufwand, ersetzt aber nicht die fachliche Entscheidung über Ursache, Relevanz und Maßnahme.

Ein Fächerecholot misst die Lage einer akustisch reflektierenden Oberfläche. Es misst weder die Restwanddicke noch Materialfestigkeit, Schweißnahtqualität, Ankerkraft oder den Zustand verdeckter Bauteile. Korrosionsprodukte und Bewuchs können die Stahloberfläche überdecken. Kleine Löcher, feine Risse oder offene Schlösser können unterhalb der Detektionsgrenze liegen oder im Schatten eines Profils verschwinden. Aus dem Fehlen einer sichtbaren Auffälligkeit darf deshalb nicht auf Schadensfreiheit geschlossen werden.

Die erreichbare Qualität ist örtlich variabel. Die Nähe zur Wand verbessert zwar den Strahlabdruck, erhöht aber Anforderungen an Navigation und sichere Fahrzeugführung. Abschattung und Mehrwegeausbreitung treten gerade in strukturierten Hafenanlagen auf. GNSS-Signale können durch hohe Kaimauern, Krane, Brücken oder Schiffe abgeschattet und reflektiert werden. Wellen, Strömung und Luftblasen beeinflussen Plattformbewegung und Schallmessung. Auch die Wasserlinie bleibt bei einem untergetauchten Sensor häufig als schmaler Übergangsbereich schwierig; unterschiedliche Wasserstände oder eine ergänzende Oberwasseraufnahme können diese Lücke verringern.

Schließlich erfordert die Interpretation Erfahrung in Hydrographie und Bauwerksprüfung. Eine Farbdarstellung kann Messrauschen optisch verstärken oder eine frei gewählte Referenzebene als vermeintlichen Sollzustand erscheinen lassen. Filterung kann Ausreißer entfernen, aber auch reale

dünne Strukturen unterdrücken. Deshalb müssen Rohdaten erhalten, Bearbeitungsschritte dokumentiert und zweifelhafte Befunde durch unabhängige Verfahren kontrolliert werden.

6 Fazit und Ausblick

Hydrographische Nahbereichsvermessung macht den zugänglichen Unterwasserbereich von Spundwänden flächig, messbar und dauerhaft dokumentierbar. Ihr fachlicher Wert hängt weniger von einer maximalen nominellen Punktzahl als von einer auf die Prüfaufgabe abgestimmten Messgeometrie und einem transparenten Qualitätsnachweis ab. Richtig eingesetzt liefert das Fächerecholot eine belastbare geometrische Grundlage für Befundkartierung, Verformungsanalyse, Wiederholungsmessung und die Planung ergänzender Prüfungen. Eine vollständige Zustandsbewertung entsteht erst durch die Verbindung dieser Daten mit weiteren Bauwerksdaten.

Die Fächerecholotmessung kann durch weitere Sensorik unterstützt werden. Imaging-Sonare erzeugen aus der Stärke und Laufzeit akustischer Rückstreuung eine bildhafte Darstellung. Sie können ausgewählte Bereiche bei geringer optischer Sicht detailreicher abbilden als eine flächige Übersichtsmessung. Besonders geeignet sind sie zur Orientierung, zur Kontrolle von Kanten, Öffnungen und Anbauteilen sowie zur Vorbereitung eines gezielten Eingriffs. Die Ergebnisse hängen jedoch stark von Entfernung, Einfallswinkel, Stabilität des Sensorkopfes und der Interpretation akustischer Schatten ab. Ein zweidimensionales Sonarbild ist zudem keine unmittelbar maßstäbliche fotografische Ansicht. Schrägentfernung und Projektionsgeometrie müssen bei Messungen berücksichtigt werden.

Unterwasserphotogrammetrie ergänzt die Akustik um Textur und Farbe. Aus überlappenden Bildern lassen sich bei geeigneter Aufnahmegeometrie dichte, texturierte 3D-Modelle erzeugen. Damit können Oberflächenmerkmale visuell nachvollziehbar dokumentiert und bei ausreichendem Maßstab vermessen werden. Die Methode setzt jedoch genügend Sichtweite, kontrollierte Beleuchtung, scharfe Bilder, hohe Überdeckung und eine belastbare Skalierung bzw. Georeferenzierung voraus. Das Kameragehäuse und der Übergang zwischen Glas und Wasser verändern die Strahlengeometrie. Untersuchungen zur Unterwasserphotogrammetrie zeigen, dass eine ungeeignete Kalibrierung oder ein vereinfachtes Brechungsmodell systematische Fehler verursachen kann. Homogene, bewachsene oder stark verschmutzte Flächen erschweren zusätzlich die Bildzuordnung. Ein ROV kann die Kamera nahe an die Wand führen und die Aufnahmetrajektorie kontrollieren, löst diese optischen und geometrischen Anforderungen aber nicht automatisch.

Für die Praxis bietet sich ein gestuftes Konzept an. Zunächst erfasst das Fächerecholot die zugängliche Wand und den Wandfuß flächig. Die Auswertung kennzeichnet Auffälligkeiten, Unsicherheiten und Datenlücken. Imaging-Sonar oder Unterwasserphotogrammetrie liefern anschließend an ausgewählten Stellen eine dichtere akustische bzw. bildhafte Dokumentation. Wand-

dickenmessungen, Tastprüfungen oder weitere zerstörungsfreie Prüfverfahren beantworten materialbezogene Fragen. Alle Befunde werden im selben Bauwerksbezug zusammengeführt und durch qualifiziertes Prüfpersonal bewertet. Automatisierte Vergleichs- und Erkennungsverfahren können künftig die Sichtung großer Datenmengen unterstützen. //

Literatur

BAW (2017): Empfehlungen für Spundwanddickenmessungen in Häfen und an Wasserstraßen: Grundlagen, Planung, Durchführung, Auswertung und Interpretation (ESM). BAW-Empfehlung, Ausgabe 2017, Karlsruhe

BMDV (2022): Bauwerksinspektion. Verwaltungsvorschrift der Wasserstraßen- und Schifffahrtsverwaltung des Bundes VV-WSV 2101, Ausgabe 2022, Berlin

Holste, Karsten; Christian Hesse; Ingo Neumann; Sebastian Bassen (2019): 3D HydroMapper – digitale Inspektion von Bauwerken über und unter Wasser. Bautechnik, DOI: 10.1002/bate.201900097

IHO (2024): S-44 Edition 6.2.0 – Standards for Hydrographic Surveys. International Hydrographic Organization, Monaco

Lague, Dimitri; Nicolas Brodu; Jérôme Leroux (2013): Accurate 3D comparison of complex topography with terrestrial laser scanner: Application to the Rangitikei canyon (N-Z). ISPRS Journal of Photogrammetry and Remote Sensing, DOI: 10.1016/j.isprsjprs.2013.04.009

Schmitz, Berit; Heiner Kuhlmann; Christoph Holst (2020): Investigating the resolution capability of terrestrial laser scanners and its impact on the effective number of measurements. ISPRS Journal of Photogrammetry and Remote Sensing, DOI: 10.1016/j.isprsjprs.2019.11.002

Hydrographie, die mehr sieht.

Satelliten-Vermessung • Kontinuierliches Monitoring • Digitale Zwillinge

EOMAP
a Fugro company



Use Cases entdecken
eomap.com/use-cases

Mapping and monitoring brown algae reefs in the Baltic Sea

An integrated, multidisciplinary data approach

An article by ANNE HENNIKE and JENS GREINERT

Brown macroalgae like *Fucus serratus* and *Saccharina latissima* may contribute to blue carbon storage in the Baltic Sea, but their distribution and biomass e.g. in the German EEZ are poorly known. The ROVKA project addresses these knowledge gaps by investigating the occurrence and habitat characteristics of these species in three protected areas of the EEZ using an integrated hydroacoustic-optical approach for large-scale mapping and long-term monitoring. Multibeam echo sounder (MBES) surveys provide the spatial framework for mapping the study areas, combining broad spatial coverage with high-resolution information on seafloor morphology and acoustic backscatter properties. AUV-based side-scan sonar (SSS) surveys complement these data by resolving small-scale substrate features relevant to brown algal habitats. Optical data from towed camera systems, ROV and AUV deployments document algal presence at multiple scales; AUV photo mosaics enable quantitative assessments of population density and spatial patterns. Repeated surveys of fixed monitoring sites track temporal changes, and automated image analysis supports efficient species detection and integration with acoustic and environmental data. By linking optical observations, hydroacoustic data, environmental parameters and targeted biomass measurements, the project aims to develop spatial prediction models for brown algal occurrence and biomass across the wider study areas. The resulting framework will provide a basis for assessing the distribution and potential blue carbon storage contribution of brown algae and support future conservation, restoration and monitoring strategies in the German Baltic Sea EEZ. As the project has only been launched in 2026, this report focuses on the methodology, initial observations and conclusions drawn from the first field campaigns.

algae mapping | optical and hydroacoustic mapping | MBES | SSS | SAS | AUV
Algenkartierung | optische und hydroakustische Kartierung | MBES | SSS | SAS | AUV

Braunalgen wie *Fucus serratus* und *Saccharina latissima* können im Ostseeraum zur Kohlenstoffbindung beitragen, doch sind ihre Verbreitung und Biomasse in der deutschen Ausschließlichen Wirtschaftszone (AWZ) bislang unzureichend bekannt. Das Projekt ROVKA soll diese Wissenslücken schließen, indem es das Vorkommen und die Habitatcharakteristika dieser Arten in drei Schutzgebieten untersucht. Dafür wird ein integrierter hydroakustisch-optischer Ansatz zur großräumigen Kartierung und langfristigen Überwachung eingesetzt. Die Daten des Multibeam-Echolotes (MBES) liefern die Basis für die Kartierung der Untersuchungsgebiete mit hochauflösenden Informationen zu Morphologie und Beschaffenheit des Meeresbodens. AUV-basierte Seitensichtsonar (SSS)-Erkundungen ergänzen diese Daten, indem sie lokale Substratmerkmale auflösen, die für Braunalgen-Habitate relevant sind. Optische Daten von geschleppten Kamerasystemen, ROVs und AUVs dokumentieren das Algenvorkommen auf verschiedenen Skalen; Fotomosaik ermöglichen eine quantitative Abschätzung der Populationsdichte und die Identifizierung lokaler räumlicher Muster. Wiederholte Befahrungen festgelegter Überwachungsflächen erfassen zeitliche Veränderungen, und eine automatisierte Bildanalyse unterstützt eine effiziente Detektion der gesuchten Arten und damit die Integration mit akustischen und Umweltdaten. Durch die Verknüpfung optischer Beobachtungen, hydroakustischer Daten, Umweltparameter und gezielter Biomassemessungen zielt das Projekt darauf ab, räumliche Vorhersagemodelle für das Vorkommen und die Biomasse von Braunalgen in den größeren Untersuchungsgebieten zu entwickeln. Der daraus resultierende methodische Rahmen bildet die Grundlage, um die Verbreitung und den möglichen Beitrag zur Kohlenstoffbindung von Braunalgen zu bewerten und künftige Strategien für Schutz, Wiederherstellung und Monitoring in der deutschen Ostsee-AWZ zu unterstützen. Da das Projekt gerade erst im Jahr 2026 begonnen hat, stellt dieser Bericht die Methodik, erste Beobachtungen und Schlussfolgerungen aus den ersten Feldkampagnen vor.

Authors

Anne Hennike works as a researcher at Geomar Helmholtz Centre for Ocean Research in Kiel.

Prof. Dr. Jens Greinert is Group Leader at Geomar Helmholtz Centre for Ocean Research in Kiel.

ahennike@geomar.de

Introduction

In the context of climate change-mitigation, oceans play an important role as natural carbon sinks. Marine organisms take up CO₂ and can facilitate its long-term storage in marine sediments, a process commonly referred to as blue carbon potential (BCP). While seagrass meadows and salt marshes are established blue carbon ecosystems in the Baltic Sea (Koplin et al. 2025; Stevenson et al. 2023), other macrophytes, particularly brown algae, are increasingly recognised as potential contributors. Through photosynthesis, macroalgae, like *Sacharina Latissima* (SL) and *Fucus Serratus* (FS), assimilate substantial amounts of CO₂ and may contribute to marine carbon sequestration. However, data on their distribution in German marine waters are incomplete, and little is known about the long-term storage of carbon in algal biomass. Increasing eutrophication and ocean warming, including marine heatwaves, may threaten brown algae and their potential role in carbon sequestration. Thus, spatially detailed and repeated monitoring studies are needed.

The Nature Restoration Regulation (Regulation (EU) 2024/1991) provides an important framework for protecting biodiversity, conserving habitats and restoring degraded ecosystems to strengthen climate resilience. Against this background, the Federal Agency for Nature Conservation (Bundesamt für Naturschutz; BfN), in collaboration with the Geomar Helmholtz Centre for Ocean Research Kiel, launched the ROVKA project, »Baltic Sea Reefs – Occurrence and Climate Protection Benefits of *Fucus* and *Saccharina* in the German EEZ«. The project addresses knowledge gaps on the occurrence and distribution of the named two brown algae species FS and SL in the German Baltic Sea Exclusive Economic Zone (EEZ), providing a basis for future conservation, restoration and monitoring strategies.

As the project was launched only at the beginning of 2026, the analyses presented here remain preliminary and do not show final results. Instead, the applied methods, initial observations and challenges identified during the first field campaigns are presented. Two expeditions, conducted in November 2025 and May 2026, have provided insights into species distribution and potential seasonal variability. High-resolution hydroacoustic mapping and optical surveys using sensors installed on or deployed from the research vessels, autonomous underwater vehicles (AUVs), and remotely operated vehicles (ROVs) are being conducted to develop machine-learning models for predicting species occurrence across the wider study areas by linking image-based observations with hydroacoustic data. The study covers three marine protected areas (MPAs) within the German Baltic Sea EEZ: Fehmarnbelt, Kadetrinne and Adler-

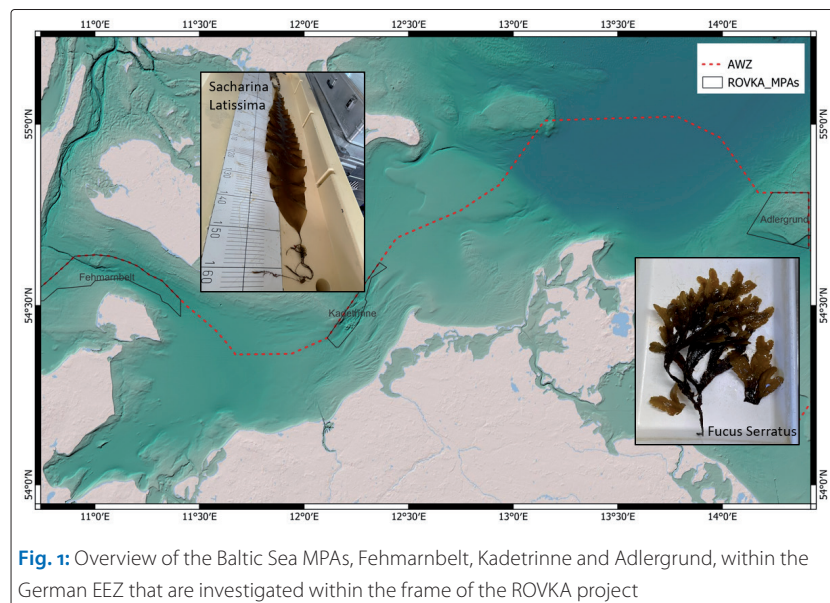


Fig. 1: Overview of the Baltic Sea MPAs, Fehmarnbelt, Kadetrinne and Adlergrund, within the German EEZ that are investigated within the frame of the ROVKA project

grund (Fig. 1). It focuses on SL in the Fehmarnbelt and Kadetrinne, whereas FS is the target species in the Adlergrund area. In Adlergrund, FS has so far only been detected at depths of up to approximately 10 m and is therefore largely restricted to shallow reef areas in the northern part of the MPA.

Methodology

In general, a range of methods are available for the optical and hydroacoustic surveying of the seafloor. One objective of the project is to identify and evaluate the most suitable approaches for effectively mapping and monitoring the target brown algal species.

Different hydroacoustic and optical methods have been and will be applied. In addition to substrate characteristics, light availability is essential for algal growth, making water depth a key factor in habitat assessments. Bathymetric data will therefore form the basis of this study and will be acquired across the entire area of the MPAs. AUV-based side-scan sonar (SSS) and synthetic aperture sonar (SAS) will subsequently provide information on substrate characteristics, while optical surveys will provide data on the presence and absence of the target algae, as well as quantitative and qualitative information on their stocks. Systematic repetition of selected optical surveys across different seasons over the six-year project-period will allow for an assessment of changes in habitats and macrophyte communities over time. By integrating these complementary datasets, a spatial habitat model will be developed to predict the occurrence of the target species across the study areas, at a spatial resolution constrained by MBES data.

Hydroacoustic surveys

MBES surveys: Bathymetric data are acquired using the hull-mounted multibeam echo sounder

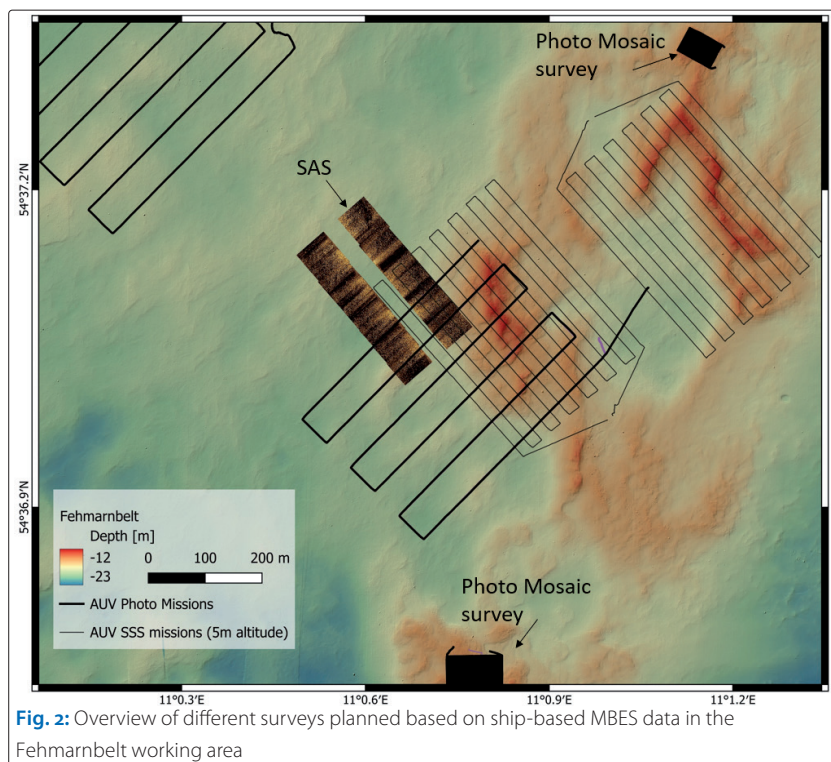


Fig. 2: Overview of different surveys planned based on ship-based MBES data in the Fehmarnbelt working area

(MBES) system from RV *Alkor* (Kongsberg EM2040), which can achieve a spatial resolution of several tens of centimetres at the water depths in which we operate (10 to 25 m). The system allows the use

of multiple acoustic frequencies ranging from 200 to 400 kHz. The MBES data serve two purposes: first, they form the basis of our fieldwork and support the planning and deployment of other sensor platforms (Fig. 2); second, they form the basis for the prediction model that we aimed to be developed. With its wide swath coverage and relatively low personnel requirements, MBES mapping is a highly efficient tool for monitoring large areas of the seafloor. In addition to depth information, a range of terrain characteristics will be derived from the bathymetric data, including slope, aspect, topographic position index (TPI), terrain roughness and other relevant geomorphological parameters. The bathymetric dataset will be complemented by backscatter data, providing additional information on seabed characteristics and substrate composition. These characteristics will be used to classify the terrain, provide insights into environmental conditions and generate relevant input variables for the habitat model.

MBES data have previously been used successfully to detect marine vegetation, either through point-cloud analysis (Held and Schneider von Deimling 2019) or water-column data (e.g. McGonigle et al. 2010; Porskamp et al. 2022; Nau et al. 2025). However, the two target species differ considerably in morphology and, consequently, acoustic detectability. FS grows vertically in dense tufts, extending several tens of centimetres into the water column (Fig. 3), and may therefore be detectable in MBES data. In contrast, SL lies flat on the seafloor (Fig. 4) and is expected to be largely acoustically invisible. For SL, other environmental parameters derived from seafloor morphology may therefore serve as proxies for assessing macrophyte presence.

To date, hydroacoustic surveys have aimed to achieve broad spatial coverage of the study areas, with MBES settings selected accordingly, including swath width, frequency, survey-line overlap and beam spacing. In the next phase, targeted hydroacoustic experiments will be conducted in areas with known algal patches that exhibit slightly anomalous signal patterns in the MBES data (Fig. 3). These experiments will investigate the acoustic characteristics and angular dependence of the acoustic response of FS patches. The same areas will be surveyed using the other methods applied in the project, enabling correlations between the different data content to be established and used for spatial prediction across the wider study areas.

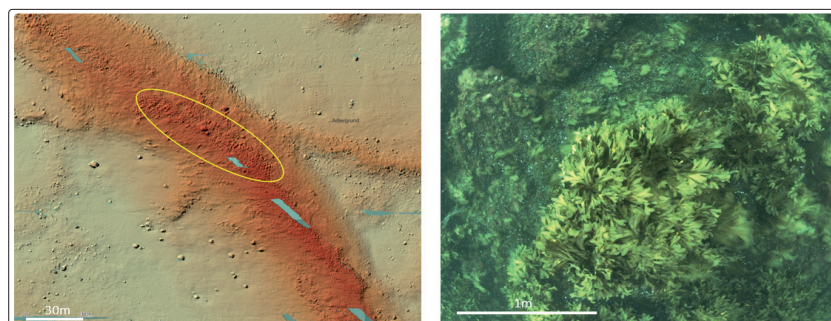


Fig. 3: Left: A bathymetric map section showing an esker ridge in Adlergrund, whose summit reaches a water depth of about 10 metres. In this area, the acoustic signal appears different than in other locations (marked in yellow) and could be related to the presence of FS patches. Right: FS in AUV-obtained image from Adlergrund working area

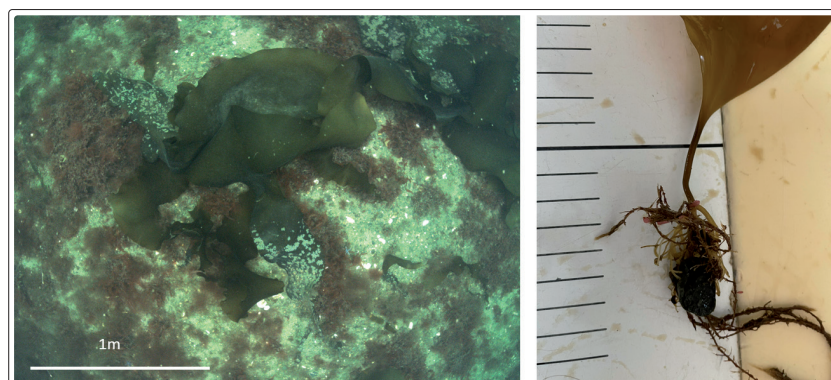


Fig. 4: Left: SL in Fehmarnbelt growing on substrate like mussels and pebbles. Right: Foot of SL individual attached to a few centimetre sized pebble stone

SSS and SAS surveys: In addition to MBES surveys, AUVs (deployed types: Sparus II from Iqua Robotics equipped with Marine Sonic Sea Scan ARC SSS, REMUS 6000 equipped with Edgetech SSS) are used to conduct SSS surveys, providing substrate data at a resolution of 2 to 5 cm (Greinert et al. 2024).

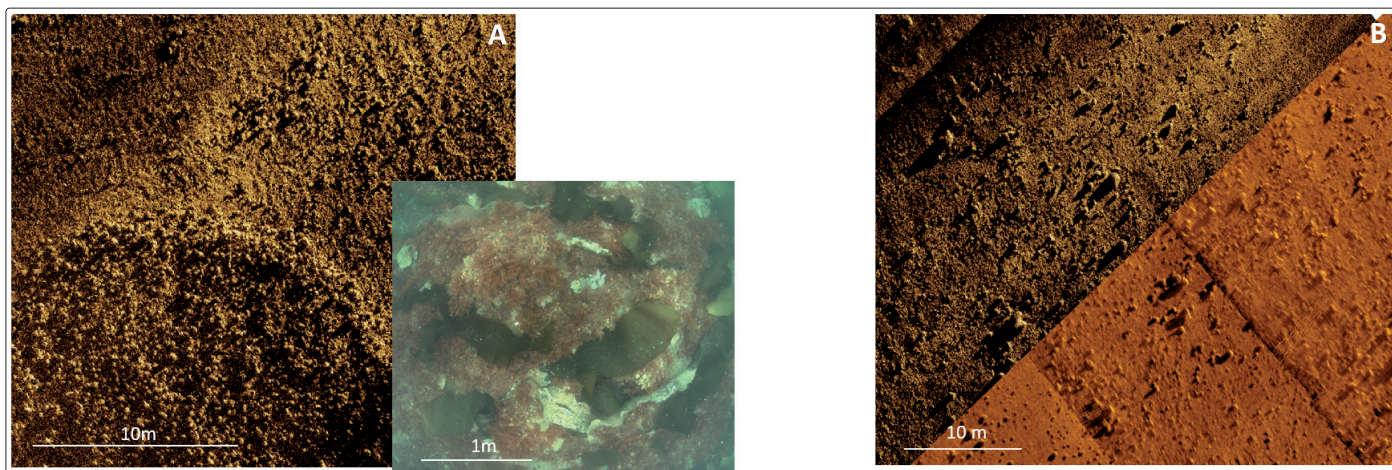


Fig. 5: A: This SAS image shows a seabed patch with a circular elevated feature that is overgrown by an algae meadow comprising SL and red algae.

The SAS data clearly shows the substrate on which they grow, but the algae cover itself is not directly detectable.

B: A seabed patch that was mapped using the AUV-based SSS (lower right corner) and the SAS (upper left corner)

SSS enables the detection and characterisation of small-scale hard-substrate features, such as pebbles and shell fragments, which can provide suitable habitat for SL but cannot be adequately resolved by MBES data (Fig. 4). Thus, SSS complements the MBES data by capturing substrate features relevant to target species occurrence beyond the boulder-dominated reef structures.

All study areas have previously been fully mapped using towed SSS systems in several other projects (Marx et al. 2023, 2024; Naumann et al. 2026). Although these datasets have a lower spatial resolution than the AUV-based SSS data, they provide a valuable basis for assessing changes in substrate conditions over time. In addition to AUV-based SSS, SAS (Kraken MINSAS 60-120) data have been collected at selected locations. Initial tests in the Fehmarnbelt using a towed frame operated approximately 5 m above the seafloor achieved spatial resolutions of up to 2 cm (Fig. 5). In the coming years we will further investigate using ship-based SAS in selected monitoring locations, as this has the great advantage of less technical efforts with platforms as AUVs by keeping a range-independent high resolution.

Optical methods

Image data acquisition: Direct observation of macrophytes requires optical methods, including towed camera systems, ROVs (here BlueROV2 from Blue Robotics) or AUVs (deployed type: Girona500 with Geomar-developed camera and lightning system). The ROV is used for targeted dives to obtain an initial impression of an area, ground-truth specific assumptions and to collect samples, while towed camera systems enable surveys along longer transects. AUV-based imaging offers several advantages, including autonomous operation close to the seafloor while the research vessel can be used elsewhere, as well as the repeatability of

pre-programmed missions, enabling direct comparison of datasets for long-term monitoring. Two types of AUV missions are conducted: »exploration missions«, which cover larger areas without lateral image overlap to provide a broad overview, and

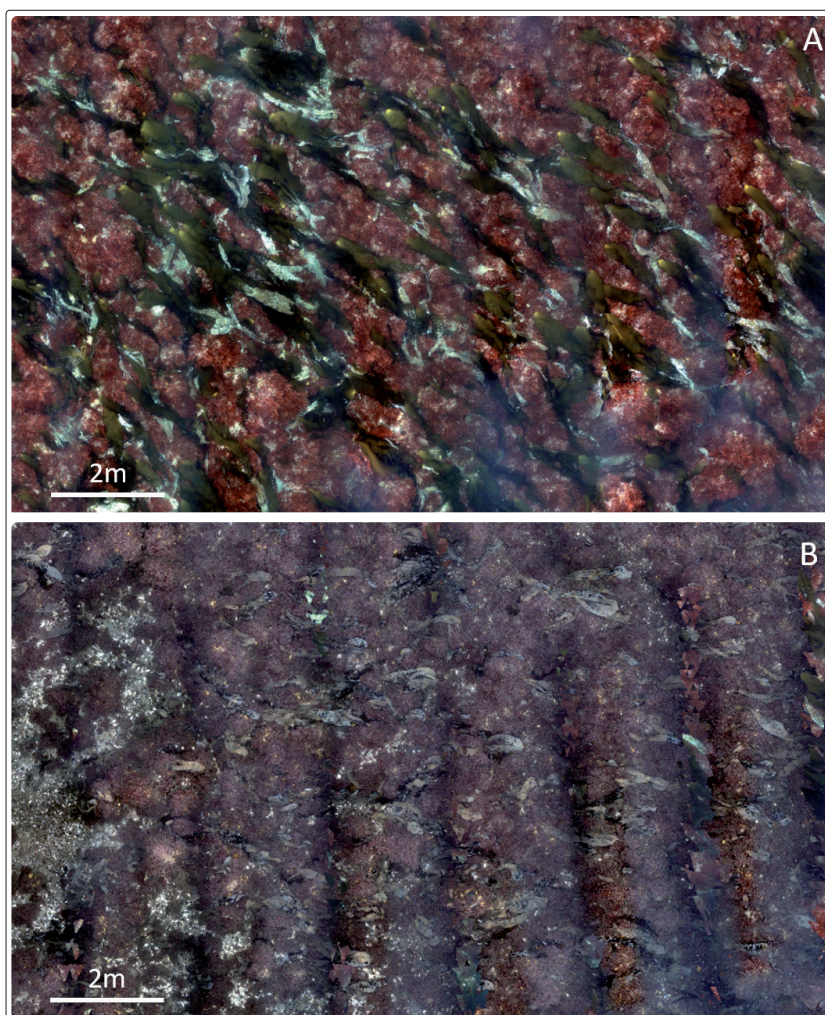


Fig. 6: Section of photo mosaics from the same algae meadow contained from red algae and SL in May 2026 (A) and November 2025 (B)

»mosaic missions«, in which overlapping survey lines enable the images to be combined into a spatially continuous mosaic (Greinert et al. 2024). These data enable precise quantitative and qualitative assessments of specific areas and the brown algal populations found there (Fig. 6). The resulting mosaics also facilitate the spatial alignment of repeated surveys, as multiple identifiable features within the mosaic can serve as reference points for aligning datasets acquired at different times.

Automatic image detection: Several approaches for the automated analysis of image data are being investigated. A YOLO-based approach (Redmon et al. 2016) is being applied to automatically detect the target algae. For SL, individuals generally contrast clearly from the surrounding substrate, facilitating automated detection. A current version of the YOLO-based model already produces promising results, successfully detecting algae across different missions and in areas with contrasting terrain characteristics, from pronounced morphological elevations (>3 m) to smoother, undulating terrain with only slight elevations (≤ 1 m), and consequently differing surrounding backgrounds. Further training data will be generated through manual annotation in BIIGLE (Langenkämper et al. 2017) to optimise the model and ultimately integrate it into the processing pipeline for automated analysis of newly acquired data. However, model performance may be affected by variations in water turbidity and resulting pixel colour. Images acquired in November differ considerably in colour from those collected in May (Fig. 6), likely due to seasonal differences in the optical properties of the water column and the algae themselves. Consequently, separate models or additional seasonal training data may be required to ensure reliable automated detection across seasons.

For FS, automated detection of individual specimens is most likely not feasible using this approach. Instead, larger existing patches may be automatically identified and their spatial extent estimated. Imagery acquired in the Adlergrund area

in May 2026 shows FS clearly distinguishable from the surrounding filamentous green algae (Fig. 3). However, its detectability may differ in autumn, when the filamentous algae are no longer present and FS may therefore exhibit different visual characteristics.

An additional output of generating photomosaics (here Agisoft Metashape, version 1.8.3) is the generation of a high-resolution 3D model of the surveyed mosaic area (Fig. 7). Through feature matching across overlapping images, the relative camera position and orientation a 3D point cloud is generated, enabling the reconstruction of a digital elevation model (DEM) with millimetre-scale spatial resolution. The resulting DEM provides a highly detailed representation of the seafloor morphology and complements the available bathymetric data at ultra-high spatial resolution.

The DEM also enables accurate spatial alignment of the image mosaic with the ship-based bathymetric dataset, correcting for slight spatial offset between the AUV-derived optical data and the ship-based bathymetry improving the geometric alignment between the two datasets.

AUV mosaic missions will be conducted repeatedly within designated »monitoring areas« throughout the project to assess small-scale spatial variability, complementing the larger-scale occurrence and distribution data obtained from towed-camera and AUV-based overview surveys. Image annotations will be incorporated into the habitat model, while targeted sampling dives will provide direct correlations between image-based observations and biomass. These relationships will support estimates of algal biomass and, consequently, BCP across the German EEZ.

Discussion

Several challenges need to be considered during the analysis. As the target algae are attached to hard substrates, their occurrence is expected primarily in reef habitats (Darr et al. 2022), characterised by boulder fields or rocky ridges. The roughness and heterogeneity of these substrates generate strong and spatially variable backscatter in both SSS and MBES data, which may mask the comparatively weak acoustic signal of attached macroalgae. Moreover, the presence of boulder fields cannot be directly equated with algal occurrence, as individual boulders are not necessarily colonised by the target species.

During the first two expeditions, visibility conditions were favourable, resulting in high-quality imagery suitable for automated detection. SL generally occurs in association with other macroalgal species, predominantly red algae, rather than in dense monospecific stands. Nevertheless, its distribution can be assessed semi-quantitatively by distinguishing areas of high and low density and

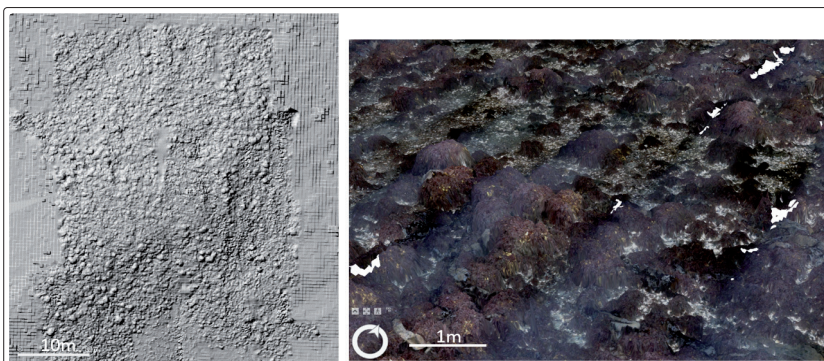


Fig. 7: Left: DEM derived from photo mosaic (mm-resolution) overlaid on ship-based bathymetric data (25 cm) resolution. Right: A section of the photo mosaic in 3D (using Esri ArcPro)

areas of non-occurrence. The relatively large and visually distinct SL blades also facilitate automated image-based detection of individual algae that allow the specimen size to be estimated. Repeated observations may therefore provide insights into growth dynamics and spatial variation on specimen size.

Preliminary analyses indicate higher SL densities on locally elevated areas, even where topographic differences are small (approximately 1 m), highlighting the importance of high-resolution bathymetric data. Such fine-scale variations would not be adequately captured by SSS alone. Image data from November 2025 and May 2026 already reveal pronounced seasonal differences in the appearance and distribution of SL in the Fehmarn Belt (Fig. 6). Upcoming surveys in Adlergrund will enable the investigation of seasonal patterns in FS patches under different environmental conditions and help assess their implications for the methods used.

References

- Darr, Alexander; Kathrin Heinicke; Florian Meier; Svenja Papenmeier; Peter Richter; Klaus Schwarzer; Jennifer Valerius; Dieter Boedeker (2022): Die Biotope des Meeresbodens im Naturschutzgebiet Fehmarnbelt: Version 1.0. BfN-Schrift 636, DOI: 10.19217/skr636
- Greinert, Jens; Mareike Kampmeier; Valentin Buck; Torsten Frey (2024): Marine dumped munition – Example from Lübeck Bay where test clearance will start in 2024. Hydrographische Nachrichten, DOI: 10.23784/HN128-05
- Held, Philipp; Jens Schneider von Deimling (2019): New feature classes for acoustic habitat mapping – A multibeam echosounder point cloud analysis for mapping submerged aquatic vegetation (SAV). Geosciences, DOI: 10.3390/geosciences9050235
- Koplin, Julian; Corina Peter; Kai Bischof; Michael Böttcher et al. (2025): Blue Carbon potential in Germany: Status and future development. Estuarine, Coastal and Shelf Science, DOI: 10.1016/j.ecss.2025.109354
- Langenkämper, Daniel; Martin Zurowietz; Timm Schoening; Tim W. Nattkemper (2017): BIIGLE 2.0 – Browsing and annotating large marine image collections. Frontiers in Marine Science, DOI: 10.3389/fmars.2017.00083
- Marx, Denise; Agatha Feldens; Svenja Papenmeier; Peter Feldens; Alexander Darr; Michael L. Zettler; Kathrin Heinicke (2023): Habitats and Biotopes in the German Baltic Sea. Biology, DOI: 10.3390/biology13010006
- Marx, Denise; Katharina Romoth; Svenja Papenmeier; Jennifer Valerius; Simone Eisenbarth; Kathrin Heinicke (2024): Die Biotope des Meeresbodens im Naturschutzgebiet »Kadetrinne«. BfN-Schrift 690, DOI: 10.19217/skr690
- McGonigle, Chris; Jonathan Grabowski; Craig J. Brown; Thomas C. Weber; Rory Quinn (2011): Detection of benthic macroalgae in the deep sea using image-based classification methods based on multibeam backscatter data at Cashes Ledge, Gulf of Maine, USA. Estuarine, Coastal and Shelf Science, DOI: 10.1016/j.ecss.2010.10.016
- Nau, Amy W.; Vanessa Lucieer; Alexandre C. G. Schimel; Haris Kunnath; Yoann Lacroix; Tara Martin (2025): Advanced detection and classification of kelp habitats using water column point cloud data from multibeam echo sounders. Remote Sensing, DOI: 10.3390/rs17030449
- Naumann, Aicha; Peter Feldens; Michael L. Zettler; Svenja Papenmeier (2026): From detection to complexity: AI boulder mapping enables structural analysis of Baltic Sea reefs. Frontiers in Remote Sensing, DOI:10.3389/frsen.2026.1672398
- Porskamp, Peter; Alexandre C. G. Schimel; Mary Young; Alex Rattray; Yoann Lacroix; Daniel Ierodiaconou (2022): Integrating multibeam echosounder water-column data into benthic habitat mapping. Limnology and Oceanography, DOI: 10.1002/lno.12160
- Redmon, Joseph; Santosh Divvala; Ross Girshick; Ali Farhadi (2016): You only look once: Unified, real-time object detection. Proceedings of the IEEE conference on computer vision and pattern recognition, DOI: 10.48550/arXiv.1506.02640
- Stevenson, Angela; Tadhg C. Ó Corcora; Wolfgang Hukriede; Philipp R. Schubert; Thorsten B. H. Reusch (2023): Substantial seagrass blue carbon pools in the southwestern Baltic Sea include relics of terrestrial peatlands. Frontiers in Marine Science, DOI: 10.3389/fmars.2023.1266663

Acknowledgement

We thank captain and crew of RV *Alkor* for their support during our research campaigns. We would also like to thank the German Federal Agency for Nature Conservation (Bundesamt für Naturschutz, BfN) for funding the project (FKZ 3525NK3020) and making this research possible. As part of our collaboration with the Maritime Division of the German Federal Police (Bundespolizei See), we were kindly supported during our most recent campaign (AL652-2) with an ROV and a dedicated technical team, which assisted us in collecting several of the algal specimens required for our research.

»50 Zentimeter über der Seegrasnarbe«

Ein Wissenschaftsgespräch mit MANFRED STENDER

Manfred Stender hat in Hamburg Geophysik (mit dem Schwerpunkt Marine Geophysik) studiert und schon als Student an zahlreichen Expeditionen teilgenommen. Seine erste Arbeitsstelle war auf der *Meteor*, damals in der Bereederung durch die Reedereigemeinschaft Forschungsschiffahrt (RF), als Systemoperator. Heutzutage ist an Bord vieler deutscher Forschungsschiffe für solche Tätigkeiten der Wissenschaftlich-Technische Dienst (WTD) zuständig. Zuletzt war Manfred Stender Business Development Manager bei Fugro in Bremen, wobei auch sehr viel Projektmanagement auf der Agenda stand. Im Interview blickt er zurück auf ein vielfältiges und erlebnisreiches Arbeitsleben. Und er verrät sein Verständnis von »Hydrographie im Nahbereich«.

Nahbereich | ROV | AUV | Seacat | Drohne | Kabelvermessung | Seitensichtsonar | Magnetometer
near field | ROV | AUV | Seacat | drone | cable survey | side-scan sonar | magnetometer

Manfred Stender studied geophysics (specialising in marine geophysics) in Hamburg and took part in numerous expeditions whilst still a student. His first job was on the *Meteor*, which was then operated by the Reedereigemeinschaft Forschungsschiffahrt (RF), as a systems operator. Nowadays, the Scientific and Technical Service is responsible for such duties on board many German research vessels. Most recently, Manfred Stender was Business Development Manager at Fugro in Bremen, a role that also involved a great deal of project management. In this interview, he looks back on a varied and eventful working life. And he explains his understanding of »hydrography in the near field«.

Interviewer

Lars Schiller und Peter Dugge führten das Interview mit Manfred Stender per E-Mail im Oktober.

manfred.stender@ewetel.net

In dieser HN-Ausgabe geht es um »Hydrographie im Nahbereich«. Woran denken Sie dabei spontan?

Mein erster Gedanke ist natürlich schon darauf gerichtet, sich auf eine möglichst kurze Distanz an ein Vermessungsobjekt heranzuwagen, um dieses mit hydrographischen Messmethoden zu erkunden. Spontan habe ich mich an einen Vortrag erinnert, den Ralf Bachmeyer, der jetzt Professor an der Uni Bremen/MARUM ist, vor einigen Jahren gehalten hat. Es ging um automatisierte Vermessung von Eisbergen über und unter Wasser – das fand ich damals im wahrsten Sinn des Wortes »cool« und vor allem auch sehr nah dran, gerade im unbekannten, nicht ungefährlichen Ausdehnungsbereich eines Eisberges unter Wasser.

Doch ich frage mich, ob Sie mit Ihrer Frage nicht auch etwas anderes im Sinn haben könnten.

Was denn?

Nahbereich, das könnte auch heißen: »nah« an den Wünschen eines Kunden, der qualitativ hochwertige, sehr detailreiche Daten haben möchte.

Nahbereich könnte auch meinen, bei den Methoden und der Sensorentwicklung »nah« am Limit des technisch Machbaren zu agieren, alles zu optimieren, um in Zukunft die Hydrographie auszubauen und ihre gesellschaftliche Relevanz noch weiter zu erhöhen.

Da hören wir wohl den Business Developer sprechen. Interessante Gedanken, aber das war gar nicht unsere Intention. Wir dachten wirklich bloß an den Abstand zum Untersuchungsgegenstand.

Bis zu welchem Abstand würden Sie denn von »nah« reden?

Die Definition sollte nicht über den physischen Abstand zwischen Sensor und Objekt erfolgen. Für mich ist »nah« definiert als eine Kombination von Distanz und Auflösung eines Objektes, und zwar in dem Sinn, dass die Auflösung besser ist als beim obligatorischen Stand der Technik. Oder anders gesagt: »nah« ist immer dann erreicht, wenn die Vermessung uns einen Blick auf ein Objekt in einem Detailgrad ermöglicht, der höher ist als mit den üblichen Standardverfahren. Ein bekanntes Mittel ist natürlich, über einen geeigneten Geräteträger die Sensorik näher an das Objekt zu bringen. Welche Projekte haben Sie im Laufe Ihres Berufslebens begleitet, bei denen es ganz nah an den Untersuchungsgegenstand heran ging?

Ganz schön viele, weil wir nach meiner Definition immer bemüht waren, dem Kunden ein Optimum zu liefern. Da war zum einen die Inspektion von Kabeltrassen, einerseits visuell, andererseits aber auch mit akustischen oder elektromagnetischen Verfahren, wenn es um den sogenannten Depth-of-Burial-Survey ging, das heißt die Vermessung der Sedimentüberdeckung bei eingegrabenen Seekabeln. Je nach Sichtweite beziehungsweise Trübungsgrad des Gewässers bleibt für eine visuelle Inspektion nur die Möglichkeit, Kamera oder Videoaufzeichnung auf ein bodennah geführtes Trägersystem zu bringen, gleiches gilt für die elektromagnetischen Verfahren. Bodennah heißt

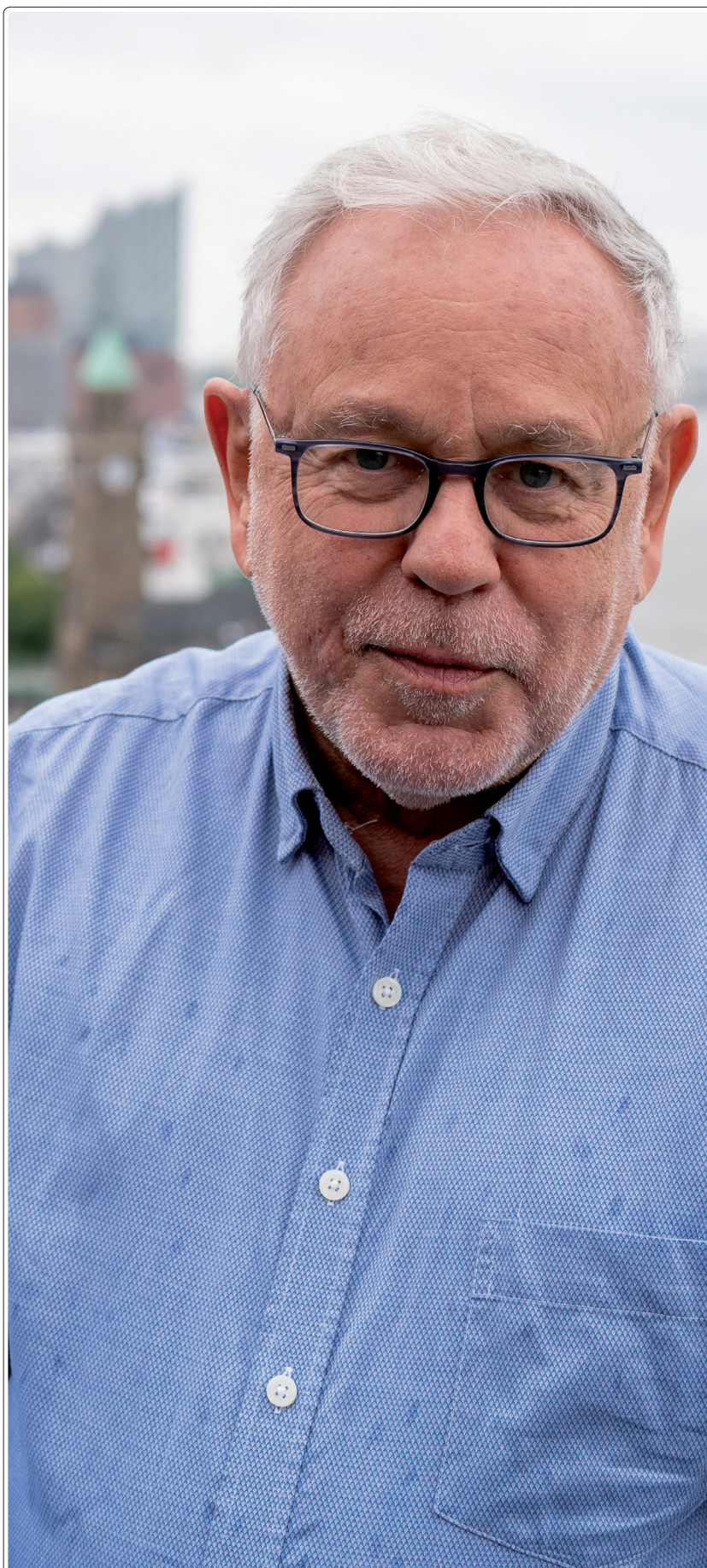
in solchen Fällen gerne 50 Zentimeter über der Seegrasnarbe oder dem Sediment. Dabei kamen ROVs zum Einsatz. Lassen Sie mich bei der Gelegenheit meine Hochachtung vor den ROV-Piloten zum Ausdruck bringen, die über Stunden und Kilometer ihr System so nah am Boden führen können, ohne ständig aufzusetzen, was eine ordentliche Sedimentwolke erzeugt hätte, was wiederum zu einer Zwangspause geführt hätte.

In einem Fall waren wir geradezu kritisch nah dran am Kabel, weil dieses nicht im vorgefertigten Graben abgelegt war, sondern über einige Meter oben auf der Grabenkante lag – ein etwas kurioses Bild.

Da haben Sie ein ROV eingesetzt. Gab es auch Vermessungen mit einem AUV?

Mit dem AUV Seacat der TKMS Atlas Elektronik beziehungsweise TKMS Maridan ApS gab es auch einige spannende Projekte. Als erstes möchte ich die Inspektion einer Offshore-Umspannplattform nennen, in deren Umfeld wir in Kooperation mit der TenneT TSO die Kabelführung vermessen haben. Kreuz und quer durch die Konstruktion und drum herum. Da gab es übrigens einmal einen spannenden Vortrag auf dem Hydrographentag in Bremerhaven, gehalten von TenneT und mir.

Nicht vergessen will ich das große Projekt in Italien für ISPRA – das ist vergleichbar mit dem Bundesumweltministerium und -amt –, da ging es um die Kartierung von Seegraswiesen, insbesondere *Posidonia Oceanica*. Die Vermessungsarbeiten waren gestaffelt, der Einsatz der Seacat war als Ground Thruthing zum Abschluss gedacht. Über linienhafte MBES- und SSS-Aufnahmen sowie über Videoaufzeichnungen sollten die Interpretationen aus allen anderen flächenhaft erhobenen Messergebnissen final bestätigt werden. Wie durchaus üblich in Großprojekten kam es dann etwas anders, sodass die Seacat in Teilbereichen als erstes System in unbekanntem Terrain zum Einsatz kam. Da war dann »Hydrographie im Nahbereich« absolutes Thema: Mit maximal 3 Metern über Grund – die Limitierung ergab sich durch die Videoaufzeichnungsmöglichkeit (RGB und Hyperspektralkamera) – war man oft genug näher dran als gewünscht, was zu einigen »blutenden Nasen« und verbogenen oder abgebrochenen Quer- und Höhenrudern geführt hat. Und nicht nur in »Wurfweite« von Vesuv, Ätna und Stromboli lagen riesige Felsbrocken auf dem Meeresboden. Als Konsequenz wurde zuerst von der Oberfläche oder nur gerade getaucht die geplante Linie mit MBES und SSS abgefahren und vorkartiert, um nicht ganz blind fliegen zu müssen. Auch zu diesem Projekt gab es übrigens einen Workshop auf der letzten HYDRO-Konferenz in Rostock sowie einen Bericht in den HN (in Ausgabe 132) – natürlich ohne die Erwähnung der blutigen Nasen!



Manfred Stender

Wie nah geht es bei der Trassenvermessung für Seekabel zur Sache?

Wenn man einmal von grundberührenden, geotechnischen Untersuchungen absieht, die auch zu einer typischen Kabel- oder Pipelinetrassenvermessung dazugehören, sind SSS und Magnetometer die Sensoren, die mit der kürzesten Distanz über den Meeresboden geführt werden, außer natürlich im Flachwasser- und Anlandungsbereich (dazu sage ich gleich noch mehr). Seitensichtsonare kommen zum Beispiel bei internationalen Tele-

»Oft genug waren wir näher dran als gewünscht, was zu blutenden Nasen und verbogenen oder abgebrochenen Quer- und Höhenrudern geführt hat«

Manfred Stender

kommunikationssystemen bis zu einer Tiefe von 2000 Metern zum Einsatz (am Kontinentalrand), sie werden in diesen Tiefen durchaus 20 bis 30 Meter über Grund geführt. Klingt nicht wirklich nach »nah dran«, wenn man aber 5000 bis 6000 Meter Schleppkabel im Wasser hat, relativiert sich der Bodenabstand. In Tiefen größer als 2000 Meter ist nur

eine Vermessung mit dem schiffsmontierten MBES vorgesehen, das ist dann »weit weg«.

In Schelfbereichen kommt es dann zum klassischen Einsatz beim SSS, je nach gefragter Auflösung und damit Range-Einstellung liegt die Flughöhe bei 5 bis 10 Metern über Grund, wobei ein Magnetometer huckepack mitgeschleppt wird. Das ist dann schon recht bodennah.

Anders sieht es bei Vermessungen in Flachwasserbereichen aus – bei Kabeltrassen würde ich Flachwasser definieren als den Bereich von 30 bis 0 Meter Wassertiefe, bezogen auf LAT. Während bis 10 Meter Wassertiefe noch größere Vermessungsschiffe, die auch den tieferen Bereich abdecken, zum Einsatz kommen, muss man sich gut überlegen, wie man mit kleineren Booten oder anderen Verfahren »die letzte Meile« abdeckt, ohne Vermessungslücken zu lassen.

Bei den Überlegungen müssen zwingend die lokalen Verhältnisse berücksichtigt werden. Die Kenntnis sowohl ozeanografischer als auch bekannter geologischer Verhältnisse hilft ungemein bei der Entwicklung der Methodik. Der »Werkzeugkasten« heutzutage bietet ausreichend Möglichkeiten, sicher und lückenlos eine Datenerfassung zu realisieren.

Ich erinnere mich an ein Extrembeispiel, wie bei einer Vermessung eines Anlandungsbereichs für ein Telekommunikationskabel an der englischen Küste vor vielen Jahren gearbeitet wurde. Die Grundvoraussetzungen vor Ort waren: ein Tidenhub von circa 5 bis 6 Metern, bei Slack Tide nahezu keine Strömung, da die Anlandung in einer Bucht lag, hinzu kommt ein Vermessungsschiff mit 45 Meter Länge, aber nur 1,5 Meter Tiefgang und

hervorragender Manövrierfähigkeit. Bei Niedrigwasser wurde von Land aus und auch schiffsseitig der Seeboden beurteilt – sandig, flach und ohne erkennbare Hindernisse. Die Crew vor Ort hat nach einer Risikoanalyse entschieden, bei Hochwasser so weit wie möglich in die Bucht zu fahren und die Sensorik an Bord bestmöglich zu nutzen. Erst bei noch verbleibenden 50 Zentimetern Wasser unter dem Kiel sollte der Rückzug angetreten werden. Das war definitiv nah dran! Bei Niedrigwasser hat dann die Landcrew ihre Arbeit verrichtet. Die land- und seeseitige Vermessung hatte zwar nur eine geringfügige Überlappung, die Information für den Kunden lag dann aber lückenlos vor.

Heute kann man auch Drohnen zum Einsatz bringen, das gilt allgemein, aber besonders bei geringem Tidenhub oder bei problematischeren Untergrundverhältnissen. Drone-derived Bathymetry, ein topografischer beziehungsweise bathymetrischer Laser oder auch Orthofotos ergänzen die MBES-Daten des Schiffes oder Bootes, RGB/Orthofotos kommen komplementär für das SSS zum Zug. Im Unterschied zu Satellite-derived Bathymetry gilt: mit der Drohne bin ich »nah« dran und erreiche bessere Auflösungen. Die Kunden erhalten detailliertere Informationen.

Was heute die Fugro Germany Marine GmbH mit Sitz in Bremen ist, war davor die Fugro OSAE GmbH und davor die OSAE Offshore Survey and Engineering Gesellschaft für Seevermessung mbH. Wann sind Sie nach Bremen gekommen? Was waren in der ersten Zeit Ihre Tätigkeiten?

Meine Tätigkeit bei der OSAE habe ich am 15. September 2000 aufgenommen, damals in der offiziellen Position des Betriebsleiters. An meinem »minus ersten« Arbeitstag wurde ich dann gleich für die Projektleitung einer Kabeltrassenvermessung mit vereinnahmt und durfte an einer Projektbesprechung an Bord der *Kommandor Jack* in Hunterston/Schottland teilnehmen. Das Projekt betraf ein Telekommunikations-Festoon rund um UK.

Ein Festoon ist eine Kabelstruktur im Küstenbereich, stimmt's?

Genau. Das war ein richtiges Déjà-vu für mich, da die *Kommandor Jack*, bevor sie nach UK verkauft wurde, die *Valdivia* der Uni Hamburg war, auf der ich als Student Ende der 80er-Jahre einige stürmische Surveytage vor der irischen Süd- und Westküste verbracht hatte. Ein überraschender, aber erfreulicher Einstieg.

Da zur Zeit meines Eintritts die OSAE gerade einmal aus 24 Personen bestand, war schnell klar, dass die Betriebsleitung nur ein (kleiner) Teil meiner Arbeit werden würde, der Hauptteil entwickelte sich bei der damals noch sehr schlanken Struktur des Unternehmens mehr in Richtung Tender-Management sowie Vertrags- und Projektmanagement – oder anders gesagt, neben dem Chef Bernd Jeuken wurde ich Mädchen für alles.

Mit der Übernahme durch die Fugro im Jahr 2006 und der nicht unerheblich gewachsenen Anzahl an Mitarbeitern und Projekten war der Anteil der Betriebsleitung auf nahezu null gesunken. 2012 wurde dann weiter umstrukturiert, nicht zuletzt als Forderung seitens des Konzerns und als Vorbereitung darauf, dass der Ruhestand des Geschäftsführers nahte und die Nachfolge eingearbeitet werden musste. Aufgrund meiner guten Kundenkontakte, die sich aus den zuvor genannten Tätigkeiten entwickelt hatten, habe ich die Position als Business Development Manager übernommen – allerdings auch hier in Kombination mit Projektmanagement.

Sie haben im Lauf der Jahre einige Instrumente und Methoden erprobt, um sie anschließend einzuführen. Wann war Ihnen klar, dass die hydrographische Vermessung ROVs und AUVs braucht?

Dies wurde eigentlich sehr schnell klar, insbesondere dann, wenn es um die Inspektion bestehender Kabeltrassen ging. Ich habe ja bereits den Depth-of-Burial-Survey genannt. Meine erste Zeit bei der OSAE war noch viel von Kabelmonitoring begleitet. Langzeitverträge mit der Deutschen Telekom, die zur damaligen Zeit auch noch inter-

ationale Seekabel mit Anlandung in Norddeich in ihrem Portfolio hatte, aber auch andere Projekte, bei denen sogenannten Pipeline- und Cable-Tracker zum Einsatz kamen, brauchten ROVs, da die geringe Messreichweite der Sensorik einen bodennahen Einsatz erfordern. Teilweise wurden solche Messungen auch mit einem vom Schiff gezogenen Schlitten durchgeführt, dies war aber nur möglich, wenn der Meeresboden flach war. Zudem war die Steuerung des Schleppschlittens über dem Kabel herausfordernd. Dies musste wegen der geringen Sensorreichweite schon recht präzise erfolgen.

Bei einer Vermessung im Schärenbereich vor der finnischen Küste für das Kabel Estlink 2 wäre ein Schlitten hoffnungslos verloren gewesen. Steinigere Untergrund und existierende Kabel, die frei verlegt sind, haben die Schlittenmethode ausgeschlossen. Da war der Einsatz eines ROVs für die Überprüfung der Bereiche, in denen das neu geplante Kabel die bestehenden Kabel kreuzt, alternativlos.

Die Berührung mit dem Thema AUV ergab sich auch sehr früh. Die OSAE war Projektpartner im Projekt »DeepC« und für die Payload, das heißt

AIRBORNE LASERBATHYMETRY

Precise solutions for measuring coastal areas, inland waters, rivers and more.

skyability

UAV, AIRBORNE & TERRESTRIAL SERVICES

✉ office@skyability.com

🌐 www.skyability.com



die Nutzerdefinition zuständig. Zusammen mit sechs weiteren Projektpartnern aus Bremen, unter anderem war Atlas Elektronik mit dabei, sollte ein tief tauchendes AUV entwickelt werden, schon damals mit einer Brennstoffzelle als Antrieb. Die

»Die Zukunft der hydrographischen Vermessung: Remote, remote und noch einmal remote!«

Manfred Stender

Tauchtiefe sollte 6000 Meter sein, die Reichweite 300 Kilometer. Der Geräteträger für MBES und SSS sollte für Kabeltrassenvermessungen am Kontinentalhang ausgelegt sein (daraus resultierte die geforderte Tauchtiefe) sowie für die Vermessung von Festoonsystemen (300 Kilometer war damals die maximale Länge von verstärkerlosen LWL-Kabeln).

Das war ein wahrlich ambitioniertes Projekt, das leider nur in Teilbereichen erfolgreich war. Es war seiner Zeit einfach weit voraus, was die Konzeption von Druckgehäusen in benötigter Größe aus GFK bis 600 Bar und die Brennstoffzelle im Miniformat anging – man hatte ja nicht viel Platz. Apropos Platz: der Steuerrechner und die SPS zur damaligen Zeit hatten die Ausmaße eines mittleren 19-Zoll-

Racks – heute würde man wohl mit ein oder zwei Raspberrys auskommen, und die Mini-Brennstoffzelle ist auch nicht mehr das größte Problem.

Wie gesagt, OSAE war für die Definition der Payload zuständig, weil man schon damals Vorteile für den Einsatz autonomer und automatisierter Systeme gesehen hat. Und hier sind wir dann wieder beim Thema: Hydrographie im Nahbereich, das heißt Vermessungsdaten hochauflösend zu erlangen, was in tieferen Gewässern damals nicht möglich war. Da war ein 2x2°-MBES die Regel, entsprechend groß war der Footprint und damit die Auflösung bescheiden.

Wie ist es Ihnen bei der rasanten technischen Entwicklung über die Jahrzehnte gelungen, urteilsfähig zu bleiben, die optimalen neuen Verfahren und Werkzeuge auszuwählen und den Überblick über die Vor- und Nachteile zu behalten?

Da ich in vielen Projekten nicht nur das Angebot erstellt und damit auch die Methoden und Geräte mit definiert habe, sondern auch als Projektleiter fungiert habe, war es immens wichtig, sich immer auf dem Laufenden zu halten und die richtigen Methoden und Sensoriken mit dem Kunden und den Kollegen abzustimmen. Durch die Doppelrol-

NORBIT Multibeam Systems

Unmanned Surface Vehicles

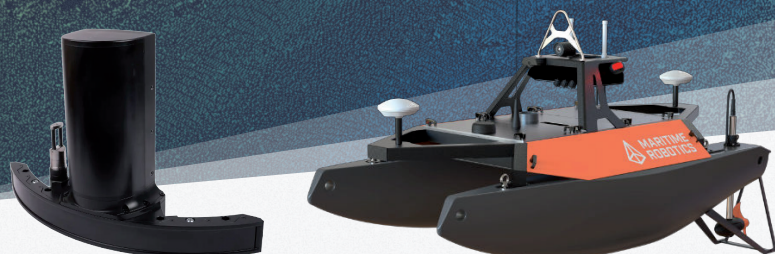


KALMAR
SYSTEMS

Kalmar Systems offers integrated hydrographic solutions with a focus on integrated multibeam systems and USV.

Our scope includes planning, installation, and full system implementation.

From initial concept to operational deployment, we ensure reliable survey performance.



Your partner for seamless, end-to-end hydrographic solutions

kalmar-systems.de

le musste ich schließlich selbst ausbaden, was ich dem Kunden im Angebot versprochen habe – da war kein Finger-Pointing zwischen Verkäufer und Techniker möglich, wie es in anderen Betrieben vielleicht vorkommt.

Dementsprechend war es angeraten, jedes Projekt einzeln zu betrachten und zu bewerten und die Technik mit allen Beteiligten abzustimmen. Glücklicherweise hatte ich einige super erfahrene Kollegen sowohl in der Technik im Büro als auch auf den Schiffen, die bei einer spleenigen Idee meinerseits auch schon einmal die Notbremse gezogen haben. Sie konnten aber auch gleich mit Alternativen aufwarten, weil auch sie sich immer auf dem aktuellen Stand der Technik gehalten haben.

Neuheiten habe ich dann natürlich über Messen, Workshops oder Konferenzen kennengelernt. Mein Glück war, dass die allgemeine Repräsentanz der Firma mit in meinen Aufgabenbereich fiel und damit die Teilnahme an Fachtagungen möglich war. Impulse, Neuerungen oder was immer für Kollegen oder die Firma interessant war, wurden weitergetragen und intern diskutiert. Man könnte da auch von einem Business Development nach innen sprechen.

Blicken wir noch einmal zurück, und zwar auf Ihre Zeit als Systemoperator bei der Reedereigemeinschaft Forschungsschiffahrt (RF). Was war das Besondere daran?

Hierzu muss ich einmal die Historie bemühen. Als die *Meteor* gebaut und permanent mit Vermessungstechnik ausgerüstet wurde – mit dem MBES Hydrosweep, dem SBP Parasound und anderen wissenschaftlichen Systemen –, ist man davon ausgegangen, dass die eingeschifften Wissenschaftler sich schnell in diese Systeme einarbeiten würden und diese während ihrer Ausfahrten selbstständig nutzen. Nach einigen Jahren des Betriebs wurde dann aber festgestellt, dass die Systeme im Wesentlichen brach lagen und kaum genutzt wurden. Ganz abgesehen von noch der ein oder anderen Kinderkrankheit, um die sich keiner richtig kümmern konnte. Die eingeschifften Wissenschaftler hatten genug mit ihren eigenen Geräten und Experimenten zu tun, die hatten keine Zeit, sich in die an Bord installierte Technik einzuarbeiten.

Daraus erwuchs der Bedarf, permanent Personal an Bord vorzuhalten, das die Systeme betreuen und warten und die Wissenschaftler in der Nutzung



HYPACK
a xylem brand



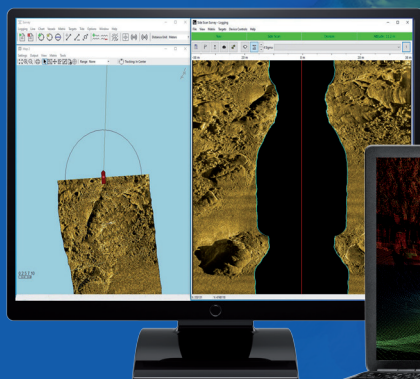
HYPACK® & HYSWEEP®

Survey and map your waters to collect and deliver high-resolution bathymetry and topography data.



HYPACK® GEOPHYSICS

Software package designed for the acquisition and processing of sub-bottom profiling, side scan, and magnetometer data.



Your Sensors,
Our Software.
Survey the World!



sales@hypack.com



anleiten und unterstützen konnte. Man bedenke bitte, dies war Ende der 80er. Immerhin hatte ich zum Schluss für meine Diplomarbeit schon einen Atari-PC (damals die Crème de la Crème mit WYSI-

»Messdaten sollten allgemein zur Verfügung stehen, aber in kontrollierter Weise und nicht als Download-Klick für jedermann«

Manfred Stender

WYG), das Internet war aber noch nicht für jedermann zugänglich und »Ethernet« war ein noch unbekanntes Wort. Dies galt oftmals auch für die Bedienfreundlichkeit, keine schnelle Nummer für die Wissenschaftler.

Eingestellt im Rang eines zweiten Technischen Offiziers (die Uniformjacke mit

den zwei Kolbenringen habe ich noch), aber ohne nautische Ausbildung, hat einen schon zum Exoten der Schiffsbesatzung gemacht. Die Bordelektroniker mit ihrer Ingenieursausbildung waren aber in derselben Situation und insofern war ich gut in der Abteilung aufgehoben.

Einerseits war ich Besatzungsmitglied, andererseits hatte ich eine wissenschaftliche Ausbildung und war somit die Verbindung zur Wissenschaft. Mit der Ausbildung war ich bei den eingeschifften Wissenschaftlern akzeptiert, weil ich deren Intention und Programm nachvollziehen konnte und in einen Austausch kam, und auch die Besatzung akzeptierte mich, weil ich genauso lange Fahrzeiten an Bord hatte (meine längste Fahrzeit war dreieinhalb Monate) und Bordarbeiten mit unterstützte.

Die Landratten munkeln, an Bord von Forschungsschiffen gebe es unter den Wissenschaftlern eine Art »Hackordnung«. Wenn das stimmt, dann bringen Sie bitte die alphabetische Sortierung in eine hierarchische Reihenfolge: Biologen – Chemiker – Geografen – Geologen – Geophysiker – Hydrographen.

Wenn dies gemunkelt wird, ist nicht unbedingt ein Forschungsschiff die Quelle. Aber ja, zu meiner Studentenzeit gab es schon so etwas wie eine Einordnung. In Hamburg standen die Geophysiker natürlich über den Geologen – im Geomatikum war das Geophysikalische Institut im 13. und 14. Stock beheimatet, die Geologen hingegen waren in den Etagen unter uns, was ein klares Ranking ergab. Gut, das Meteorologische Institut war wiederum in den Stockwerken über uns, dies war aber akzeptiert, weil die doch immer freie Sicht in den Himmel benötigen, um das Wetter vorhersagen zu können. Biologen, Chemiker, Geografen und Hydrographen waren in anderen Gebäuden beheimatet und unterlagen somit nicht dem Etagenranking.

Zu meiner Studentenzeit waren die Institute noch viel stärker getrennt. In den Projekten kam es nur zu einer Zusammenarbeit, wenn es sich ergeben hat. Die eingeschifften Wissenschaftler an Bord der *Meteor* kamen schon als Team daher,

wenn auch oft von verschiedenen Forschungseinrichtungen oder Universitäten oder innerhalb einer Einrichtung aus unterschiedlichen Arbeitsgruppen. Da war mehr das interdisziplinäre Arbeiten auf dem Programm, was heute ohnehin üblich ist, auch die Akzeptanz untereinander ist heute offensichtlicher, weil erst alle Bereiche zusammengenommen das komplexe, große Bild aufzeigen.

Ahnten Sie, als Sie frisch diplomierter Geophysiker waren, dass Sie eines Tages bei der hydrographischen Vermessung landen würden? Sehen Sie so etwas wie einen roten Faden, der die verschiedenen Stationen Ihres Berufslebens verknüpft?

Während des Studiums war der Begriff Hydrographie in der Tat nicht präsent. Da war, sofern man im Rahmen eines Projektes die Bathymetrie mit aufgezeichnet hat, um zum Beispiel refraktionsseismische Profile bearbeiten zu können, dies ein Teil der geophysikalischen Messdaten. Erst mit der Arbeit an Bord der *Meteor* und mit der Nutzung des AE Hydrosweep ist dann die Hydrographie in mein Bewusstsein gerückt. Und dieses Bewusstsein hat sich bei mir schlagartig mit der Aufnahme der Tätigkeit bei der OSAE erweitert. Dort hatte ich plötzlich Kollegen und Kolleginnen, die sogar Hydrographie studiert haben – damals noch an der FH in der Hebebrandstraße in Hamburg mit Abschluss Hydrograph/CAT A. Bei der OSAE begann dann für mich erst so richtig, was man als interdisziplinäres Arbeiten bezeichnet. Das finale Produkt für den Kunden war die bestmögliche Schnittmenge zwischen mariner Geologie, mariner Geophysik und Hydrographie. Insofern bin ich eher in der Schnittstelle beheimatet als bei einer Disziplin.

Der rote Faden war natürlich immer die marine Komponente, und selbst bei einem beruflichen Abstecher ins Binnenland war es dann die Limnologie – Süßwasser, aber immerhin Wasser.

Was war Ihr berufliches Highlight?

Die Antwort liegt im Plural. Wenn es nicht permanent Highlights gegeben hätte, wäre ich der Branche nicht so lange treu geblieben.

Die gesamte Zeit an Bord der *Meteor* war toll, als besonderes Highlight in Erinnerung geblieben ist mir der Besuch der polnischen Forschungsstation in der Antarktis, »Arctowski«, auf King George Island. Wir wurden vom Forschungsteam super freundlich empfangen, es gab einen Rundgang vorbei an Seeelefantenkolonien (»Wenn sich die Steine da im Hintergrund plötzlich bewegen – keine Panik, langsam weitergehen und entfernen!«) und dann haben wir noch zusammen mit einem Pinguin am Schild »südlichste Haltestelle« der Warschauer Busbetriebe auf den Bus gewartet.

Bei OSAE/Fugro waren es dann die täglichen Arbeiten mit motivierten Kolleginnen und Kollegen, die Konferenzen und die Netzwerke und die

Reisen zu Vertragsunterzeichnungen wie die nach Stone Town auf Sansibar – Highlights genug.

Auf welches Erlebnis, so lehrreich es vielleicht auch war, hätten Sie gerne verzichtet?

Leider ist einmal ein Projekt völlig aus dem Ruder gelaufen. Trotz vorheriger Erfahrung auf Stromkabeln und positiver Aussicht laut Sensordatenblatt des Herstellers ist ein Depth-of-Burial-Survey auf einem HVAC-Kabel zum datentechnischen Desaster geworden. Bis hin zu einer gerichtlichen Auseinandersetzung, die leider für Fugro OSAE negativ ausging.

Da gab es eine steile Lernkurve, im Nachhinein folgte noch eine intensive Aufarbeitung der Ursachen. Die Erkenntnisse wirken bis heute und bisher ist nur eine Teillösung des identifizierten Problems in Sicht. Das Thema bleibt ein bisschen Hobby bei mir.

Wie stehen Sie dazu, die Messdaten aus den Kampagnen kostenlos allen Interessierten zur Verfügung zu stellen?

Fugro als Dienstleister hat immer einen Kunden, der bezahlt, und dieser Kunde beauftragt eine Vermessung, um für sich einen kommerziellen Vorteil zu erzielen. Damit ist der Dienstleister eigentlich

nicht der richtige Adressat für diese Frage, da er nicht »Eigentümer« ist.

Daten, die mit öffentlichen Mitteln erhoben werden, sollten schon zeitnah zur weiteren Verwendung verfügbar sein. Dies ist ja auch schon der Fall, sofern Daten unter das Geologiedatengesetz fallen.

Generell muss man sich in der heutigen Situation fragen, welche Informationen vielleicht auch in eine Richtung abfließen könnten, die man eigentlich nicht unterstützen möchte. Ich erinnere mich da an einen Vortrag und die anschließende Diskussion genau zu diesem Thema auf dem letzten Hydrographentag in Travemünde.

Ja, ich begrüße, dass Daten allgemein zur Verfügung stehen, aber ich denke, dass dies in einer kontrollierten Weise erfolgen sollte und nicht einfach nur per Download-Klick für jedermann.

Bei der Gesellschaft für Maritime Technik (GMT) sind Sie im Vorstand. Zusammen mit Herrn Turla kümmern Sie sich um die Hydrographie. Welche Aktivitäten gab es zuletzt? Was sind Ihre Ziele?

Innerhalb der GMT ist die Hydrographie ein klassisches Querschnittsthema, das aber auch oft in allen anderen Arbeitsgruppen Eingang findet.

www.innomar.com

Innomar Parametric Sub-Bottom Profilers

- ▶ Unmatched high-resolution sub-seabed data with excellent penetration
- ▶ Usable from extremely shallow waters to full ocean depth
- ▶ User-friendly data acquisition and post-processing software
- ▶ Used worldwide for various applications



standard



compact-usv



essential



medium-usv



medium-100

Explore more



www.innomar.com
sales@innomar.com

Innomar Technologie GmbH • Germany

We are exhibiting at
Hydro 2026 in Antwerp

Innomar



A NORBIT Company

Die AG Hydrographie versucht somit, Brücken zu schlagen zu vielfältigen Themen, die bisher in der Meerestechnik noch nicht so präsent sind. Hier zu nennen ist die Initiative zwischen DHyG, GMT und HTG (also der Hafentechnischen Gesellschaft), gemeinsame Veranstaltungen durchzuführen, um technologische Lösungen für zukünftige Bedarfe zu ermitteln und die Zusammenarbeit zwischen den Organisationen zu stärken. Die nächste gemeinsame Veranstaltung ist am 29. Oktober 2026, ihr Titel lautet »Maritime Technik meets Häfen«.

Ansonsten vermitteln wir bei Anfragen zum Thema Hydrographie auch den richtigen Ansprechpartner aus unserem Netzwerk, nach Prüfung, ob der Fokus auf Vermessungsleistungen oder auf der Gerätetechnik liegt.

Wie könnten die GMT und die DHyG ihre Aktivitäten noch bündeln?

Der Ansatz durch kooperative Veranstaltungen wie mit der HTG ist ja gemacht. Dies bedingt allerdings eine gemeinsame Analyse der Strukturen, Arbeitsweisen und Bedarfe der Verbände, um wirklich zu bündeln und nicht in Konkurrenz zu treten. Hier ist der Austausch auf Vorstandsebene zur strategischen Abstimmung, die Zusammenarbeit in Arbeitsgruppen, die vergleichbare Inhalte behandeln, eine wichtige Basis. Das Potenzial ist auf jeden Fall vorhanden.

Wie können wir junge Menschen für die Hydrographie begeistern?

Der erste Ansatzpunkt wäre die Lösung der Frage, wie sich das gesellschaftlich ja durchaus relevante Thema überhaupt in die Öffentlichkeit bringen lässt. Hydrographie steckt in so vielen Bereichen, als Grundlage für die Schifffahrt, die Offshore-Industrie und natürlich auch in der brandheißen Diskussion über maritime kritische Infrastruktur und vieles mehr – aber kaum einer kennt diese Relevanz.

In den Schulen bieten sich genug Fächer und Unterrichtsthemen an, um über Projekte die Hydrographie einzuschleusen: In Physik könnte man über die Schallausbreitung im Wasser sprechen, in Geografie können die Lehrer die Wasserstraßen behandeln und ihre Bedeutung für den Welthandel aufzeigen, in Biologie könnte es um die Ozeane der Zukunft gehen, und in Deutsch könnten die Schülerinnen und Schüler Reise- und Forschungsberichte lesen.

Als weiteren Ansatz könnte ich mir unter ähnlichen Aspekten eine Zusammenarbeit mit Umweltorganisationen vorstellen, gleichfalls könnte man mit Forschungseinrichtungen wie dem Geomar Sommercamps für Schüler anbieten. Hier eine Ein-

heit zu platzieren, die die Bedeutung, Methoden und Techniken der Hydrographie darstellt, könnte junge Menschen erreichen und begeistern. In jedem Fall wäre es mit viel Aufwand verbunden, methodisch und didaktisch gute Module zusammenzustellen und zu präsentieren.

Schauen Sie doch mal in die Zukunft: Wie sieht die hydrographische Vermessung in zehn Jahren aus?

Remote, remote und noch einmal remote! Tendenziell wird es immer weniger Personal, aber mehr Messaufgaben geben, regelmäßige Monitoringprogramme, aber fehlende Kapazitäten. Die Möglichkeiten sind heute schon im Grundsatz vorhanden, aber leider hinkt die Regulierung von Einsätzen mit ferngesteuerten oder automatisierten Messsystem weit hinterher. Da muss der AK »Autonome Systeme« am Ball bleiben.

Letztes Jahr sind Sie in den Ruhestand gegangen und kurz darauf hieß es, Sie haben einen neuen Job. Was haben Sie bei TKMS Atlas Maridan gemacht?

Der offizielle Titel auf der Visitenkarte hieß »Senior Advisor Survey Operations«, übersetzt stand ich beratend bei der Bewertung von Ausschreibungen, bei der Ausarbeitung von Methoden für Angebote und für generelle Beratung im Marktsegment Offshore-Vermessung zur Verfügung, inklusive des Einsatzes des AUV Seacat. Es war kein fester Prozess, sondern ein Angebot an alle Kollegen, aus meiner Erfahrung in der Seevermessung Informationen zu ziehen, wenn sie es möchten.

Haupttätigkeitsgebiet war die Implementation von Flugdrohnen. Größere Drohnen, die ausreichend Nutzlast zur Verfügung stellen, um zum Beispiel bathymetrische Lasersysteme mit der benötigten Energieversorgung über möglichst lange Zeit und größere Distanzen in der Luft zu halten, sind nicht mehr in der »offenen Kategorie« zu realisieren. Für eine erste Drohne als Versuchsträger habe ich die Betriebsgenehmigung in der »speziellen Kategorie« erwirken können.

Was würden Sie gerne besser können?

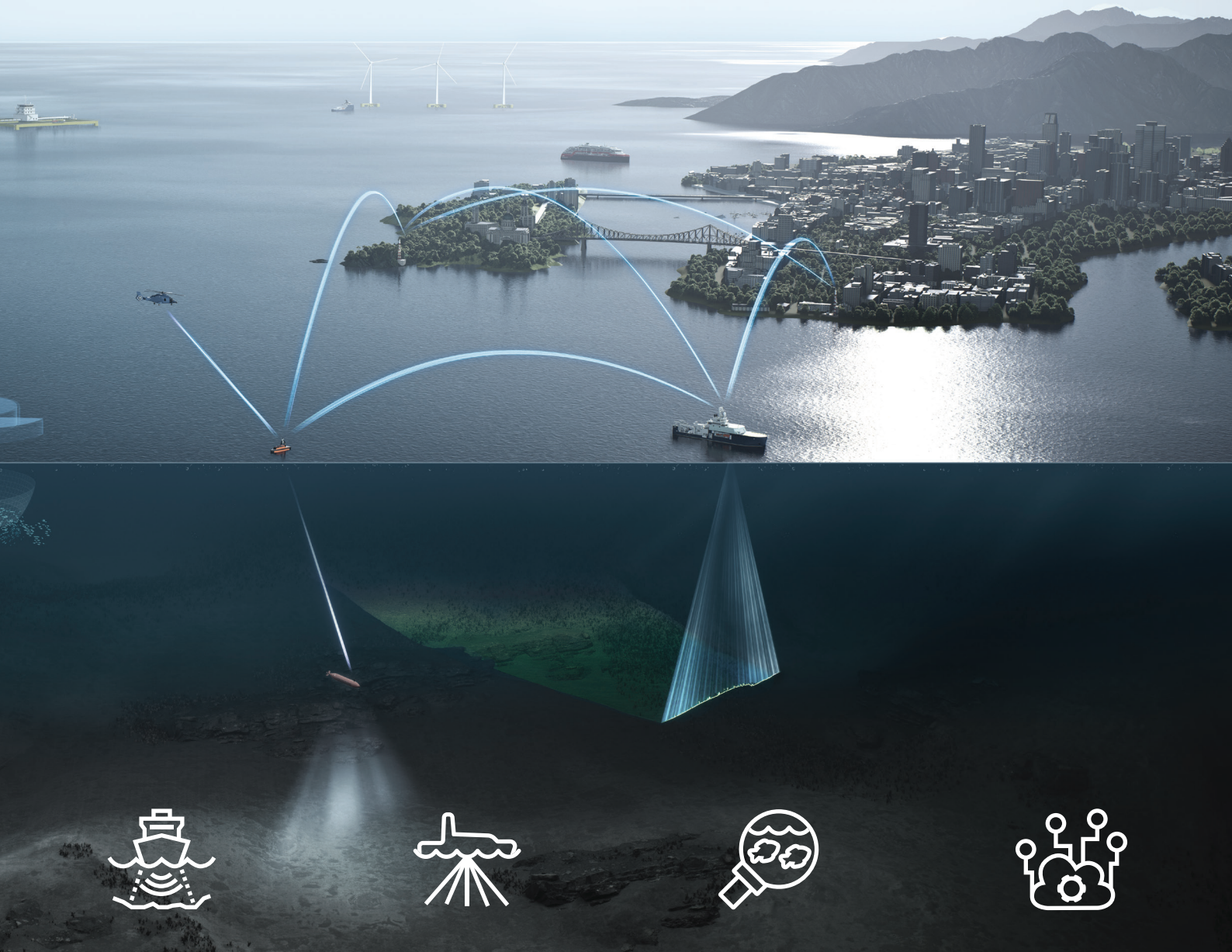
Mein Gewicht halten beziehungsweise senken – aber darauf zielt die Frage wahrscheinlich nicht. Ich könnte etwas mehr Systematik gebrauchen und weniger spontan Tätigkeiten beginnen oder beenden. Wer je meinen Schreibtisch in Bremen gesehen hat, weiß, wovon ich rede – nur ein Genie beherrscht das Chaos!

Was wissen Sie, ohne es beweisen zu können?

Dass ein Bauchgefühl oft die bessere oder zumindest keine schlechtere Entscheidung trifft und dass zu langes Nachdenken über ein Alltagsproblem dieses nicht besser löst. //



KONGSBERG



Discovering
the **secrets**
of the ocean



kongsberg.com/discovery

Automatic detection and multiclass segmentation of underwater pipelines

A comparative study on different approaches using computational models

An article by SETHMIYA HERATH MUDIYANSELAGE

Underwater pipeline inspection is important in several aspects. Computer vision-based detection and segmentation have played a crucial role in underwater pipeline inspections in the last few decades. This study focuses on implementing a deep learning-based workflow for underwater pipeline detection and segmentation using YOLOv8 small and large, and Mask R-CNN ResNet 50 and 101 models. All four models could fulfil both detection and segmentation approaches in a single model. The dataset used consists of pipes, leakages, concrete mats, concrete weights and pipe couplings. The performance of the models was evaluated based on the loss function, precision, inference time and visualisation results. Experimental results indicate that YOLOv8 outperforms Mask R-CNN in accuracy and real-time detection. YOLOv8 segmentation small model achieved the highest Mean Average Precision (50–95) as 77 % in object detection and 74 % in segmentation. The YOLO segmentation large model achieved the highest class-wise Mean Average Precision (50–95) as 97 % in the pipe class. In future work, the YOLOv8 model will be modified to derive the real-time location of autonomous underwater vehicles, and Mask R-CNN models will be modified to improve the precision.

pipeline detection | Mask R-CNN | YOLOv8
Erkennung von Rohrleitungen | Mask R-CNN | YOLOv8

Die Inspektion von Unterwasserrohrleitungen ist in mehrfacher Hinsicht von Bedeutung. Die auf Computer-Vision basierende Erkennung und Segmentierung hat in den letzten Jahrzehnten eine entscheidende Rolle bei der Inspektion von Unterwasserrohrleitungen gespielt. Diese Studie konzentriert sich auf die Implementierung eines auf Deep Learning basierenden Arbeitsablaufs für die Erkennung und Segmentierung von Unterwasserrohrleitungen unter Verwendung der Modelle YOLOv8 (klein und groß) sowie Mask R-CNN ResNet 50 und 101. Alle vier Modelle konnten sowohl Erkennungs- als auch Segmentierungsaufgaben in einem einzigen Modell erfüllen. Der verwendete Datensatz besteht aus Rohren, Leckagen, Betonmatten, Betongewichten und Rohrkupplungen. Die Leistung der Modelle wurde anhand der Verlustfunktion, der Präzision, der Inferenzzeit und der Visualisierungsergebnisse bewertet. Die Versuchsergebnisse zeigen, dass YOLOv8 Mask R-CNN in Bezug auf Genauigkeit und Echtzeit-Erkennung übertrifft. Das kleine YOLOv8-Segmentierungsmodell erzielte die höchste mittlere durchschnittliche Präzision (50–95) mit 77 % bei der Objekterkennung und 74 % bei der Segmentierung. Das große YOLO-Segmentierungsmodell erzielte die höchste klassenweise mittlere durchschnittliche Präzision (50–95) von 97 % in der Rohrklasse. In zukünftigen Arbeiten wird das YOLOv8-Modell modifiziert, um die Echtzeitposition autonomer Unterwasserfahrzeuge zu ermitteln, und die Mask-R-CNN-Modelle werden modifiziert, um die Präzision zu verbessern.

Author

Sethmiya Herath
Mudiyanselage studied
Hydrography at HafenCity
University Hamburg, where
he is currently working as a
research assistant.

sethmiya.mudiyanselage@hcu-hamburg.de

1 Introduction and motivation

Underwater pipelines play a crucial role in the oil and gas industry. Regular inspections are essential to ensure their integrity and determine necessary maintenance work. Leaks or spills from damaged pipelines can have severe consequences for marine ecosystems and the economy. Early identification and routine inspections are essential to mitigate severe damage (Li et al. 2022; Martin-Abadal et al. 2021).

Vision-based approaches play an important role in pipeline detection compared to traditional echo-based methods. Detection and segmentation are two approaches in digital image processing. YOLOv8 and Mask R-CNN are advanced deep learning models that combine object detection and segmentation in a single framework. YOLOv8 is optimised for real-time performance, offering high speed and efficiency while maintaining

strong accuracy. In contrast, Mask R-CNN focuses more on precise segmentation and feature extraction, often achieving high accuracy but at slower speeds (Hussain 2024).

This research will examine the capabilities of underwater pipeline detection and segmentation using YOLOv8 and Mask R-CNN models, and compare their applicability qualitatively using the testing dataset and quantitatively using the evaluation matrix. Also, the research evaluates the real-time detection capabilities using inference time. Data augmentation methods are also applied to address the class imbalance problem in this research.

2 Methodology

A Slovenian research team collected experimental data using a remotely operated vehicle (ROV) to record underwater pipelines from multiple camera angles. After capturing the videos, they have extracted two frames per second to create the dataset. Fig. 1 shows some random images of the dataset (Gašparović et al. 2022).

Fig. 2 depicts the research methodological pipeline. Images were manually labelled using the Roboflow open-source labelling platform, which allows multi-class labelling. Manual labelling was used to create a high-quality training dataset. The initial dataset consists of 1,008 images. The dataset is divided into 70 %, 20 % and 10 % ratios for training, validation and testing randomly after the labelling process. Training and validation datasets were used in training of the models, and the testing unseen dataset was used for qualitative analysis. To address the class imbalance problem, 126 random images were generated using geometric data augmentation. The dataset consists of images of pipes, pipe couplings, concrete weights, concrete mats and leakages.

Class information and label waypoints were stored in the Mask R-CNN-understandable COCO.json format and the YOLOv8-understandable .txt format. Google Colab paid version was used as the training platform, which provides powerful GPUs. Results were evaluated quantitatively using the evaluation matrix and qualitatively using the loss function and visualisation results.

The leakage class is specially designed considering the leakage pattern rather than the leakage point to increase the number of pixels to address the class misbalance problem. Table 1 shows the sizes of the training, validation and testing samples of the initial dataset (version 4) and the dataset with the initial and augmented images (version 5).

Version	Training	Validation	Testing
V4	739	212	105
V5	791	227	113

Table 1: Dataset separation for training, validation and testing

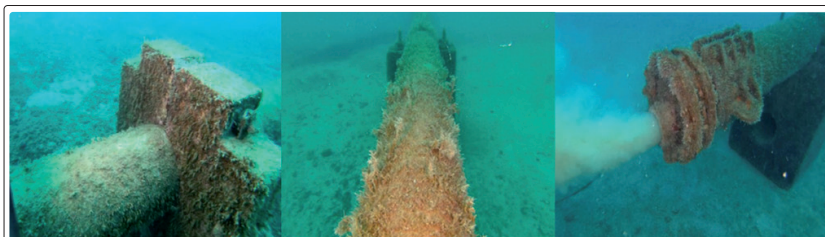


Fig. 1: Random images from the dataset

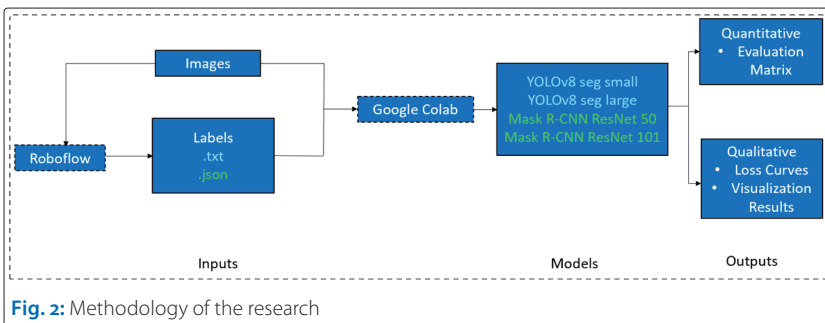


Fig. 2: Methodology of the research

Class name	Instances (V4)	Instances (V5)
Concrete Mat	364	379
Concrete Weight	763	803
Leakage	117	148
Pipe	1085	1281
Pipe Coupling	88	124

Table 2: Number of instances of each class

Table 2 represents the number of instances in each class of the version 4 and 5 datasets. Generating images using data augmentation mostly focused on underrepresented pipe coupling and leakage classes.

The same training parameters are used for evaluating model performance during training. Batch size refers to the number of training samples processed before updating the model weights. Epoch size characterises one complete pass through the entire dataset during training. Learning size refers to the step size to reach local minima of the optimiser. A batch size of 8, a learning rate of 0.001 and a number of epochs of 30 were used in the training process.

Model architecture

Fig. 3 and Fig. 4 depict the model architecture of YOLOv8 and Mask R-CNN. The YOLOv8 architecture follows a streamlined pipeline where the input image is first processed through a backbone to extract features at multiple scales, then passed into a feature aggregation stage (FPN) to enhance semantic information and finally into a detection head that directly predicts bounding boxes, classes and segmentation masks in a single forward pass. This design emphasises speed and efficiency for real-time tasks. In contrast, Mask R-CNN uses a two-stage approach: a backbone

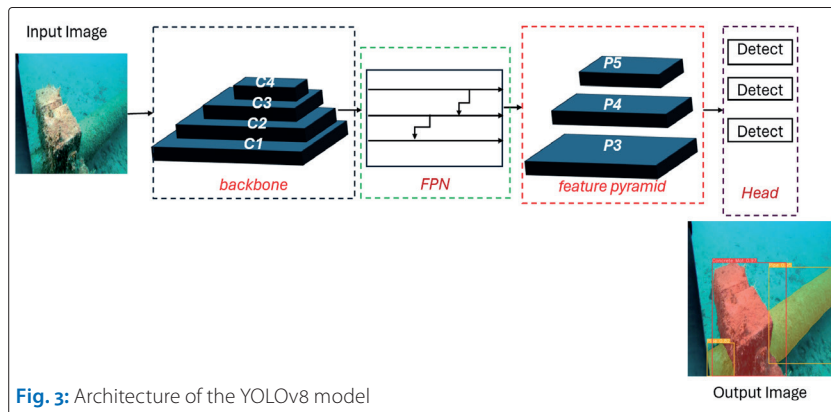


Fig. 3: Architecture of the YOLOv8 model

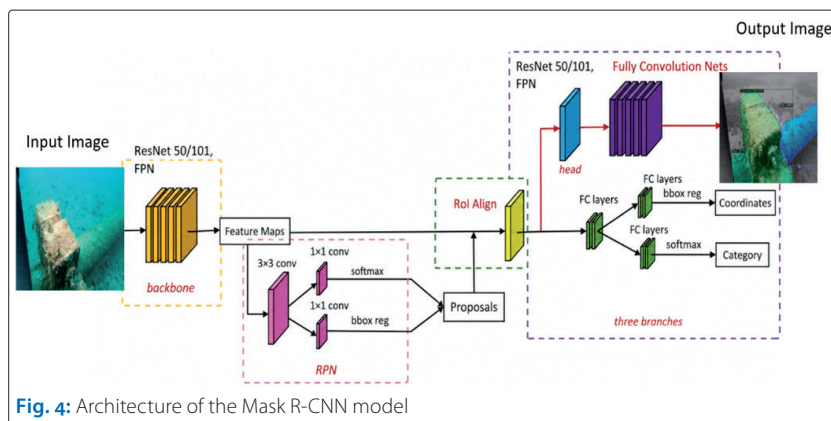


Fig. 4: Architecture of the Mask R-CNN model

with FPN extracts features, followed by a Region Proposal Network (RPN) that generates candidate object regions. These regions are refined using RoI Align and passed through separate branches for classification, bounding box regression and pixel-level mask prediction, making it more precise but computationally heavier. Mask R-CNN ResNet 50 and 101 consist of ResNet 50 and 101 backbones, respectively. YOLOv8 small model has fewer parameters compared to the large model.

3 Results, analysis and discussion

Models were evaluated using quantitative and qualitative analysis.

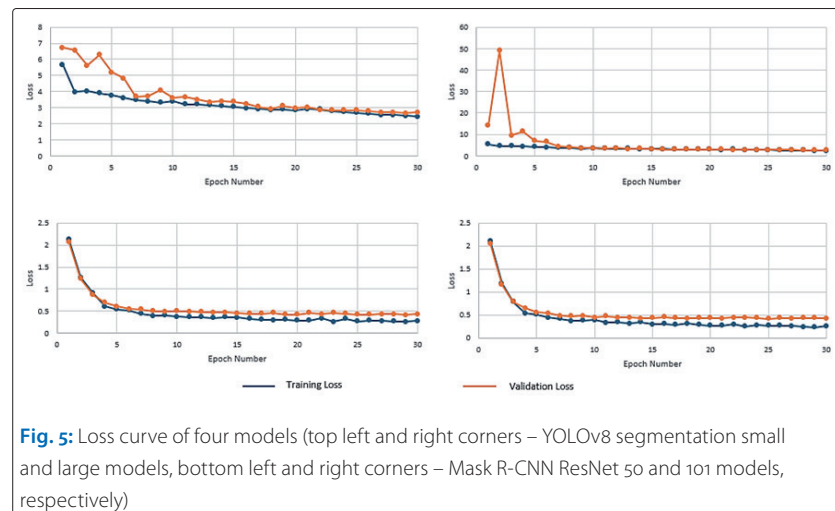


Fig. 5: Loss curve of four models (top left and right corners – YOLOv8 segmentation small and large models, bottom left and right corners – Mask R-CNN ResNet 50 and 101 models, respectively)

3.1 Loss function

Analysis of the loss function is important to avoid overfitting of the model. YOLO models, particularly in the early stages of training, show more fluctuations in validation loss. This volatility indicates instability, which is common in object detection and segmentation tasks due to the complex nature. YOLO models typically prioritise speed and real-time inference, and such fluctuations might reflect trade-offs in their design, especially when optimising for both accuracy and efficiency. On the other hand, Mask R-CNN models demonstrate a smoother convergence, with validation loss decreasing more stably due to their network architecture. However, training and validation loss curves showed smooth distribution after 15 epochs, and training was stopped after 30 epochs, as shown in Fig. 5.

It is difficult to compare the loss values of models numerically because YOLOv8 uses a combination of binary cross-entropy loss and dice loss, while Mask RCNN uses binary cross-entropy loss for segmentation. This is the reason to give a higher loss value in YOLOv8 models compared to Mask RCNN models. YOLOv8 uses the AdamW optimiser, and Mask RCNN uses the Stochastic Gradient Descent (SGD) optimiser. AdamW optimisers prioritise speed and reach the local minima faster compared to SGD optimisers, which is the reason for the inconsistency of the loss function in early epochs of YOLO models.

3.2 Quantitative analysis

Results were analysed quantitatively using evaluation matrices as described below.

Precision-recall (P-R) curve

The precision-recall curve plots the recall on the X-axis and precision on the Y-axis, based on the intersection over union (IoU) of threshold values. The P-R curve of the YOLO segmentation small model version 5 was illustrated in Fig. 6 for demonstration purposes. This is an example for Average Precision @ IoU 50. Average precision can be calculated by integrating the area under the curve, as Equation 1. The blue line represents the P-R curve for model

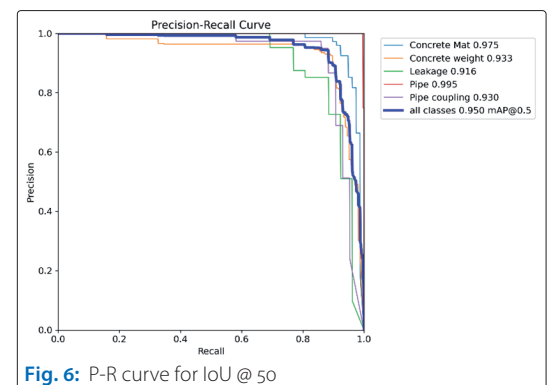


Fig. 6: P-R curve for IoU @ 50

performance @ IoU 50. Other lines represent class-wise P-R curves.

$$AP = \int_0^{\text{Threshold}} P(R) dR$$

Equation 1: Average Precision (P stands for Precision, R stands for Recall, e.g., threshold value is 50 for Average Precision @ IoU 50)

$$mAP_{50-95} = 1/10 \sum_{t=0.50}^{0.95} AP(t)$$

Equation 2: Mean Average Precision (draw the P-R curves for IoU 50 to 95 in 10 thresholds with 5 % step size, calculate the area under the curves of all 10 graphs, and compute the average)

YOLOv8 segmentation models improve notably with training compared to their base model performance, according to Table 3. Both YOLO models achieve above 72 % detection and segmentation mAP (50–95). All four models achieve more than 90 % average precision AP @ 50, showing remarkable performance of the models for the underwater environment. mAP (50–95) matrix should be used to identify small objects by the models rather than AP @ 50. The Mask R-CNN ResNet 101 model achieves higher detection and segmentation accuracy than the ResNet 50 model. YOLOv8 outperforms Mask R-CNN, suggesting its applicability for underwater scenarios. Results also suggest that Mask R-CNN models need more training samples. bbox stands for detection, and segm stands for segmentation. AP stands for average precision @ IoU 50, and mAP (50–95) stands for Mean Average Precision @ IoU 50 to 95 %.

The mAP (50–95) matrix was used for the class-wise results analysis, as shown in Table 4. The pipe class shows the highest mean average precision in all four models. Leakage detection posed a significant challenge for all evaluated models, showing lower mAP (50–95) scores. This is attributed to the irregular and diffuse nature of leakage patterns, which complicates feature discrimination.

YOLOv8 showed particularly strong performance in detecting structurally well-defined objects such as concrete mats, concrete weights and pipes, indicating robust generalisation across varying object scales and geometries. Notably, the smaller YOLOv8 variant marginally outperformed the larger model in certain categories, suggesting that increased model complexity does not necessarily yield proportional performance gains. In contrast, Mask R-CNN demonstrated reduced accuracy in several classes, particularly for under-represented categories such as leakage and pipe

Model	mAP (50–95)		Base model		mAP(50–95)		AP(50)	
	bbox	segm	bbox	segm	bbox	segm	bbox	segm
YOLOv8 seg small	0.446	0.368	0.777	0.747	0.962	0.965		
YOLOv8 seg large	0.523	0.426	0.774	0.724	0.961	0.959		
Mask R-CNN ResNet 50	0.340	0.336	0.677	0.668	0.904	0.922		
Mask R-CNN ResNet 101	0.382	0.354	0.691	0.665	0.937	0.934		

Table 3: Overall model performance on the validation dataset

Model	Concrete mat		Concrete weight		Leakage		Pipe		Pipe coupling	
	bbox	segm	bbox	segm	bbox	segm	bbox	segm	bbox	segm
YOLOv8 seg small	0.806	0.797	0.698	0.627	0.677	0.627	0.966	0.969	0.736	0.715
YOLOv8 seg large	0.810	0.792	0.686	0.609	0.632	0.544	0.976	0.973	0.737	0.747
Mask R-CNN ResNet 50	0.758	0.741	0.619	0.615	0.509	0.489	0.899	0.909	0.602	0.587
Mask R-CNN ResNet 101	0.728	0.736	0.602	0.612	0.575	0.507	0.925	0.918	0.623	0.552

Table 4: Class-wise Mean Average Precision results

couplings, highlighting its sensitivity to the size of the training dataset.

Data augmentation

The comparison between version 4 and version 5 indicates minimal overall performance change. A modest improvement in segmentation mAP (50–95) was observed for ResNet 50 and ResNet 101 models from 66 % to 69 %, as shown in Table 5.

Class-wise analysis revealed notable improvement for previously underrepresented classes,

Model	Version	mAP(50–95)	
		bbox	segm
YOLOv8 seg small	v4	0.777	0.747
	v5	0.767	0.742
YOLOv8 seg large	v4	0.774	0.724
	v5	0.772	0.736
Mask R-CNN ResNet 50	v4	0.677	0.668
	v5	0.690	0.692
Mask R-CNN ResNet 101	v4	0.691	0.665
	v5	0.689	0.693

Table 5: Comparison of Mean Average Precision @ IoU 50–95 of version 4 and 5 datasets

Model	Version	Concrete mat		Concrete weight		Leakage		Pipe		Pipe coupling	
		bbox	segm	bbox	segm	bbox	segm	bbox	segm	bbox	segm
YOLOv8 seg small	v4	0.806	0.797	0.698	0.627	0.677	0.627	0.966	0.969	0.736	0.715
	v5	0.806	0.793	0.696	0.609	0.646	0.605	0.951	0.958	0.737	0.747
YOLOv8 seg large	v4	0.810	0.792	0.686	0.609	0.632	0.544	0.976	0.973	0.737	0.747
	v5	0.815	0.798	0.688	0.613	0.609	0.590	0.965	0.957	0.783	0.723
Mask R-CNN ResNet 50	v4	0.758	0.741	0.619	0.615	0.509	0.489	0.899	0.909	0.602	0.587
	v5	0.738	0.741	0.621	0.598	0.542	0.563	0.896	0.884	0.654	0.683
Mask R-CNN ResNet 101	v4	0.728	0.736	0.602	0.612	0.575	0.507	0.925	0.918	0.623	0.552
	v5	0.705	0.704	0.619	0.600	0.555	0.577	0.907	0.902	0.653	0.681

Table 6: Comparison of class-wise mAP @ IoU 50–95 of version 4 and 5 datasets

particularly pipe coupling and leakage, highlighting the effectiveness of data augmentation in the segmentation domain. Segmentation results of Mask R-CNN models show a significant improvement in mAP (50–95), proving that Mask R-CNN models highly depend on the data size, as shown in Table 6.

3.3 Qualitative analysis

All models successfully segmented leakages, achieving nearly 100 % detection and segmentation confidence scores on the unseen testing dataset, as shown in Fig. 7. This reflects the strong performance of the training models in leakage detection and segmentation. Furthermore, the leakage class appears to exhibit sufficiently distinctive visual features, such as colour contrast and boundary definition, which enable accurate segmenta-

tion even under low-visibility conditions. Fig. 7 and Fig. 8 depict the input image in the first column, the ground truth mask in the second column and the prediction results of each model in the third and fourth columns.

Fig. 8 shows the detection and segmentation of a concrete mat.

3.4 Real-time detection and segmentation capabilities

Inference time is an indicator of the model's applicability for real-time detection and segmentation. YOLOv8 segmentation models have significantly lower inference times than Mask R-CNN models, as shown in [Table 7](#). Specifically, the YOLOv8 small and large models have 1.2 and 3.1 milliseconds of inference speeds on an NVIDIA A100 GPU, which proves their significant capability of real-time de-

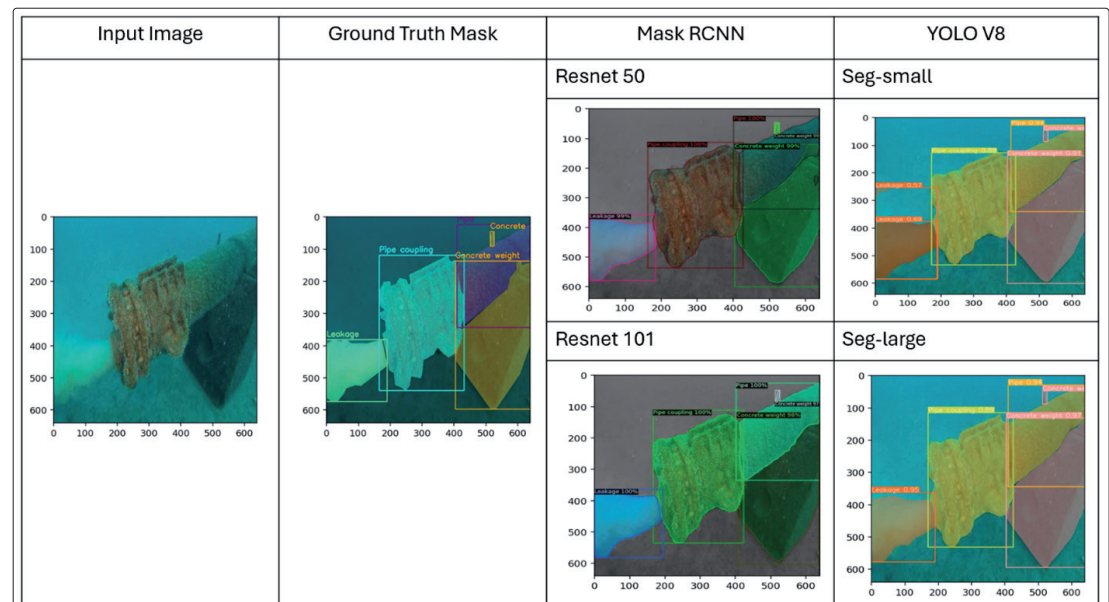


Fig. 7: Visualisation of leakage, pipe, pipe coupling and concrete weight detection and segmentation

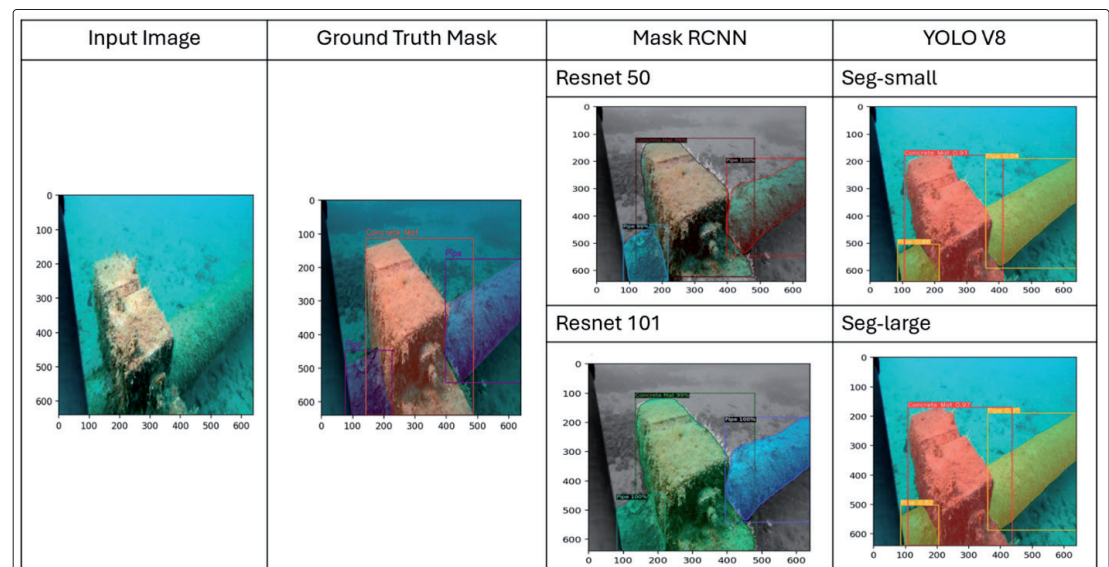


Fig. 8: Pipe and concrete mat detection and segmentation

tection and segmentation compared to the Mask R-CNN models.

4 Conclusion and outlook

The automatic detection and multi-class segmentation of underwater pipelines using computational models present a transformative approach for subsea pipeline monitoring. This study analysed the feasibility of using YOLOv8 and Mask R-CNN models for the detection and segmentation of pipelines and their features, even in challenging underwater environments.

The study demonstrated that the YOLOv8 segmentation small model is a highly efficient and practical model for underwater pipeline detection and segmentation, outperforming YOLOv8 segmentation large and Mask R-CNN (ResNet 50 and ResNet 101) models in both accuracy and inference speed when trained on a limited dataset. These findings emphasise the importance of selecting

Model	Inference time on GPU A100 (ms)
YOLOv8 seg small	1.2
YOLOv8 seg large	3.1
Mask R-CNN ResNet 50	43
Mask R-CNN ResNet 101	65.5

Table 7: Inference time of models

the right model based on data availability and real-world deployment constraints. Experimental results indicate that data augmentation strategies improve the precision of underrepresented classes. Pipe couplings are installed at fixed intervals along the pipeline. Future research will focus on optimising the proposed YOLO models and evaluating their adaptability for accurately determining the positions of autonomous underwater vehicles (AUVs) relative to known pipe coupling locations. Mask R-CNN models will also be modified to improve the precision. //

Acknowledgement

The author would like to express his sincere gratitude to Boris Gašparović for providing the publicly available dataset and Prof. Harald Sternberg, Dr. M.I.E Wickramasinghe and Markus Kraft for valuable guidance and support throughout this study.

References

Gašparović, Boris; Jonatan Lerga; Goran Mauša; Marina Ivašić-Kos (2022): Deep Learning Approach For Objects Detection in Underwater Pipeline Images. Applied Artificial Intelligence, DOI: 10.1080/08839514.2022.2146853

Hussain, Muhammad (2024): YOLOv1 to v8: Unveiling Each Variant – A Comprehensive Review of YOLO. IEEE Access, DOI: 10.1109/ACCESS.2024.3378568

Li, Shaobo; Jianhu Zhao; Hongmei Zhang; YouPeng Zhang (2022): Automatic Detection of Pipelines from Sub-bottom

Profiler Sonar Images. IEEE Journal of Oceanic Engineering, DOI: 10.1109/JOE.2021.3107609

Martin-Abadal, Miguel; Manuel Piñar-Molina; Antoni Martorell-Torres et al. (2021): Underwater pipe and valve 3d recognition using deep learning segmentation. Journal of Marine Science and Engineering, DOI: 10.3390/jmse9010005

Preise für die ersten drei Plätze!

Jetzt bewerben für 2027



seit 2014

Student Excellence Award

Alle Infos unter:

www.dhyg.de/index.php/de/beruf/student-excellence-award



Qaiyo

Intelligente Technologie für Kommunikation, Positionierung und maritime Anwendungen

Ein Beitrag von SANDER KARIS

In einer Welt, in der Daten jederzeit verfügbar sein müssen und Präzision über den Erfolg eines Projekts entscheidet, sind zuverlässige Technologiepartner wichtiger denn je. Genau hier setzt Qaiyo an. Das Unternehmen entwickelt innovative Kommunikations-, Positionierungs- und Survey-Lösungen für Kunden aus den Bereichen Infrastruktur, Wasserwirtschaft, Hydrographie, Offshore, Vermessung und Industrie.

In a world where data must be available at all times and precision is crucial to the success of a project, reliable technology partners are more important than ever. This is precisely where Qaiyo comes in. The company develops innovative communication, positioning and surveying solutions for clients in the infrastructure, water management, hydrography, offshore, surveying and industrial sectors.

Autor

Sander Karis ist Geschäftsführer der Qaiyo GmbH in Wiesbaum.

sander@qaiyo.com

Qaiyo entstand aus der gebündelten Erfahrung von Satel Benelux und Nautikaris. Gemeinsam verfügen die Unternehmen über jahrzehntelange Erfahrung in der drahtlosen Datenkommunikation, GNSS-Technologie und in maritimen Anwendungen. Diese Erfahrung bildet das Fundament für Lösungen, die nicht nur technisch überzeugen, sondern vor allem den praktischen Anforderungen der Anwender gerecht werden.

Technologie, die aus realen Anforderungen entsteht

Seit der Gründung verfolgt Qaiyo einen klaren Ansatz: Wir entwickeln keine Produkte für den Katalog, sondern Lösungen für reale Herausforderungen unserer Kunden.

Viele innovative Produkte entstehen direkt aus Kundenprojekten. Statt auf starre Standards zu setzen, arbeiten wir eng mit Anwendern zusammen, analysieren ihre Anforderungen und entwickeln daraus praxistaugliche Systeme mit echtem Mehrwert.

Die Einsatzgebiete reichen von der Überwachung kritischer Infrastruktur über GNSS-Referenzstationen und RTK-Netzwerke bis hin zu hydrographischen Vermessungen, Wasserbauprojekten, Hafenanwendungen und autonomen Systemen.

iQ Radio – Die Brücke zwischen bewährter und moderner Technologie

Ein wichtiger Meilenstein in der Unternehmensentwicklung war die Einführung des iQ Radio (Abb. 1). Die Plattform wurde ursprünglich entwickelt, um Anwendern nach dem Wegfall älterer Funkmodems eine langfristige und zukunftssichere Alternative zu bieten.

Heute ist das iQ Radio weit mehr als ein klassisches UHF-Funkmodem. Die modulare Plattform unterstützt sowohl serielle Schnittstellen als auch moderne Ethernet- und UDP/IP-Kommunikation. Dank der integrierten iQ PortBridge lassen sich bestehende Systeme und moderne Sensoren nahtlos miteinander verbinden. Dadurch erhalten Kunden die Möglichkeit, bestehende Infrastrukturen weiter zu nutzen und gleichzeitig neue Technologien zu integrieren. Die Plattform wird kontinuierlich weiterentwickelt und unterstützt Anwendungen in den Bereichen Vermessung, Infrastruktur, Offshore, Wasserwirtschaft, Automatisierung und industrielle Telemetrie.

Präzise Navigation mit dem ViQtor INS

Ein weiterer Schwerpunkt von Qaiyo liegt im Bereich hochpräziser Positionierungs- und Navigationssysteme. Besonders hervorzuheben ist der ViQtor INS, eine moderne GNSS- und INS-Plattform für professionelle Anwendungen (Abb. 2).



Abb. 1: iQ Radio: eine modulare UHF-Telemetrieplattform für die professionelle Datenkommunikation

Der ViQtor kombiniert ein Multiband-GNSS-System mit einem leistungsfähigen inertialen Navigationssystem (INS). Dabei verarbeitet das System Signale von GPS, Galileo, GLONASS, BeiDou, QZSS und weiteren Satellitensystemen. RTK-Korrekturen ermöglichen Positionierungsgenauigkeiten im Zentimeterbereich. Gleichzeitig sorgt die integrierte Trägheitsnavigation dafür, dass Position, Geschwindigkeit und Lage auch dann zuverlässig bestimmt werden können, wenn GNSS-Signale zeitweise gestört oder abgeschattet werden.

Gerade in anspruchsvollen Arbeitsumgebungen wie Häfen, entlang von Kaimauern, unter Brücken, im Offshore-Bereich oder in urbanen Gebieten mit starken Reflexionen bietet diese Technologie entscheidende Vorteile. Der ViQtor wurde speziell für Anwendungen in der Hydrographie, im Wasserbau, im Offshore-Sektor, für Maschinensteuerungen sowie für autonome Fahrzeuge entwickelt. Dabei stehen verschiedene Kommunikationswege wie 4G, Ethernet, WiFi, Bluetooth und optional UHF-Funk zur Verfügung.

Robuste Computerlösungen für den Außeneinsatz

Aus den Anforderungen zahlreicher Kunden entstand außerdem die Produktfamilie iQ Guardian. Diese robusten Tablets und Industrie-Laptops wurden speziell für Anwender entwickelt, die in anspruchsvollen Umgebungen arbeiten und dennoch auf moderne Computertechnik angewiesen sind.

Anders als viele Standardgeräte verfügen die Systeme weiterhin über wichtige industrielle Schnittstellen wie RS-232, Ethernet und USB. Dadurch lassen sich Vermessungssysteme, Sensoren, Maschinensteuerungen und Kommunikationsgeräte direkt integrieren. Die Kombination aus robuster Bauweise, moderner Leistung und praxisgerechter Konnektivität macht die Geräte zu wertvollen Werkzeugen für Vermesser, Servicetechniker und maritime Anwender.

HydroSound – Hydrographie einfach gemacht

Neben Kommunikations- und Positionierungslösungen entwickelt Qaiyo auch Produkte für hydrographische Anwendungen. Ein Beispiel hierfür ist das HydroSound 200, ein kompaktes Echolotssystem für Vermessungsboote, Arbeitsboote und autonome Plattformen.

Das System kombiniert einen 200-kHz-Sensor mit einer kompakten Controller-Einheit und ermöglicht präzise Tiefenmessungen bei einfacher Installation. Dank der robusten Bauweise und der drahtlosen Bedienmöglichkeiten eignet sich die Lösung besonders für Gewässervermessungen, Wasserstraßenprojekte, Hafenanwendungen und Baggerarbeiten.



Eigene Entwicklung für maximale Flexibilität

Ein wesentlicher Bestandteil der Unternehmensphilosophie ist die eigene Entwicklung von Kommunikationssystemen, Antennen, Zubehör und kundenspezifischen Erweiterungen. Dadurch kann Qaiyo flexibel auf individuelle Anforderungen reagieren und Lösungen anbieten, die mit Standardprodukten oft nicht realisierbar sind.

Anstatt Produkte für den Massenmarkt zu entwickeln, konzentriert sich das Unternehmen auf Projekte, bei denen Zuverlässigkeit, Präzision und langfristige Verfügbarkeit im Mittelpunkt stehen. Die Kunden profitieren dabei von kurzen Entscheidungswegen, technischer Kompetenz und direktem Kontakt zu den Entwicklern.

Europäisch denken, international wachsen

Der Name Qaiyo stammt vom japanischen Wort Kaiyō und bedeutet »Ozean«. Dieser Name steht sowohl für die enge Verbindung zur maritimen Welt als auch für die internationale Ausrichtung des Unternehmens.

Heute unterstützt Qaiyo Kunden in ganz Europa mit innovativen Lösungen für Kommunikation, Navigation und Datenerfassung. Unabhängig davon, ob es sich um kritische Infrastruktur, Offshore-Anwendungen, Vermessungsprojekte oder autonome Systeme handelt: Das Ziel bleibt stets dasselbe – zuverlässige Technologie bereitzustellen, die Anwendern hilft, ihre Arbeit effizienter, sicherer und präziser zu erledigen.

Qaiyo – Connecting Technology. Enabling Precision. Creating Possibilities. //



Abb. 2: ViQtor INS: Integrierte GNSS- und Trägheitsnavigation für raue Einsatzbedingungen

Warum ist die Intergeo interessant?

Ein Beitrag von PETER DUGGE

Das *Journal of Applied Hydrography – Hydrographische Nachrichten* war Medienpartner der Intergeo. Unser Redakteur Peter Dugge hat die Veranstaltung in München besucht. Im Gepäck hatte er einige Fragen aus Sicht der Hydrographie.

The Journal of Applied Hydrography – Hydrographische Nachrichten was a media partner of Intergeo. Our editor, Peter Dugge, attended the event in Munich. He had a number of questions to ask from a hydrographic perspective.

Autor

Peter Dugge ist Mitglied der HN-Redaktion und arbeitet bei TKMS Atlas Elektronik in Bremen als Entwicklungsingenieur.

peter.dugge@dhg.de

Die Hydrographie ist mit ihren Teilgebieten der Gewässervermessung und der hydrographischen Kartografie ein hochspezialisiertes Teilgebiet der Vermessungs- und Geoinformationswissenschaften. Wegen ihrer geringen Größe ist sie darauf angewiesen, aus dem übergeordneten, sehr viel größeren Potenzial der allgemeinen Vermessung und Kartografie Nutzen zu ziehen – sowohl hinsichtlich des personellen Nachwuchses als auch hinsichtlich des Interesses von Anbietern von Dienstleistungen und Produkten. Vielleicht bietet die Intergeo ja einen Ansatz für diesen Austausch.

Ist die Hydrographie auf der Intergeo sichtbar?

Beim Rundgang über die Messe springt die Vielzahl an ausgestellten Uncrewed Surface Vehicles (USV) und mit hydrographischen Sensoren ausgerüsteten Uncrewed Aerial Vehicles (UAV) ins Auge. Auch gibt es im Ausstellerverzeichnis einen Suchfilter mit der Einstellung »Hydrographie/Maritime Solutions«, von dem immerhin 42 Aussteller Gebrauch gemacht haben. Ferner gibt es im Vortragsprogramm zwei Sessions mit Vorträgen zu Themen der Hydrographie.

Die DHyG ist mit einem Stand auf dem Verbändepark vertreten. Eine engagierte, junge Besatzung präsentiert den Verein (siehe Bild). Das Titelbild der letzten HN-Ausgabe ist an den Zeitschriftenständen zu sehen. Dass es sich nur um eine kleine Fachzeitschrift handelt, fällt zwischen den 34 anderen, meist sehr viel größeren Publikationen, die auf der Intergeo im Rahmen der Medienpartnerschaft ausliegen, nicht auf.

Was ist am Ausstellungsprogramm für die Hydrographie interessant?

Viele Anbieter bieten Lösungen für den Land-Wasser-Übergang an. Das sind sowohl UAVs mit LiDAR als auch USVs mit hydroakustischer Ausrüstung. Außerdem gibt es Dienstleistungen zur Erfassung von Talsperren, in Gewässern stehenden Brücken und Hafeninfrastrukturen. Besonders interessant ist der Ansatz der TU Clausthal zur Erfassung der Über- und Unterwasseranteile von unterirdischen Gewässerstollen.

Manche der ausgestellten Produkte sind vermutlich vorrangig für die Herausforderungen bei der Erfassung von Landflächen gedacht, sie lassen sich jedoch genauso für die Erfassung von Gewässern einsetzen (GNSS receiver for harsh environments, INS, Heading Devices) – das sind ideale Beispiele dafür, wie die (kleine) Hydrographie von Entwicklungen für die (große) Geodäsie profitieren kann.

Was lässt sich aus hydrographischer Sicht zum Vortragsprogramm sagen?

Vier Vorträge stechen hervor: Im ersten Vortrag geht es um die »Validierung der Satellitenaltimetrie zur Erkennung von Sturmfluten in Küstengebieten«, im zweiten um die »Evaluierung der Wellendämpfung an Korallenriffen mittels ESA Sea State CCI und SWOT-Interferometrie-Altmetrie« (beide Vorträge von Mitarbeiterinnen des Deutschen Geodätischen Forschungsinstituts der TU München). Es folgen »Ein dynamischer graphneuronaler Ansatz zur Wasserdetektion in SWOT-Pixel-Clouds« (ETH Zürich) und in einer weiteren Session »GNSS-Denied 3D mapping with Uli system and Navi-LiDAR on a floating multi-sensor system« (TU Clausthal).

Die Sessions sind ausgewogen, die hydrographischen Themen sind einigermaßen konzentriert zusammengefasst, es gibt aber auch andere Themen, sodass sowohl für Hydrographen als auch für Nicht-Hydrographen etwas dabei ist. Überhaupt ist das Publikum, was Alter und Berufserfahrung anbelangt, gut durchmischt. Doch der Nachwuchs hört nicht nur zu, sondern auch der Anteil der jungen Vortragenden ist hoch. Dieses hohe berufliche Engagement des Nachwuchses zeigt das Potenzial für die Hydrographie. //

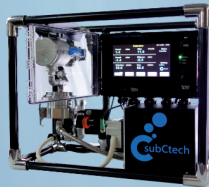


Ocean Power & Monitoring

Transform into the cost-efficient and sustainable future



OceanPack™
Underway



Racing

SOCAT
ready



pCO₂ optical Analyzer

GHG Monitoring

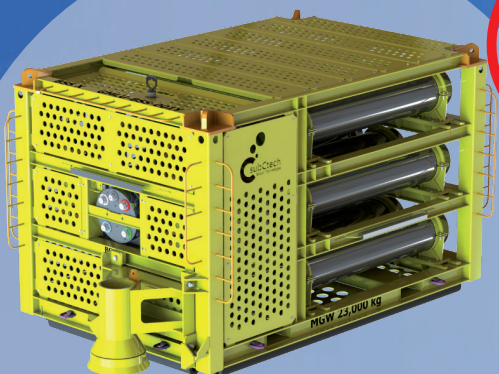
Modular, easy to use and reliable
monitoring incl. pCO₂ and Microplastic

Subsea Li-Ion Batteries

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

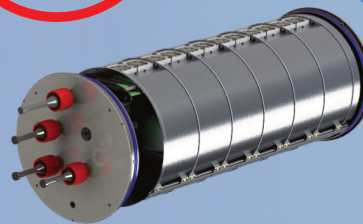


Standard Batteries



Energy Storage &
UPS Systems

API17F
Offshore
certified



Vehicles

Drei Tage Hydrographie zwischen Innovation und Nachhaltigkeit

38. Hydrographentag in Lübeck-Travemünde

Ein Beitrag von RAPHAELA FRIND

Für ihre Masterarbeit an der Hochschule für Technik und Wirtschaft (HTW) in Dresden wählte Raphaela Frind ein Thema, bei dem sie erstmals mit der Hydrographie in Kontakt kam. Sie beantragte die Mitgliedschaft in der DHyG und bewarb sich für eine Förderung, um am Hydrographentag in Travemünde teilnehmen können. Als Dank für die Förderung schildert sie ihre Eindrücke von der Veranstaltung in diesem Bericht.

Hydrographentag | Nachhaltigkeit | Nachwuchsförderung | DHyG Student Excellence Award
Hydrographentag | sustainability | supporting the next generation | DHyG Student Excellence Award

For her Master's thesis at the Dresden University of Applied Sciences (HTW), Raphaela Frind chose a topic that introduced her to hydrography for the first time. She applied for membership of the DHyG and asked for a grant so that she could take part in the conference »Hydrographentag« in Travemünde. As a token of her gratitude for the grant, she shares her impressions of the event in this report.

Autorin

Raphaela Frind studiert
Geoinformatik an der HTW in
Dresden.

raphaela.frind2@stud.htw-dresden.de

»Hydrographen – Gewässerkenner mit Gewässerwissen« steht auf dem Aufsteller der DHyG. Die Sonne scheint bei angenehmen 25 Grad Celsius auf dem Priwall an der Ostsee. Eine Fähre auf dem Weg nach Finnland fährt hinter der Viermastbark *Passat* vorbei. Teilnehmende aus Wirtschaft, Forschung, Universitäten und Ämtern treffen am Tagungsort ein. Am Kai stehen die Stände der Firmenausstellung. Autonome Wasserfahrzeuge und Vermessungsboote treiben im Hafenbecken.

Vom 23. bis zum 25. Juni 2026 fand der Hydrographentag der DHyG wieder zusammen mit einem DVW-Seminar statt, dieses Jahr in Travemünde an der Ostsee. Drei Tage mit spannenden Vorträgen, Diskussionen und Gesprächen mit Ausblick direkt auf das Meer zum Thema »Hydrographie im Kontext der Nachhaltigkeit« luden zum Austausch ein oder – in meinem persönlichen Fall – zum intensiven Kennenlernen dieses Gebietes. In sechs Sessions zu verschiedensten Themenbereichen wurden Potenziale, Herausforderungen und aktuelle Entwicklungen beleuchtet und damit die Vielfalt der Branche unterstrichen. Einer Branche, die, laut einem der Vortragenden, von anderen Wissenschaften nicht immer gesehen wird. Zu Unrecht, wie mir der diesjährige Hydrographentag als Neueinsteigerin gezeigt hat.

Tag 1

Eröffnet wurde die Veranstaltung am Dienstag durch Dr.-Ing. Patrick Westfeld, Leiter des Referats F&E in Hydrographie und Geodäsie beim BSH in Rostock. Anschließend Grußworte kamen von

Thomas Dehling, zu dem Zeitpunkt noch 1. Vorsitzender der DHyG, sowie vom DVW-Vizepräsidenten Prof. Dr.-Ing. Christian Hesse. Im folgenden Vortrag beleuchtete Prof. Dr.-Ing. Harald Sternberg neben theoretischen Grundlagen vor allem den gesellschaftlichen und wirtschaftlichen Nutzen der Hydrographie. Es geht um weit mehr als nur die Tiefenmessung, denn Hydrographie sichert neben der Navigation auch eine nachhaltige Nutzung der Meere. So werden zwar keine Entscheidungen geliefert, aber doch die Grundlage dafür – regional, national und international.

Abgeschlossen wurde die Einführungssession durch die Vorträge der beiden Gewinner des DHyG Student Excellence Award. Ein wichtiges Ziel der Deutschen Hydrographischen Gesellschaft ist die Nachwuchsförderung von Studierenden. Darunter fällt auch die jährliche Verleihung dieses Preises für herausragende Studienleistungen. Beide Abschlussarbeiten ermöglichten einen Eindruck davon, wozu KI und Deep Learning im Zusammenhang mit automatischer Segmentierung von Bauteilen unter Wasser bzw. Detektion von Quarzitblöcken im Rhein fähig sind.

Genau dieser Gedanke, dass der Hydrograph der Zukunft nicht mehr nur Daten interpretiert, sondern komplexe vernetzte Sensorsysteme bewertet, zog sich nahtlos weiter durch die Session 1 mit dem Titel »Zukunft gestalten«. Geomar, BKG und Fraunhofer IGD gestalteten den Nachmittag mit spannenden Beiträgen zur Nachhaltigkeit. Es wurden transdisziplinäre Projekte zum gesunden Ozean und das Spannungsfeld »Geodaten« vorge-

stellt. Diese können zum Sicherheitsrisiko werden, gerade bei sensiblen Themen, und es muss verhindert werden, dass eine nichtautorisierte Nutzung stattfindet. Dies stellt im Zusammenhang mit Open Data eine Kontroverse dar, die in Zukunft gelöst werden muss. Ein weiteres Thema, welches während der gesamten Veranstaltung präsent war, ist die rasante Entwicklung der Technologien in den vergangenen Jahren. Um das Unsichtbare sichtbar zu machen, werden in Zukunft kompakte, autonome Systeme eine immer größere Rolle spielen und durch den gezielten Einsatz von Expertenwissen ergänzt.

Bei einem Icebreaker in der Firmenausstellung – nach kurzer Vorstellung aller Ausstellenden – fand bei Getränken und Snacks ein reger Austausch statt. Mit Aussicht auf die Trave konnte der Sonnenuntergang genossen werden – immer die Zeit im Blick bis zur letzten Fähre für alle, die in Travemünde oder Lübeck übernachteten.

Tag 2

Am zweiten Tag startete mit Kaffee Session 2 mit Beiträgen zum Umweltmonitoring. Es wurden Projekte vorgestellt, bei denen GNSS, Fernerkundung und mobile Plattformen unterstützend eingesetzt werden, um wissenschaftliche Fragestellungen zu bearbeiten und den Bedarf an hochau aufgelösten Echtzeitdaten zu decken. In den vielfältigen Einsatzfeldern sorgen hydrographische Daten für neue Perspektiven, etwa wenn sie zusammen mit

Drohnen flexibel und unabhängig zur maritimen Notfallversorgung beitragen.

Der Bedarf an Echtzeitdaten wurde auch nach der Frühstückspause in Zusammenhang mit dynamischen Seekarten in der dritten Session vertieft. Neben dem Übergang zur Nutzung von S-101-Karten und der Integration von Datendiensten für eine nachhaltigere und effizientere Aktualisierung stellten BfG und FGeoWSV vor, wie Tiefeninformationen in Karten im Binnengewässerbereich inkludiert werden können. Im Blick dabei sind immer auch die Ansprüche der Schifffahrt. Aufbauend darauf präsentierte ESRI methodische Ansätze, um ein automatisiertes und interaktives Echtzeitmonitoring von Schiffen umzusetzen. Der vorgestellte Ansatz kann dabei als Grundlage für unzählige weitere Monitorings dienen.

Die vierte und letzte Session des Tages zeigte besonders eindrucksvoll, dass die Hydrographie ein enormes Anwendungsspektrum besitzt. Für das Monitoring von Brücken und Schleusen wurden Projekte vorgestellt, bei denen mittels Satelliten die Datenerhebung direkt dort stattfindet, wo und für wen sie gebraucht wird. Als Grundlage für Bauwerksprüfungen können wiederum verschiedene Methoden direkt vor Ort zur präzisen Realitätsaufnahme verwendet werden. So kann die Lebensdauer von Bauwerken verlängert werden. Als dritter Anwendungsfall in der Ingenieurgeodäsie wurde die effektive Gestaltung von Inspektionen unter Wasser mittels USV-gestützten Plattformen



Die Teilnehmer am Hydrographentag in Travemünde, im Hintergrund die *Passat*



vorgestellt. Dies ermöglicht nicht nur effizientere Durchführungen, sondern auch eine erhöhte Sicherheit für die Crew, da diese nicht mehr zwingend vor Ort sein muss. Diese Sicherheit ist auch im Bereich der Sturmflutabarbeitung unersetzlich.

Nach der Session fand für alle DHyG-Mitglieder die jährliche Mitgliederversammlung statt. Dieses Jahr wurden dabei Beirat und Vorstand neu gewählt. Dabei verabschiedete sich Thomas Dehling aus dem Vorstand und trat nicht erneut zur Wahl an.

Parallel und auch im Anschluss an die Mitgliederversammlung bestand die Möglichkeit, das Schiff zu besichtigen, welches beim Blick aus dem Fenster bereits die gesamte Zeit präsent war: die Viermastbark *Passat*. Als einer der legendären Flying P-Liner aus der Werft Blohm & Voss umrundete sie ab Stapellauf 1911 39-mal Kap Hoorn. Seit 1960 liegt sie als Museumsschiff in Travemünde vor Anker und verzaubert ihre Besucher. Das Schwesterschiff *Peking* liegt in Hamburg – ein Besuch lohnt sich definitiv, nicht nur wegen des beeindruckenden Laderaums, sondern auch wegen der freundlichen Gästeführer an Bord, die das Schiff mit ihrem Wissen und alten Geschichten noch einmal zum Leben erwecken.

Der Abend wurde mit einem umfangreichen Buffet, Gesprächen und lustigen Geschichten beendet. Mir sagte jemand, es sei jedes Jahr wie eine

Klassenfahrt. Und obwohl dies mein erstes Jahr war, kann ich dem nur zustimmen.

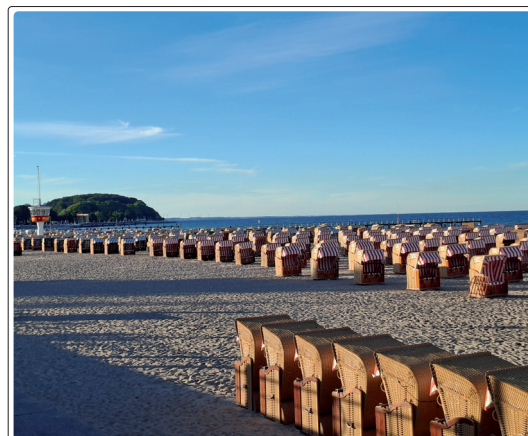
Tag 3

Am letzten Morgen herrschte schon unterschwellig leichte Aufbruchstimmung – viele Teilnehmende sind bereits mit Koffern zu den letzten beiden Sessions gekommen. Aber auch diese Vorträge ließen für die nächsten Stunden durch Innovationskraft und spannende Inhalte die kommende Heimreise vergessen.

In der fünften Session zu Smart Ports stellten die Vortragenden verschiedene Projekte zur Weiterentwicklung im Hafenbereich vor. So soll beispielsweise die Nachhaltigkeit in der Hafeninfrastruktur durch Datenerfassung und -integration in der Cloud und im digitalen Zwilling gesteigert werden. Gleichzeitig könnten so ressourcenintensive Neubauten vermieden werden. Zur Verbesserung des Potenzials bei vernetzter, autonomer Schifffahrt wurde eine hochgenaue Seekarte vorgestellt, welche auch effizient auf andere Branchen angewendet werden könnte. Eine Verbesserung von Interoperabilität und Datenaustausch zwischen allen Akteuren im Hafen mittels Port Call Optimization kann die Nachhaltigkeit bei Datenerhaltung und -nutzung verstärken.

Einen gelungenen Abschluss der Veranstaltung bot die letzte und damit sechste Session zu Unterwasserhabitaten; sie eröffnete damit noch ein weiteres neues Anwendungsgebiet. Ob in Binnengewässern, Flüssen, klaren Bergseen, in der Tiefsee oder rund um Deutschlands einzige Hochseeinsel: Mittels Laserbathymetrie, Fächerecholot, Multispektraldaten, Drohnen oder Flugzeugen wird auch in diesem Bereich der Hydrographie Nachhaltigkeit und Effizienz erreicht – durch die Zusammenarbeit verschiedener Fachgebiete sowie durch den Einsatz unterschiedlicher Methoden und Werkzeuge. Ziel ist dabei immer das Sichtbarmachen des Unsichtbaren, gesunde Gewässer und ein besseres Verständnis davon, wie diese Ökosysteme funktionieren.

Mein erster Hydrographentag hat mich sehr freundlich willkommen geheißen und aufgenommen. Die drei Tage waren voller neuer Erkenntnisse darüber, wie Theorie in unzähligen innovativen Projekten praktisch angewendet und weiterentwickelt wird. Hydrographie ist mehr als die Navigation und Vermessung an Bord eines Schiffes. Es hat sich gezeigt: ohne Datengrundlage ist keine sichere, nachhaltige und effiziente Nutzung der Meere möglich. Die Hydrographie stellt diese unsichtbare Grundlage für eine nachhaltige Zukunft bereit. Hydrographen sollten definitiv von anderen Wissenschaften mehr gesehen werden. Denn eine Welt ohne Hydrographie würde größere Probleme und Herausforderungen mit sich bringen, als viele ahnen. //

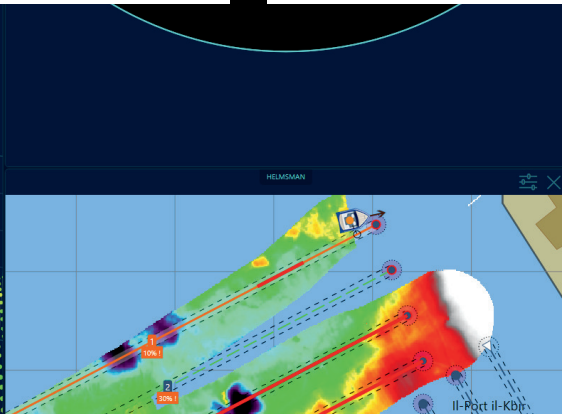
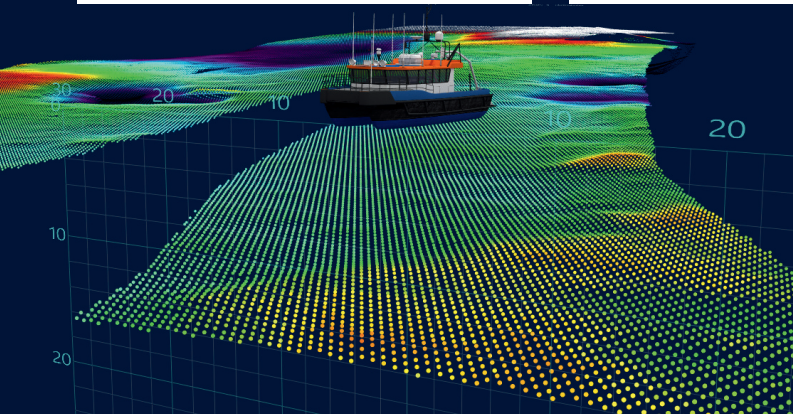


Am Strand von Travemünde

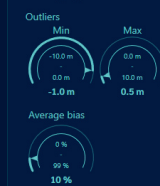


Powering Energy. Enabling Science Equipment. Expertise. Integration.

From sonars and ADCPs to crewed and autonomous survey platforms, our marine technology drives offshore energy and ocean science operations across Europe. Whether purchasing, renting, or integrating equipment, our expert team ensures fast delivery and responsive support, keeping your next project on time and on budget.



Denosing Options



Now stocking Voxometer from R3 Vox and Origin ADCP from Sonardyne
Contact our expert team today: sales@subsea-europe.com

Consulting



Ocean engineering from space into depth

Realise your projects in cooperation with our hydrographic services

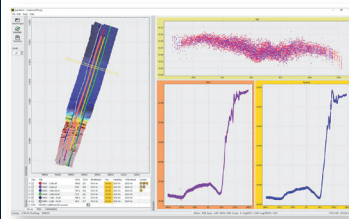
CTDs & SVPs



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.

**Acoustic
sensors**



Software

**Position and
motion sensors**



Integration