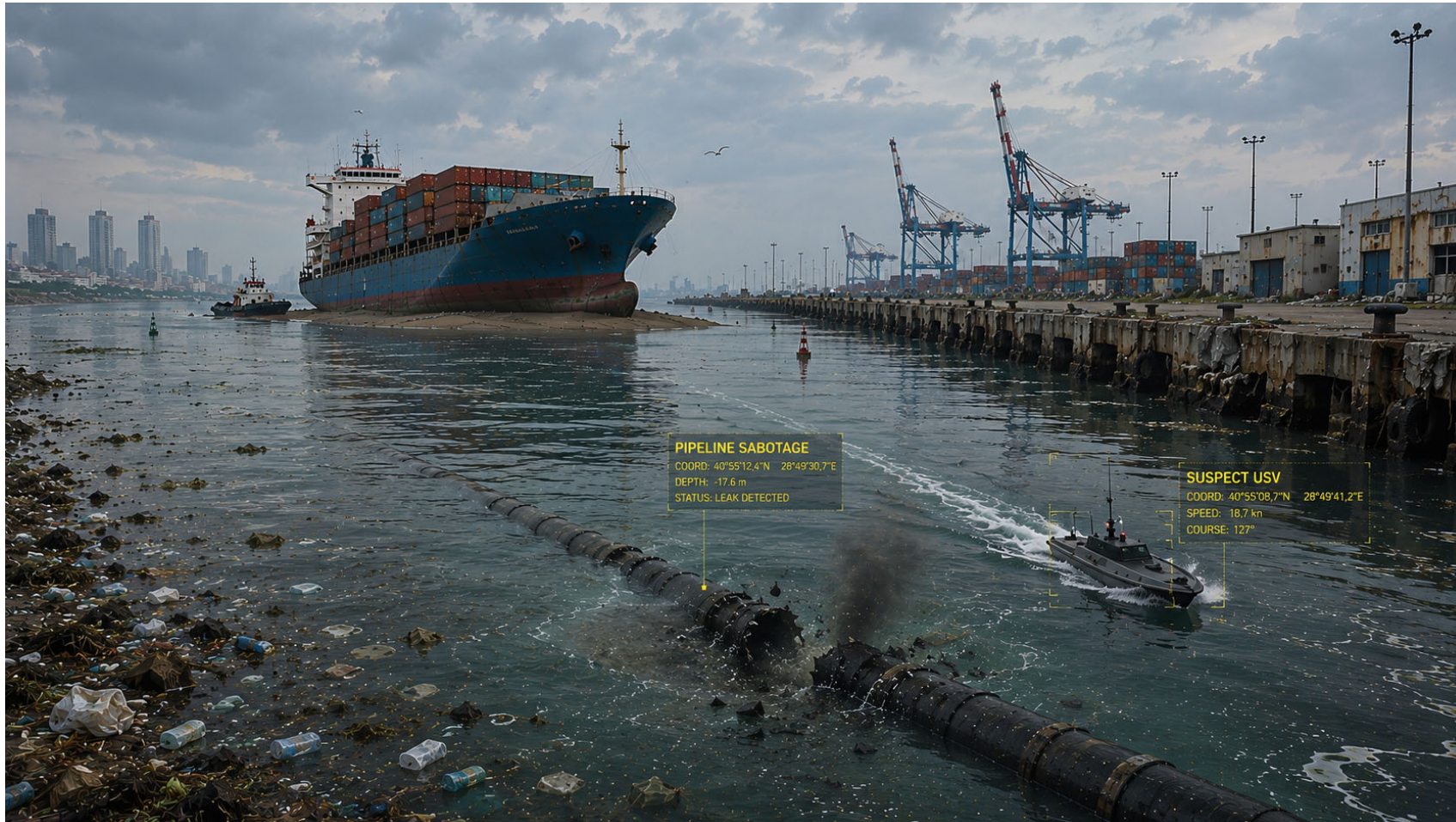


Hydrographie als Schlüsseltechnologie: Beiträge zu Sicherheit, Nachhaltigkeit und maritimer Infrastruktur

Prof. Dr.-Ing. Harald Sternberg
HafenCity Universität Hamburg

Eine Welt ohne Hydrographie

Aber mit KI – Bild erzeugt mit ChatGPT



Agenda

- 1 Grundlagen
- 2 Sensoren in der Hydrographie
- 3 Gesellschaftlicher und wirtschaftlicher Nutzen der Hydrographie
- 4 Ausblick: Automatisierung der Systeme und Auswertungen
- 5 Zusammenfassung

1. Grundlagen der Hydrographie

... mehr als Vermessung

Hydrographie umfasst weit mehr als Tiefenmessung

- Aktuelle globale Herausforderungen:
 - zunehmender Schiffsverkehr
 - Offshore-Ausbau (Wind, Kabel, Pipelines)
 - Klimawandel & Meeresspiegelanstieg
 - Hybride Bedrohungen
- Erfassung, Verarbeitung und Bereitstellung mariner Geodaten
- Vermessung und Untersuchung von Meeren, Flüssen, Seen und Küsten
- Ziel: sichere Navigation und nachhaltige Nutzung der Meere
- Basis für Sicherheit, Umwelt- und Klimaschutz
- Hydrographie als Entscheidungsgrundlage für Staat, Wirtschaft und Forschung

Grundlagen - Bathymetrie

- Insgesamt sind mittlerweile 28,7 % des weltweiten Meeresbodens kartografiert (Stand 21.4.2026)

Seabed 2030

- The Nippon Foundation- GEBCO
- Verschiedene Sensoren nicht nur MBES

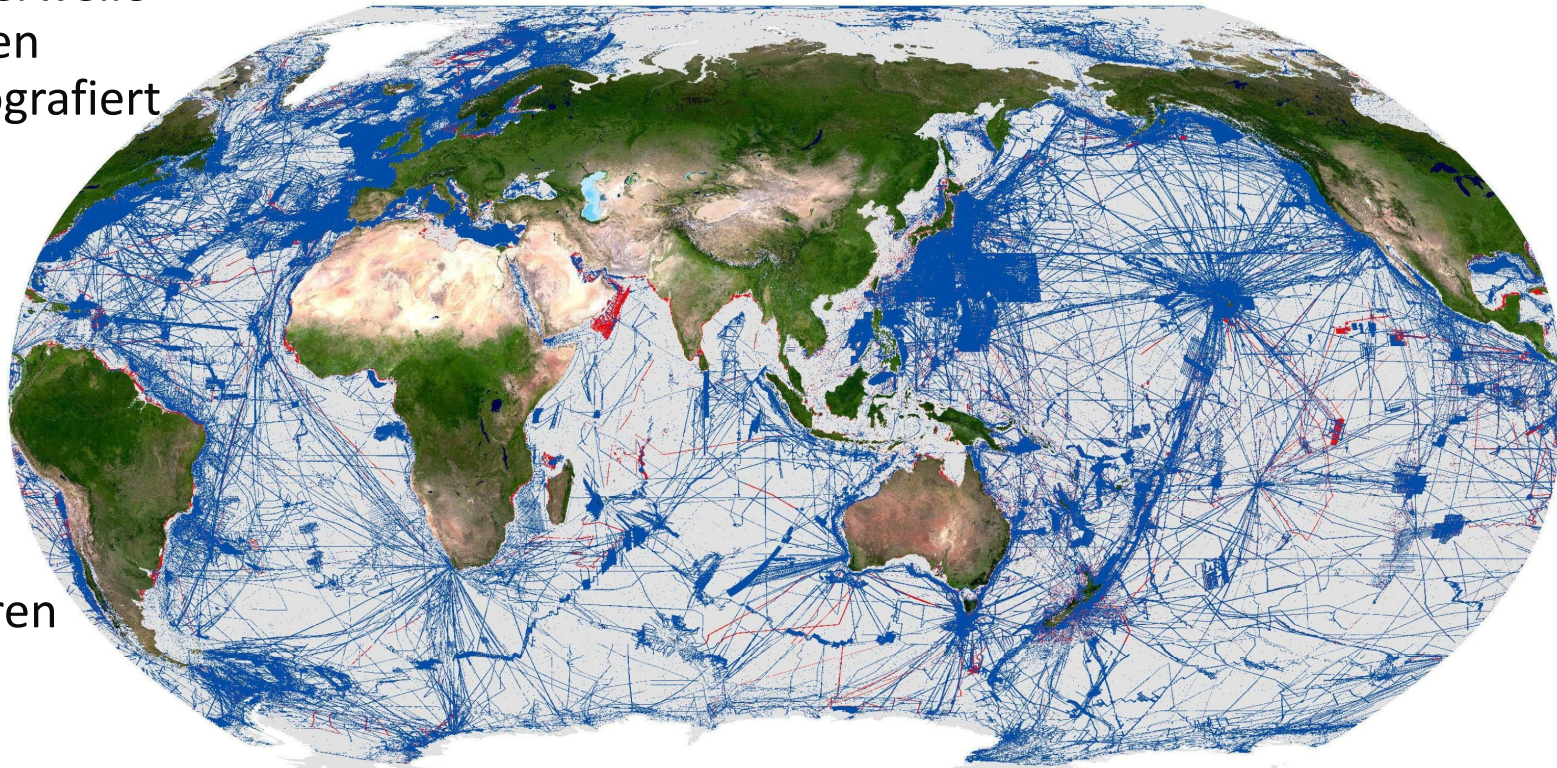


Bild: seabed2030.org

Grundlagen – mehr als Bathymetrie

- Gewässerboden
- Wassersäule
- Wasserstände
- Strömungen u.a. für Schiffahrbarkeit

Das aber nicht als Selbstzweck sondern als gesellschaftlicher oder wirtschaftlicher Nutzen....

2. Sensoren in der Hydrographie

Methoden & Technologien

- Akustische Systeme

- MBES (multifrequent, multihead, multibeam)
Mit Tiefenmessung und Rückstreuwerten
- SeitenSichtSonar



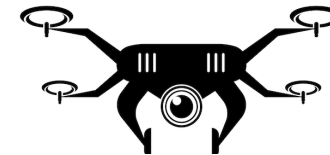
Sonar
Große
Messentfernung,
aber geringe
Auflösung

- Optische Systeme

- SDB, InSAR, Fernerkundung,
- Drohnen mit Bathymetrischen Laserscanner und / oder Kamera
- Unterwasser Photogrammetrie oder Unterwasser Laserscanner



**Airborne and Satellite
Derived Bathymetry**
Beschränkte
Tiefenmessung , aber
große Abdeckung



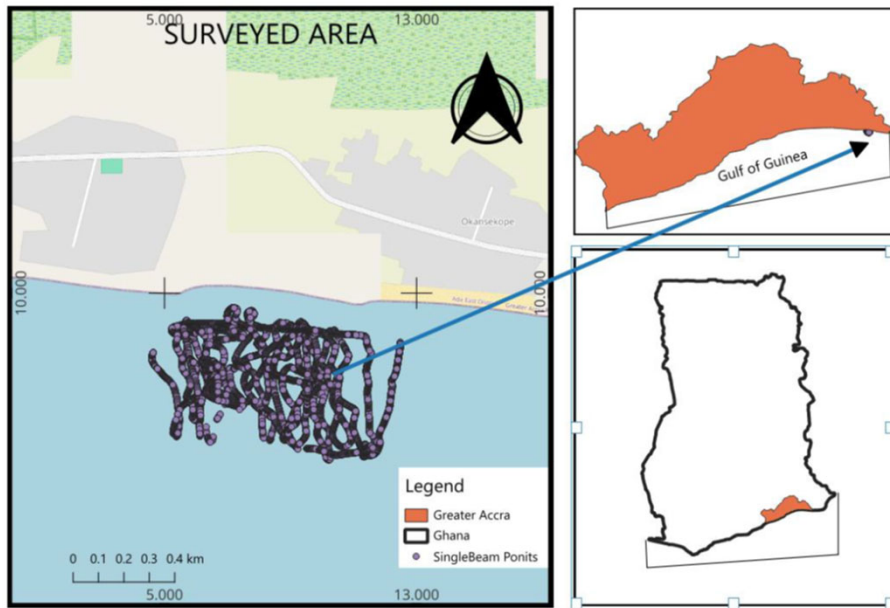
Kamera / LiDAR
Gute Auflösung
beschränkte
Reichweite

- Einsatz auf kleinen unbemannten Systemen (fliegend, schwimmend, tauchend)

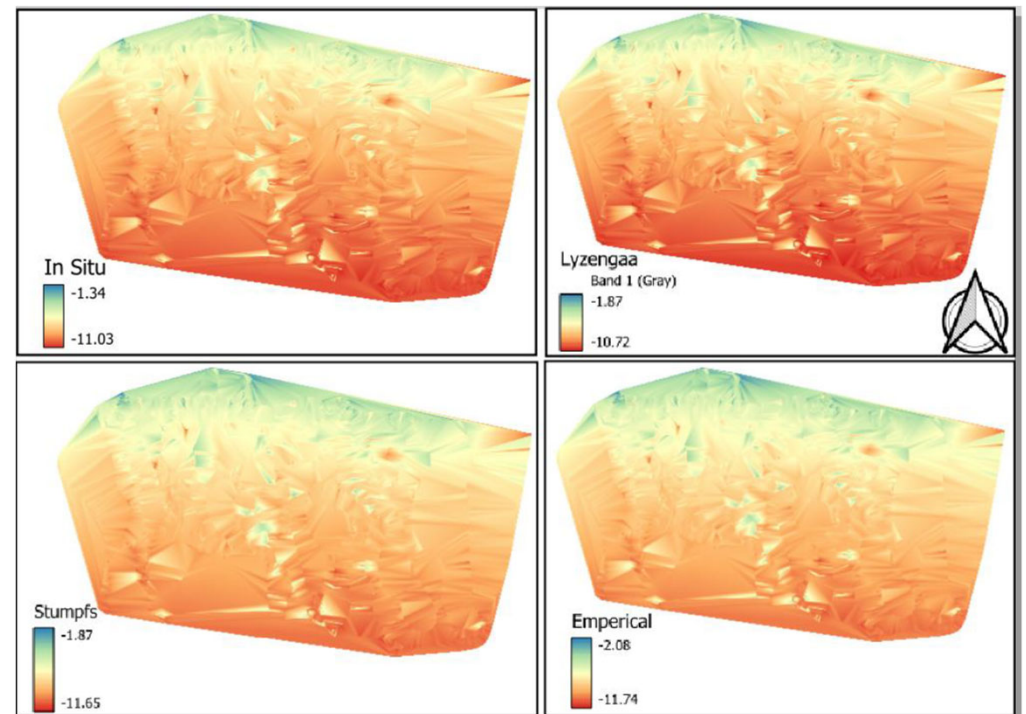
- Positionsbestimmung

- GNSS differentiell / PPP auf dem Meer / Unterwasser: ohne GNSS mit INS und Objekterkennung

Satellite Derived Bathymetry (SDB)

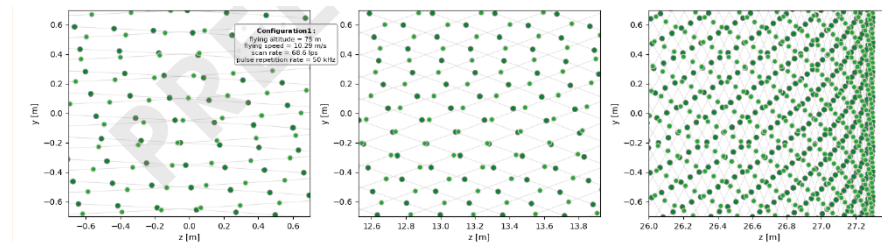
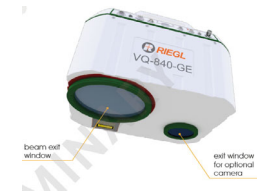
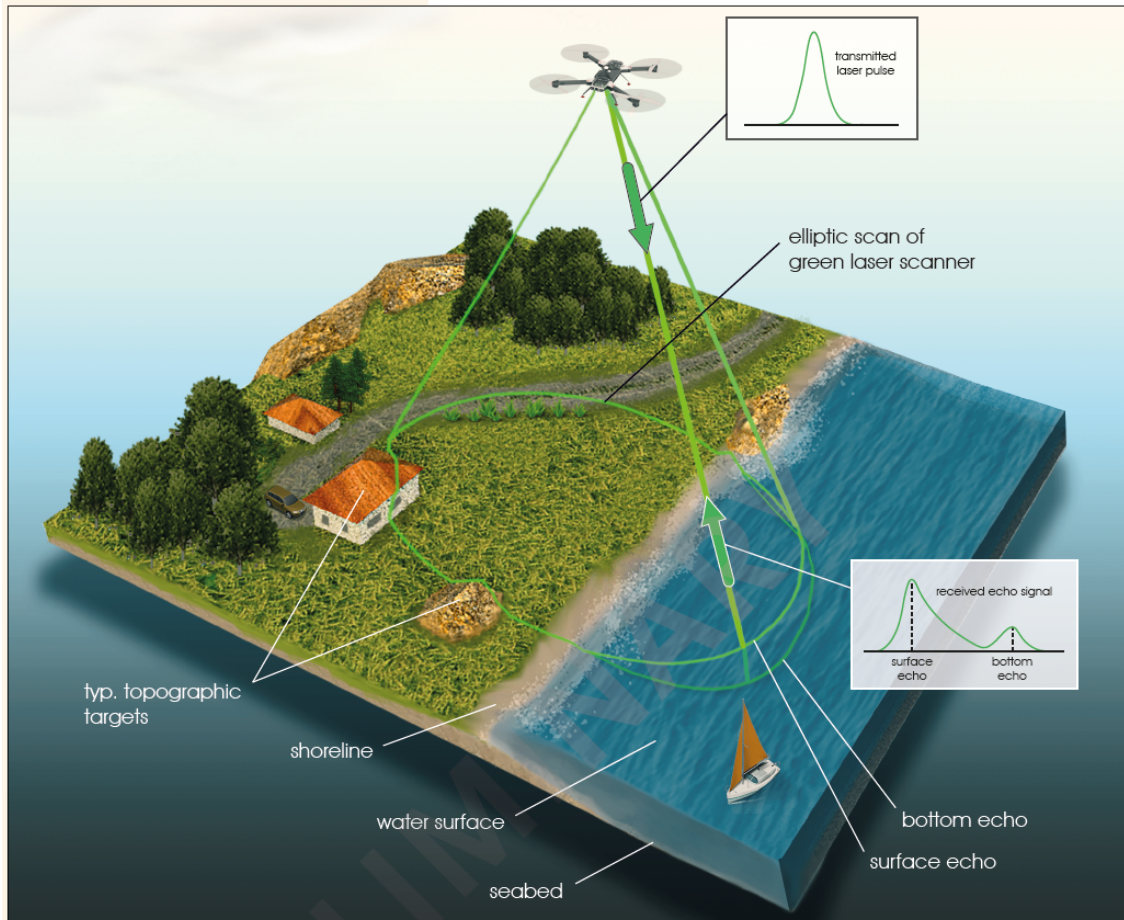


Untersuchungsgebiet in Ghana



mit verschiedenen Ansätzen erzeugte bathymetrische Karten (Master Addo, 2025)

Küstennahe Vermessung mit Airborne bathymetric scanner (ALS) und UAV

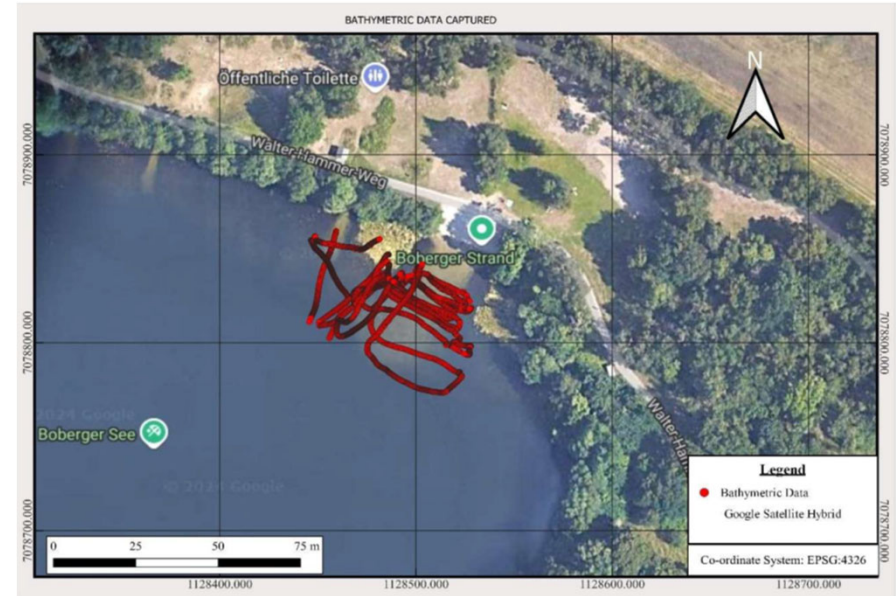


Point pattern and density for UAV applications
flying altitude 75 m, flying speed 10 m/sec, scan rate 69 lps, pulse repetition rate 50 kHz, average point density: 92 points/sqm
grey lines: scan trace on ground, green dots: points on the ground (dark green: forward look, light green: backward look)

Uncrewed Surface Vehicle (USV)

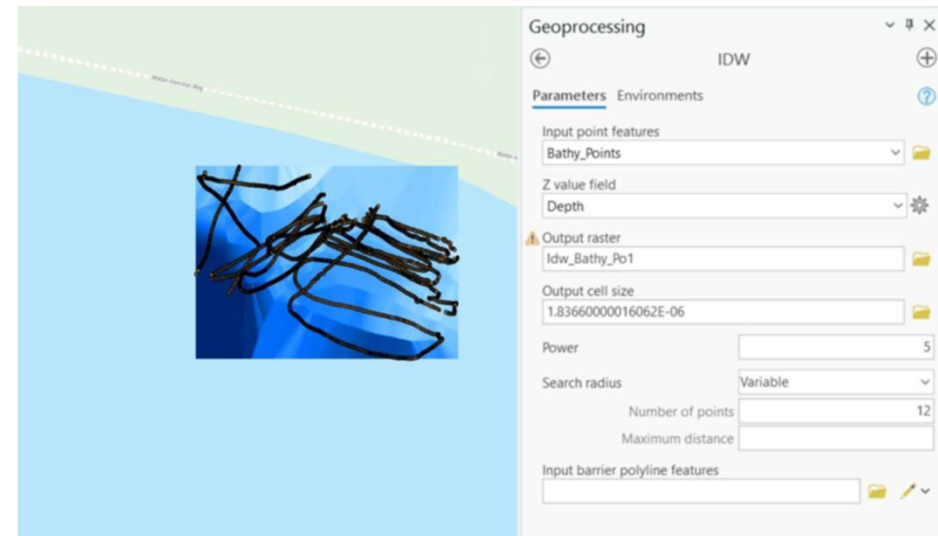


Erfasste bathymetrische Daten



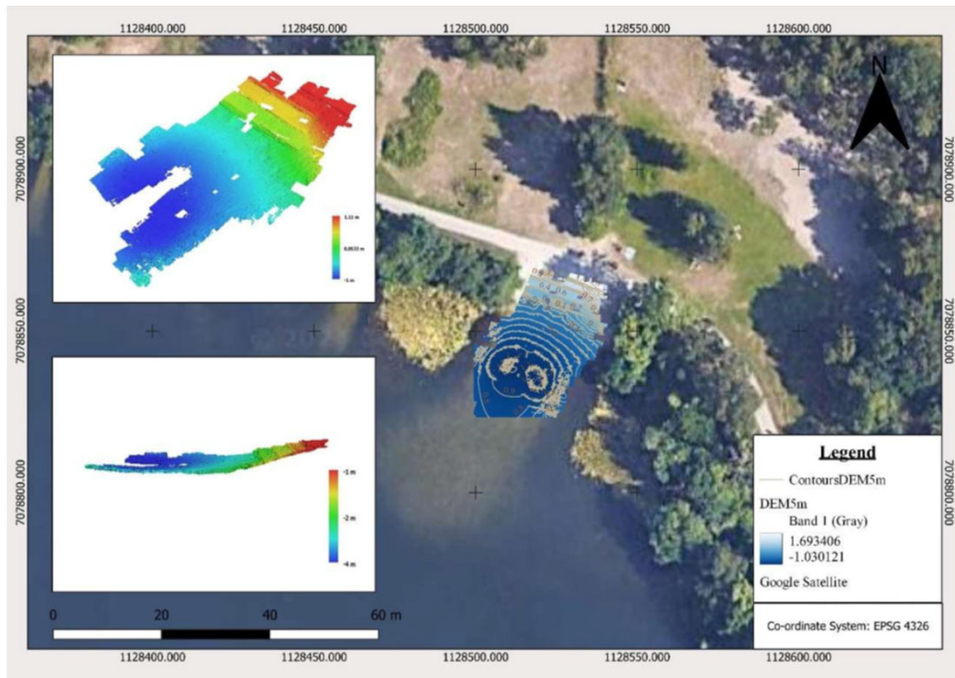
Autonomous Hydrographic Survey Vehicle (EvoLogics, 2024, Oftei-Owusu, 2025)

Höhenmodell aus den USV Daten

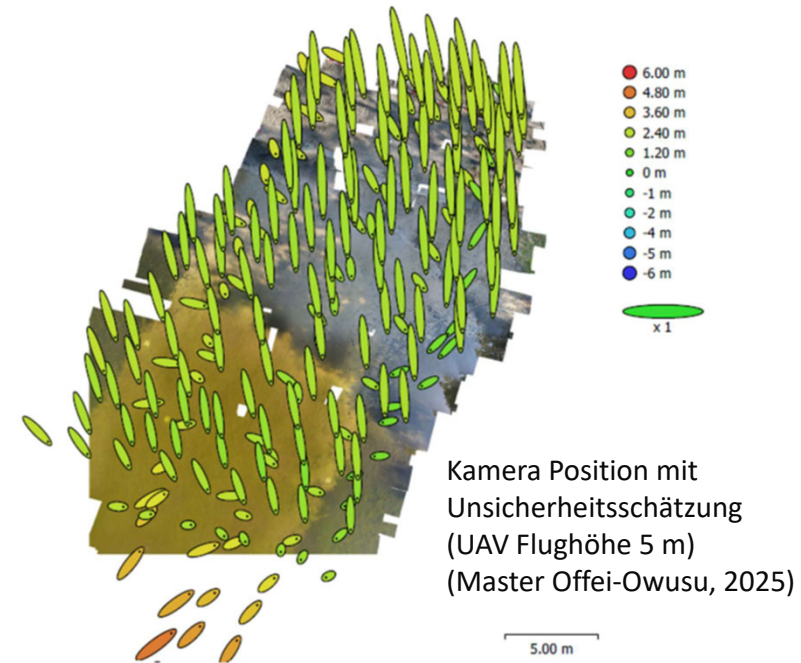


Unmaned Arial Vehicle (UAV)

DJI Mavic Air 2 (DJI, 2024)



Berechnete Punktwolke mit UAV Flughöhe 5 m (Master Offei-Owusu, 2025)



Unterwasser Photogrammetrie (mit wenig Aufwand)

Voraussetzungen



GoPro



Schnorchelausrüstung



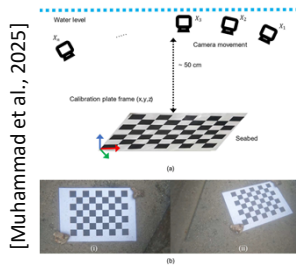
Unterwasser Objekte



Software

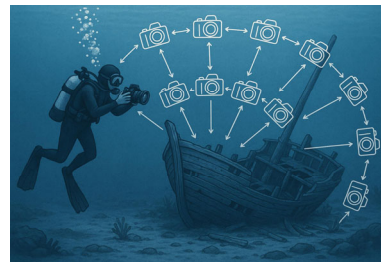
Projekt: Timo Nischik

Workflow



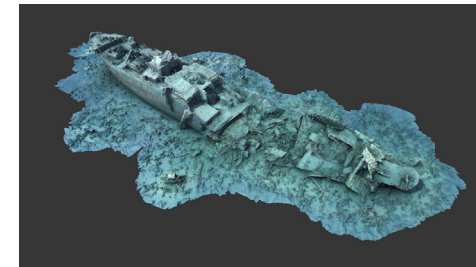
Kamera Kalibrierung

- Objektivverzerrung
- Zusätzliches Gehäuse
- Brechung



Objekt fotografieren

- Verschiedene Blickwinkel und Entfernungen
- Video oder Standbilder



3D-Modelle erstellen

- Mit entsprechender Software und leistungsstarken PC

Underwasser Laserscanning

ULi: Erste Tests auf der DVocean in der Elbe



Hydrographie als Schlüsseltechnologie – DVW / DHyG Seminar



Unterwasser Lidar

- Impulslaufverfahren
- 1-2 Secchi Sichtweite
- mm Auflösung

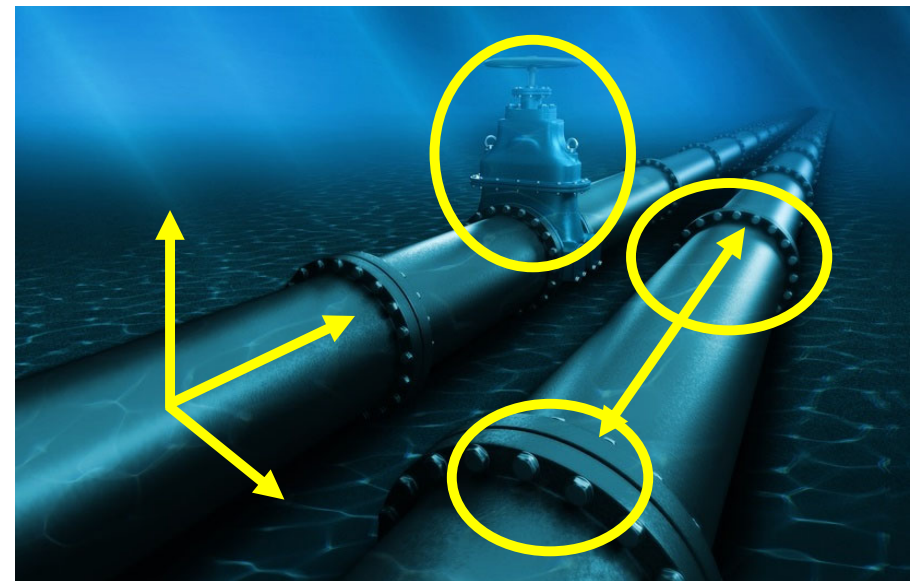
Inertiale Navigation mit Umgebungsdaten

Problem

- GNSS funktioniert nicht unter Wasser
- Inertial Navigation driftet

Lösung

- Nutzung der semantischen Umgebungsdarstellung
- A-priori-Karten
- Visuelle Odometrie
- Optimierte Wegschätzung über erkannte Rohrleitungen



Pipelines im Meer

Bild: STS Deutschland



3. Gesellschaftlicher und wirtschaftlicher Nutzen der Hydrographie

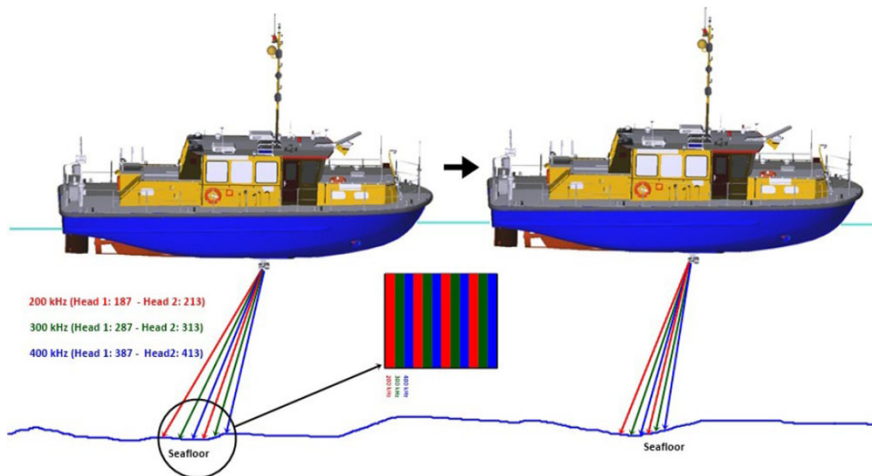
Sicherheit und Umweltschutz

Gesellschaftlicher Nutzen – Sicherheit & Navigation

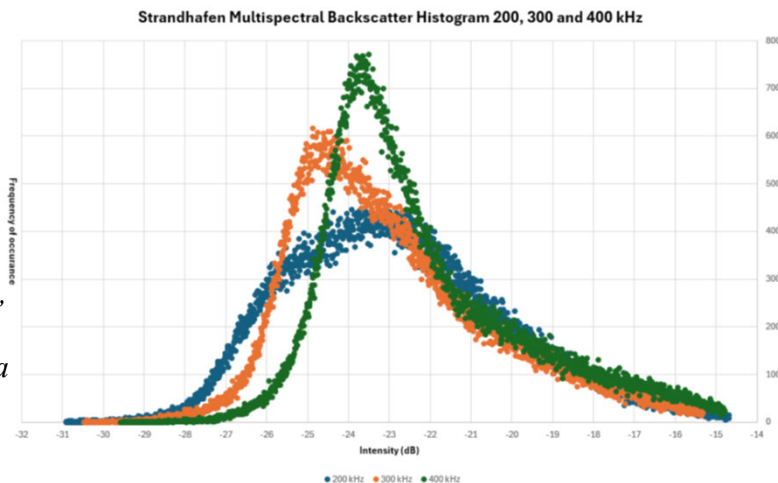
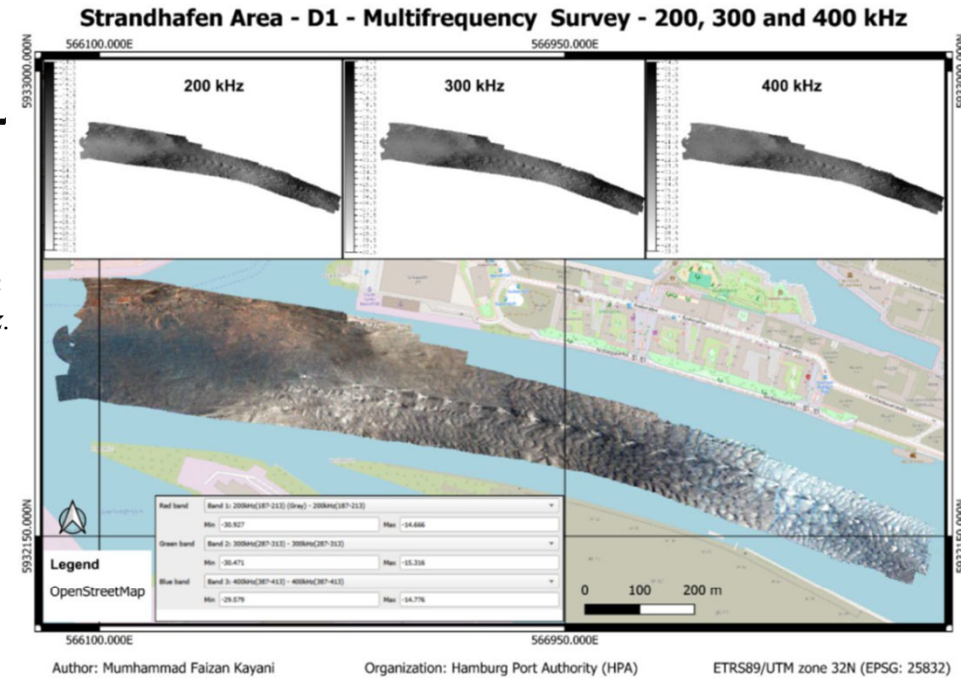
- Aktuelle und verlässliche (digitale) Seekarten aus Geoinformationssystemen mit Echtzeitdaten (Erfassung und Visualisierung)
- Auch mit kompakten Messsystemen für eine schnelle Erfassung
- Für sichere Schifffahrt und Unfallvermeidung (Reduzierung von Grundberührungen und Kollisionen, Verhinderung von Umweltkatastrophen)
- Beitrag zu SAR und maritimer Sicherheit
- Safety und Security
- Grundlage für Sturmflut- und Tsunamiwarnungen

Sichere Schifffahrt – Strömungen und Sedimentverteilung im Hamburger Hafen · Dual Head Multi frequency MBES

*Multispectral backscatter mosaic with layers 200 kHz, 300 kHz, and 400 kHz.
(Master Kayani, 2025)*

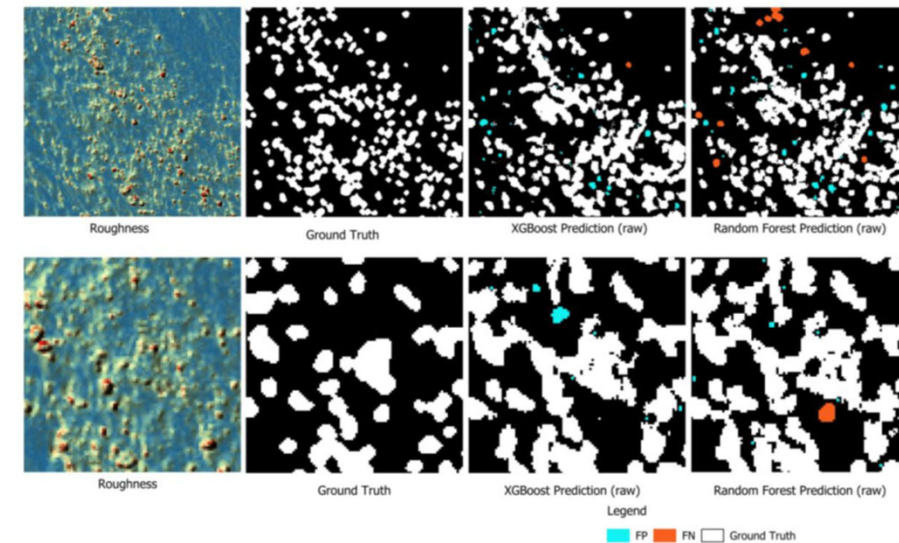
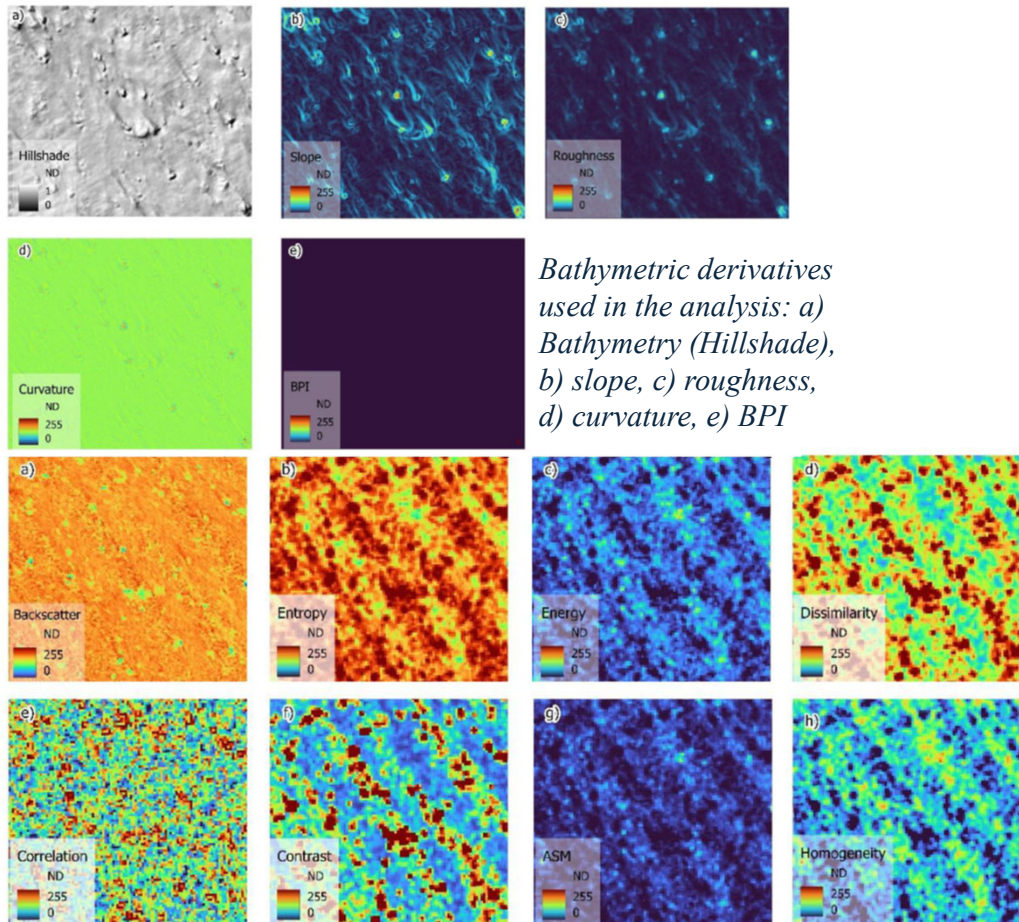


Schematic illustration of multispectral data acquisition concept from a dual-head configuration using 200 kHz (187-213), 300 kHz (287-313), 400 kHz (387-413) frequencies with D1 vessel (Modified from HPA, Master Kayani)



Histogram comparison of 200 kHz, 300 kHz, and 400 kHz backscatter mosaics layers in Strandhafen area (Blue: 200 kHz, Orange: 300 kHz, Green: 400 kHz)

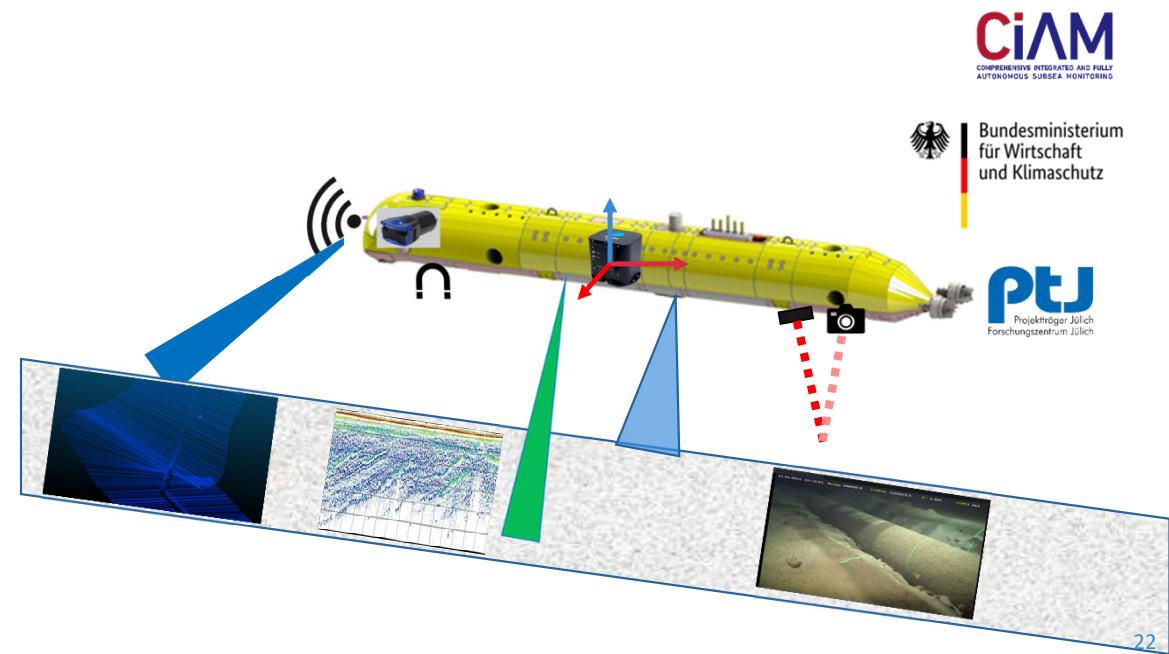
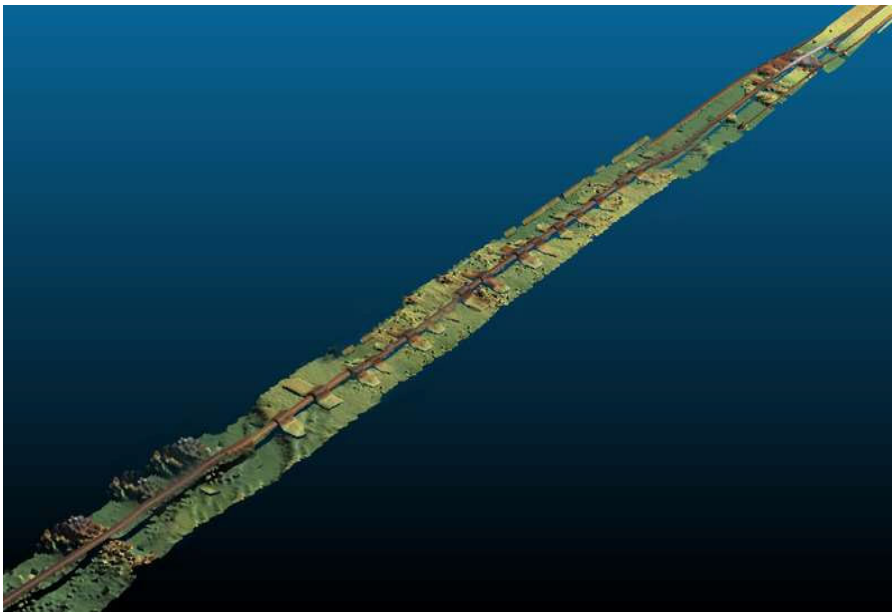
Sichere Schifffahrt – automatisierte Steinerkennung im Rhein



Gesellschaftlicher Nutzen – Maritime Infrastruktur

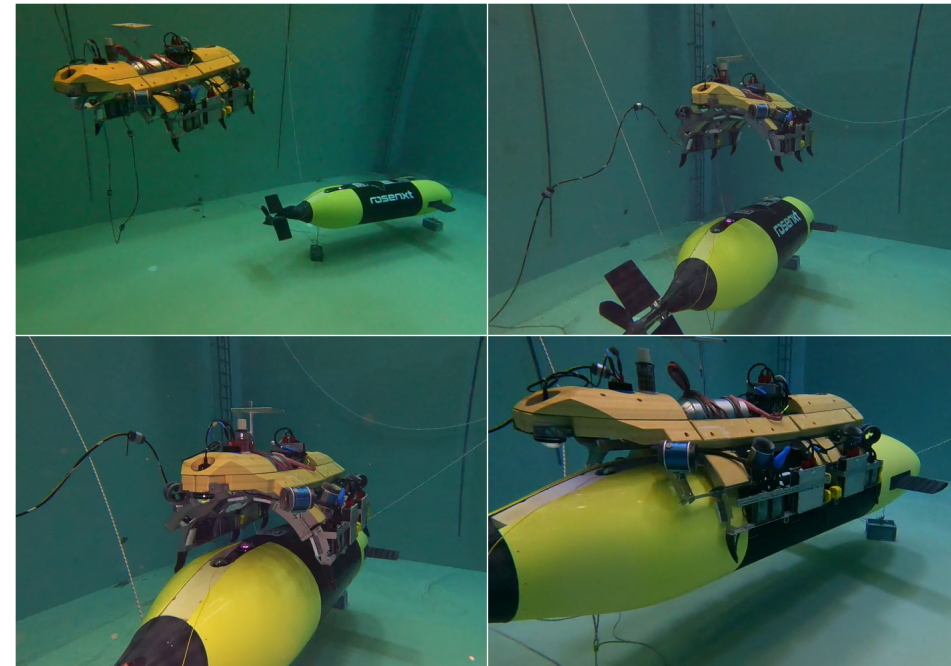
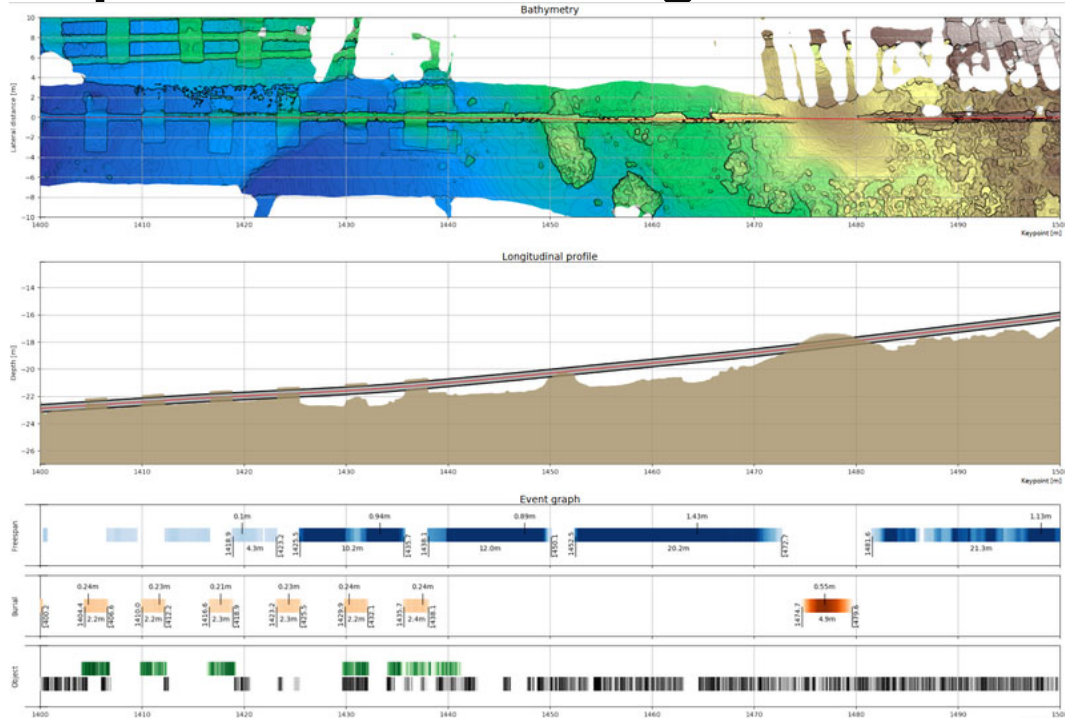
- Hydrographische Daten sind Basis für Meeresraumordnung und Meeresschutzgebiete
- Klimawandel führt zu: erneuerbaren Energien, Anlagenerrichtung im Meer, Versorgungsleitungen.
- Planung und Betrieb von Offshore-Windparks
- **Trassierung und Überwachung von Kabeln und Pipelines mit Autonomen Unterwasserfahrzeugen**
- **Hafen- und Küstenbau und Unterhalt für Klimaanpassung mit Überwachung der Infrastruktur durch MBES, SSS, ULi, Kameras**
- Fehlende oder schlechte Daten führen zu hohen Kosten und Risiken

Pipeline Überwachung - CIAM



Primäres Entwicklungsziel war die Realisierung von autonomen Unterwasserfahrzeugen zur Inspektion von Pipelines und Kabeln. Die Abbildung zeigt im Projekt erfasste Sonardaten einer industriell genutzten Pipeline (CIAM Abschlussbericht, 2025)

Pipeline Überwachung - CIAM



Die Inspektion von Pipelines wurde an verschiedenen Strukturen im Mittelmeer erprobt und die resultierenden Reports in Abstimmung mit potentiellen Kunden so erstellt, dass diese **automatisiert analysiert** und mit minimalen menschlichen Eingriff fertiggestellt werden können.

Dockingversuche zwischen Dockingstation und AUV im Testbecken des DFKI (CIAM Abschlußbericht, 2025)

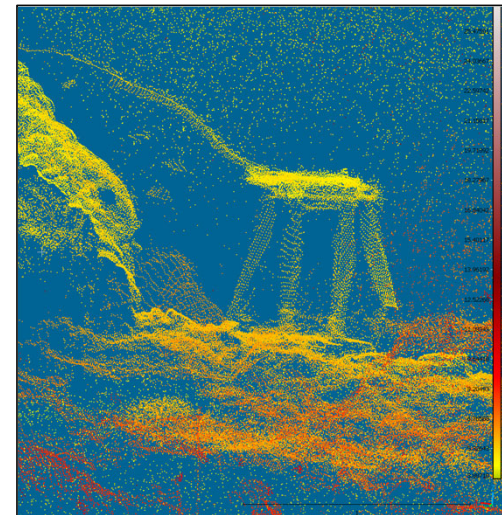
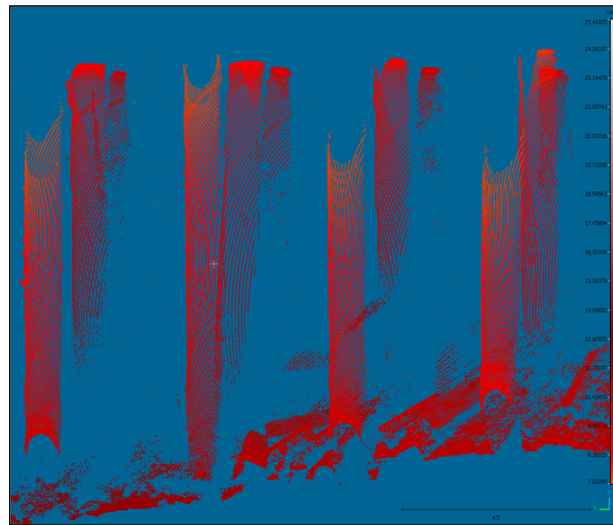
Unterwasser Laserscanning

ULi: Tests in Indonesien

- Hier für Infastruktur Überwachung

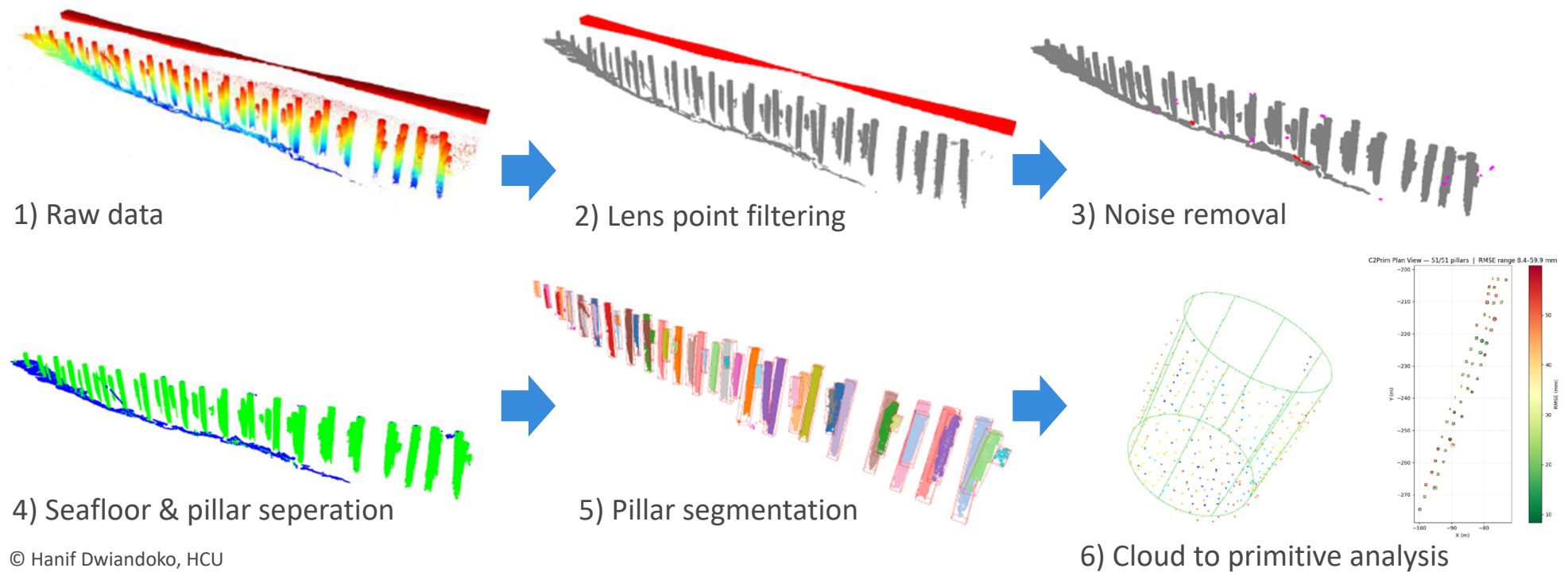


Projekt: Annika Walter und Ellen Heffner



Unterwasser Laserscanning

- ULi: Tests in Indonesien
- Hier für Infastruktur Überwachung

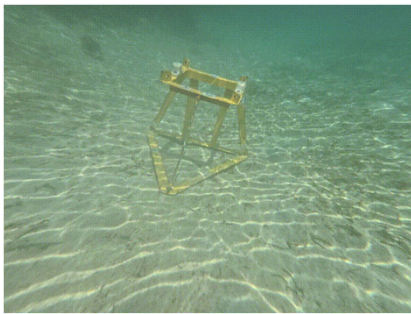


© Hanif Dwiandoko, HCU

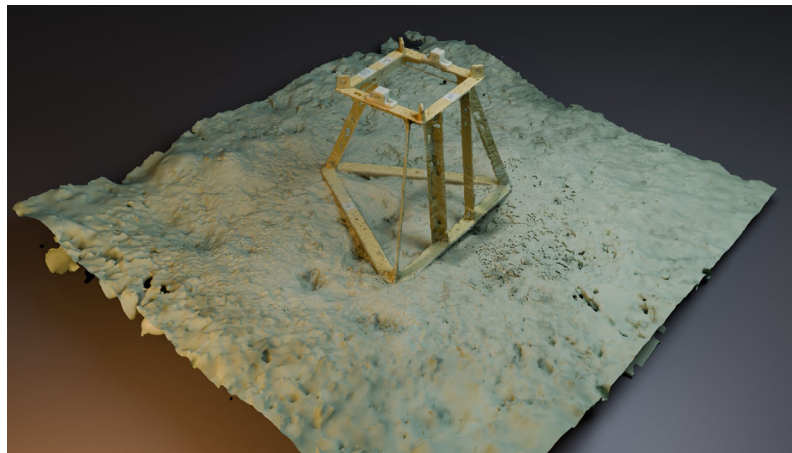
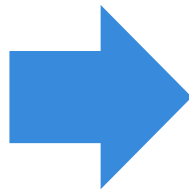
Unterwasser Photogrammetrie

Tests in Indonesien

- Hier für Infrastruktur Überwachung



630 images



Location:

Indonesia, Pramuka Island

Weather:

Around noon, direct sunlight

Gear:

GoPro Hero 13, Agisoft Metashape,
Blender

Mode:

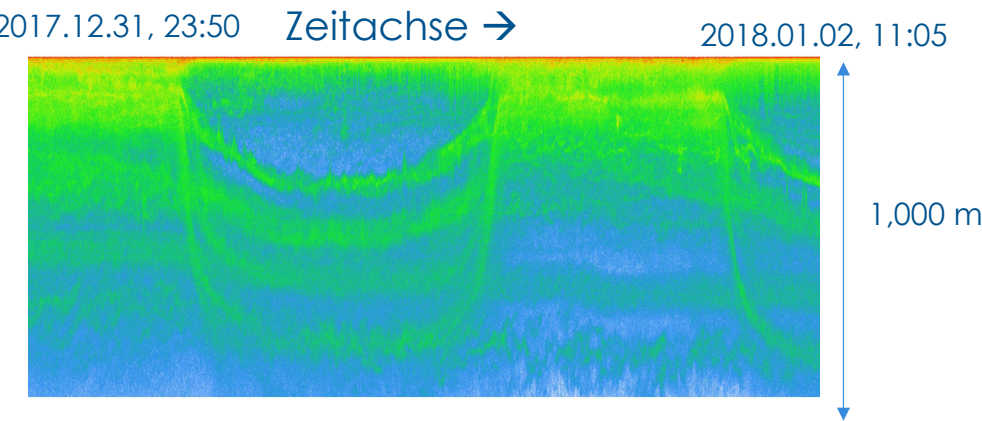
single images, burst mode (0.5 sec)

Gesellschaftlicher Nutzen – Schutz der Meeresumwelt

- Überwachung von Temperatur, Sauerstoff, Verschmutzung
- Messung des Meeresspiegelanstiegs
- Messung von Meereisdicken
- Analyse wichtiger Meeresströmungen (z. B. Golfstrom)

- Erforschung Klimawandel mit Überwachung aquatischer, sensibler Lebensräume, Zählung Meerespopulation mit KI
- Habitat-Mapping mit globalen und lokalen Messmethoden (SDB + GoPro) von Korallenriffen, Seegras & Lebensräumen
- Klima und Küstenschutz, saubere Meere
- Monitoring von morphologischen Veränderungen

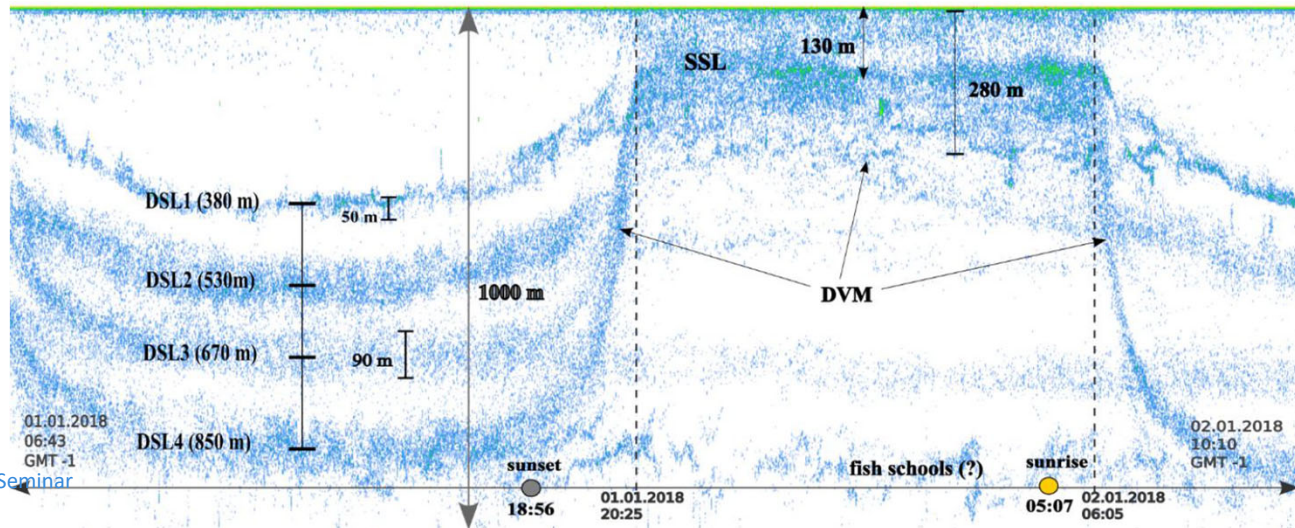
Wassersäule (Water column - Zoo-plankton)



Hauptelemente der Zooplanktonverteilung in einer Wassersäule, dargestellt im Wassersäulenbild: durchschnittliche Tiefe und Breite der Streuschichten, Zeit der vertikalen Wanderung. Die WCI-Zeit entspricht dem lokalen Zeitzonensystem. SO259-3

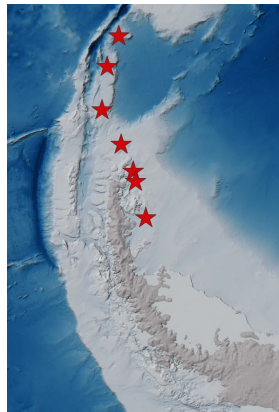
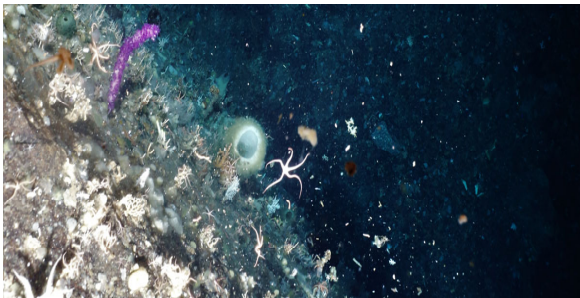
RV Sonne Transit Fahrt SO259-3 (Emden-BuenosAires in Atlantic Ocean)
Kongsberg EK60 Single beam (raw data)

©: Olga Konkova



Habitat Kartierung mit Kamera und Deep Learning

- Datenerfassung in der Weddell See



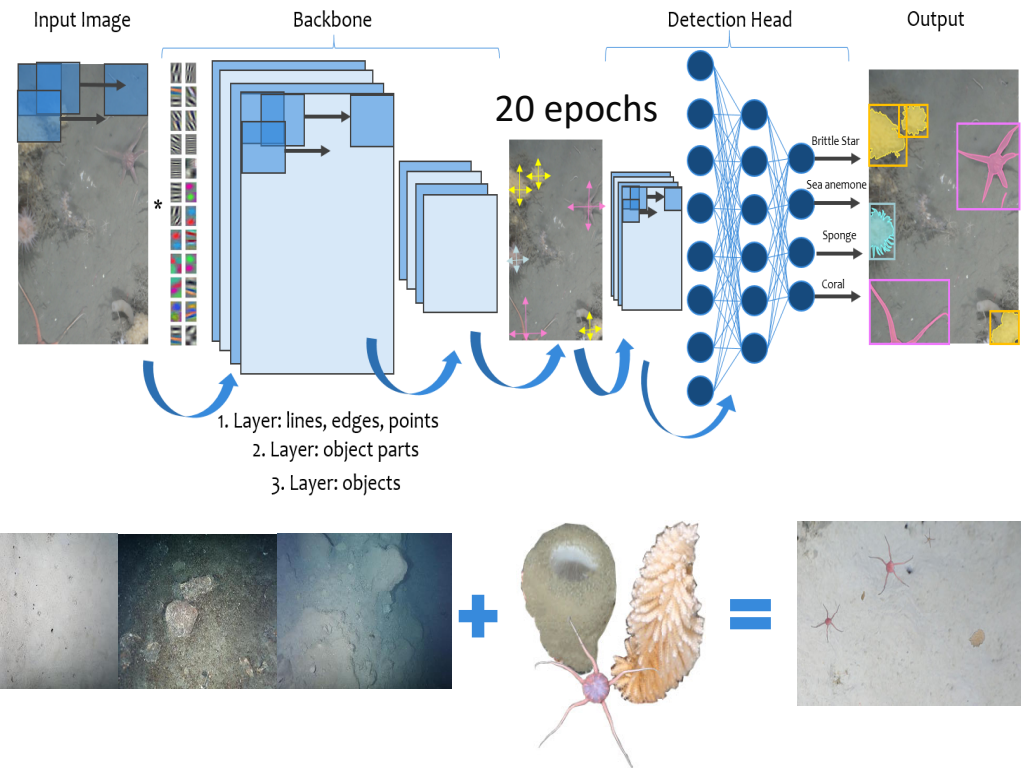
Mit
tiefgeschleppten
ROV

CenterMask –
ResNeXt-101

Test data set (200)
Validation (100)
Original data set
(700)

Synthetic data set
(12,000)

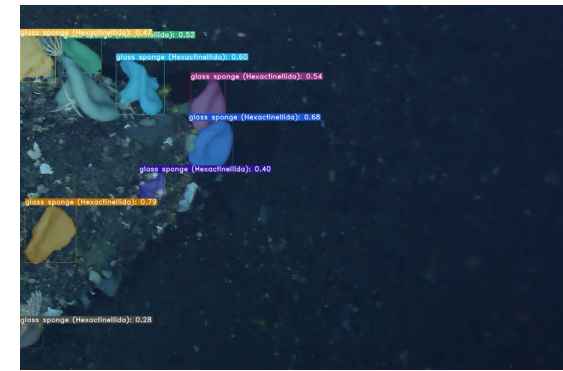
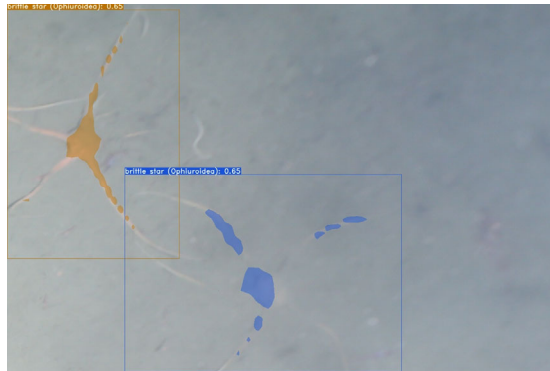
Training



©: Mona Lütjens

Habitat Kartierung - Ergebnisse

- Qualitativ



- Quantitativ

©: Mona Lütjens

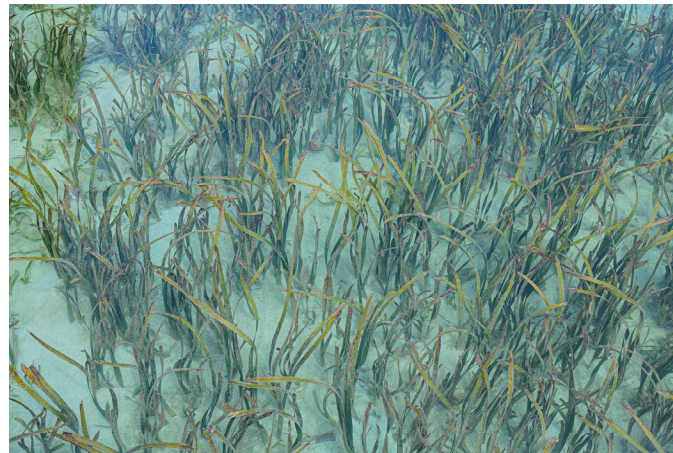
		Predicted				Recall
		Glass Sponges	Soft Corals	Brittle Stars	Background	
Ground truth	Glass Sponges	58	0	0	24	70.1
	Soft Corals	0	38	0	3	92.7
	Brittle Stars	0	0	591	82	87.8
	Background	18	11	6		
Precision		76.3	77.6	99.0		Accuracy: 73 %

Genauigkeit: Weichkorallen 73 %, Schlangensterne 87 %, Glasschwämme 58 %

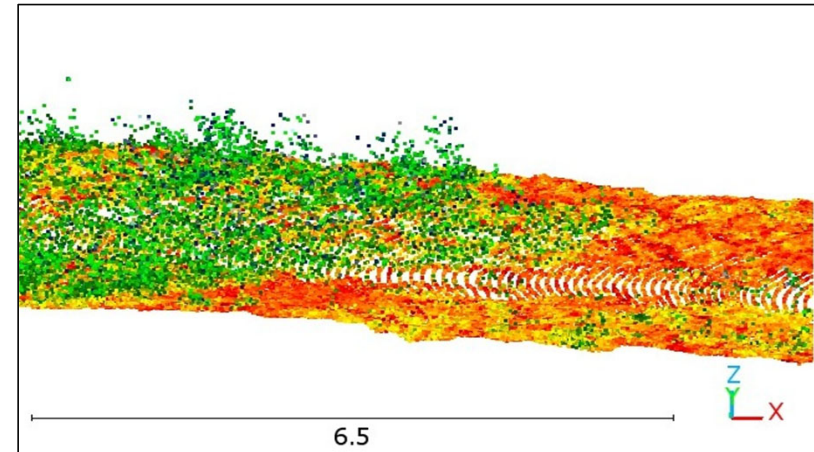
Verbesserung durch Datenerweiterung (synthetische Daten) und Beseitigung des Klassenungleichgewichtes.

Daten Erfassung mit Airborne bathymetric laser scanner

Habitat Kartierung



Sea Grasses from Camera



Sea Grasses from LiDAR

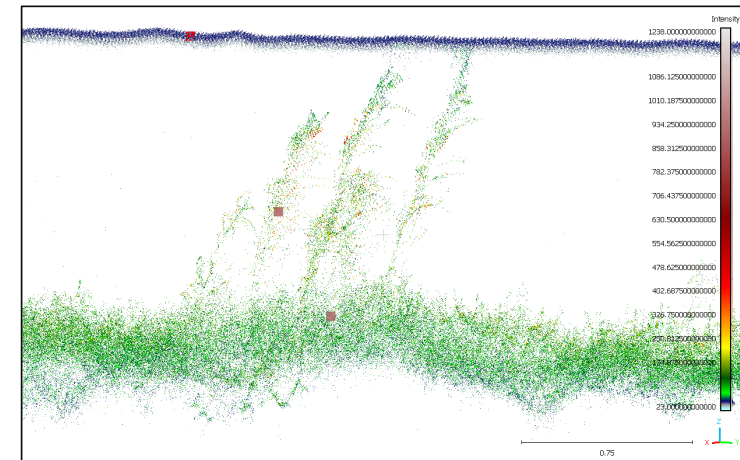
Unterwasser Laserscanning

- ULi: Tests im Alm-See
- Hier für Habitat Mapping



Juni 2026

Hydrographie als Schlüsseltechnologie – DVW / DHyG Seminar



**Mehr dazu am Donnerstag von
Ellen, Annika und Lucas**

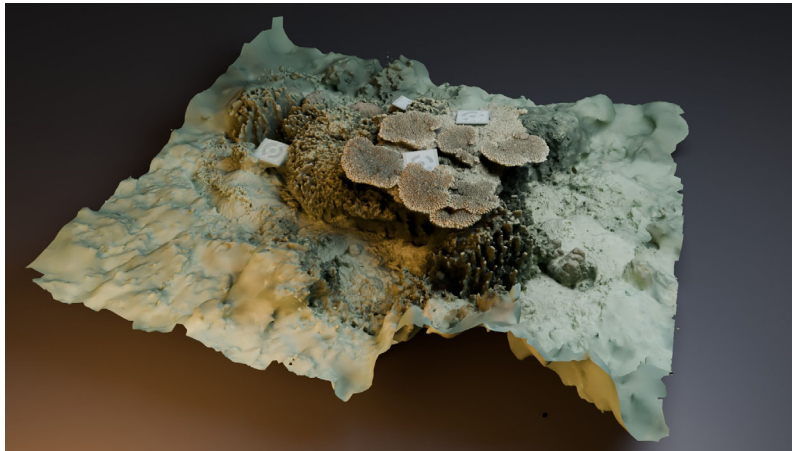
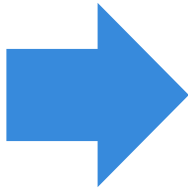
Underwasser Photogrammetrie

Tests in Indonesien

- Hier für Habitat Mapping (Farb-Information!)



829 images



Location:

Indonesia, Pramuka Island

Weather:

Around noon, direct sunlight

Gear:

GoPro Hero 13, Agisoft Metashape,
Blender

Mode:

single images, burst mode (0.5 sec)

Zusammenfassung gesellschaftlicher Nutzen

Von Daten zu Entscheidungen

- Hydrographie liefert keine Entscheidungen, sondern **die Grundlage dafür**
- Integration in GIS, Planungs- und Simulationssysteme
- Vertrauen in Datenqualität ist entscheidend für Akzeptanz

Arbeiten und Unterstützung im internationalen Kontext

- Mehr Daten und Austausch darüber
- Bessere Hochwasservorsorge / tsunami

4. Ausblick: Automatisierung der Systeme und Auswertungen

An aerial photograph of the HafenCity district in Hamburg, Germany. The image shows a mix of modern, multi-story buildings and older structures. In the foreground, there's a large, modern building with a curved facade. To the left, the harbor is visible with several ships and cranes. The background shows the dense urban landscape of Hamburg, including the spire of St. Nikolai Church. The entire image has a blue tint.

Automatisierung der Systeme und Auswertungen

Ziel der aktuelle Entwicklungen

- Hochauflösende 3D-Modelle und digitale Zwillinge der Ozeane

Auch für Wissenschaft & Innovation

- Erforschung des globalen Wasserkreislaufs
- Grundlagen für Ozeanografie & Klimaforschung
- Klimawandel verstehen

- durch stärkere internationale Datenkooperation
- Und...

Autonom – hydrographische Messsysteme

Remote Operating Vehicle

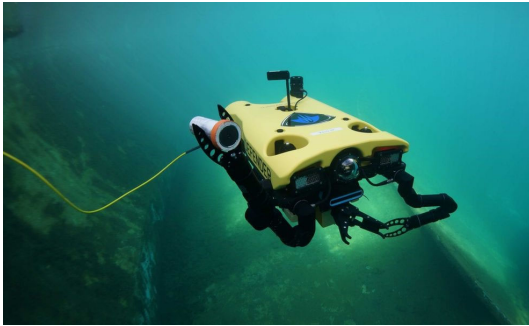


Bild: Wevolver

Autonomous Surface Vehicle



Bild: RiverDynamics

Autonomous Underwater Vehicle

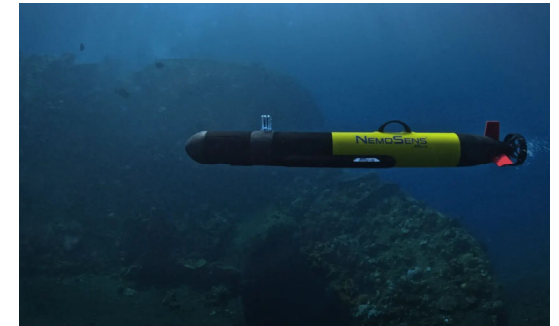


Bild: RBR



USV: Otter

Unmanned Aerial Vehicle
(auch mit Laserscanner)



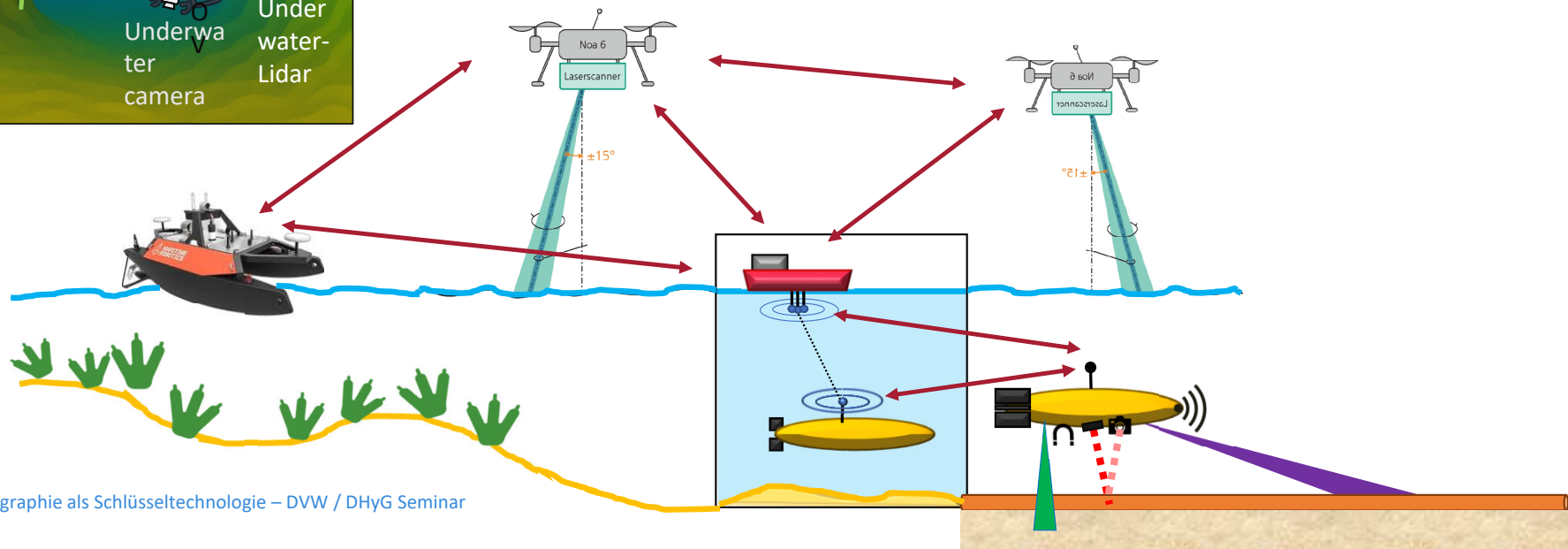
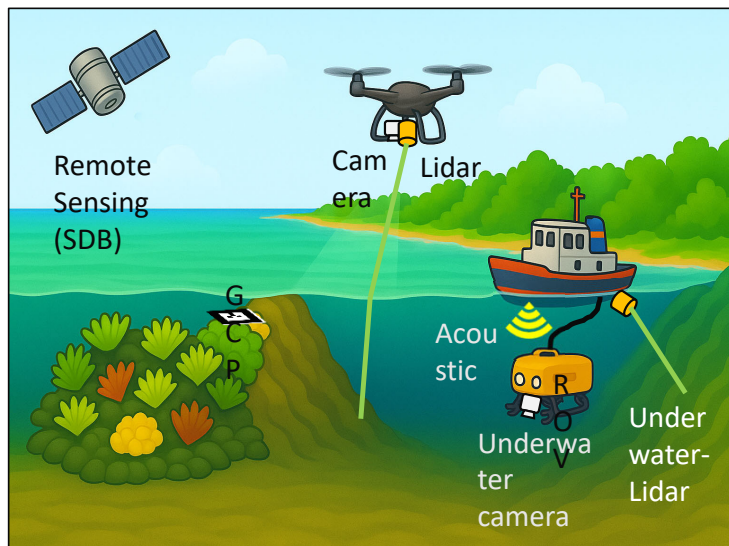
Bild: Copting

Autonome Messsysteme mit intelligenter Missionsplanung
und autonomen Entscheidungen
Internet-fähige Sensoren
Nutzung von Datensilos

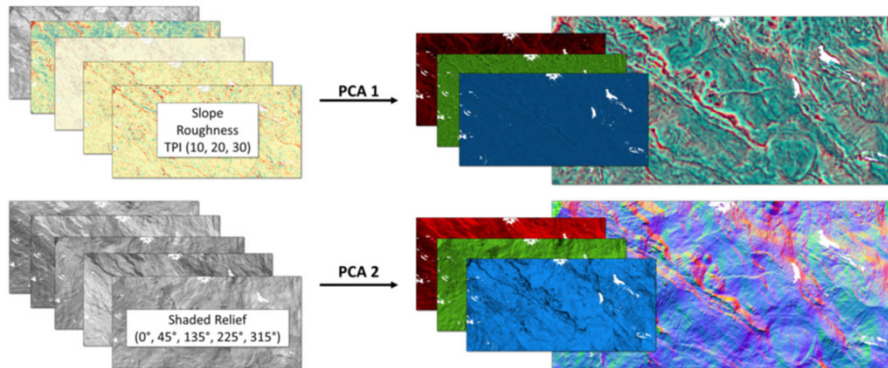
Trends und Visionen in Hydrographie

- Schwarm-Netzwerk

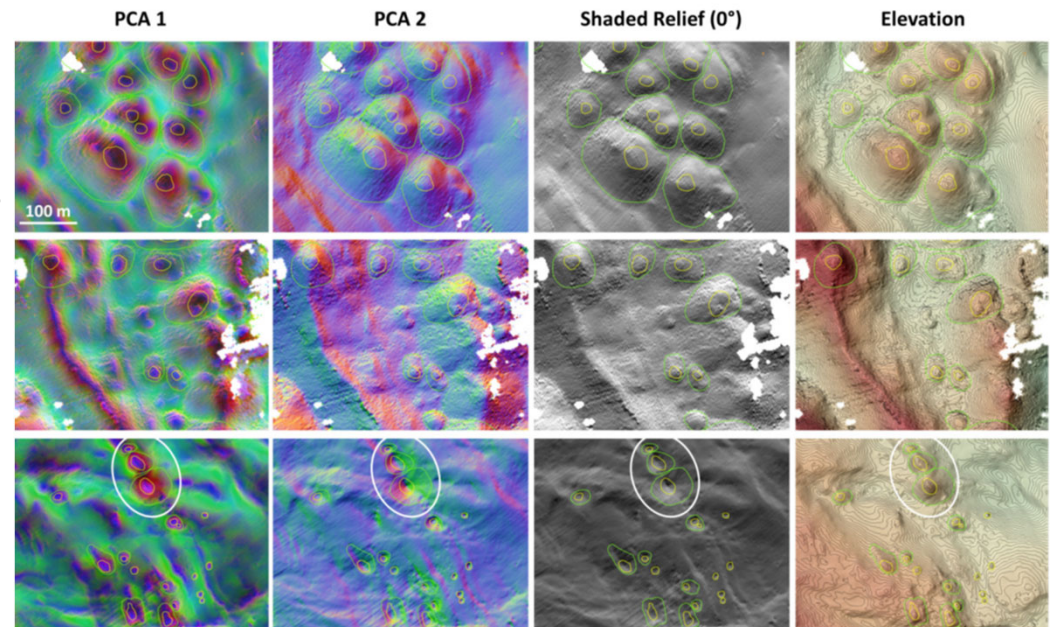
- mit autonomen Überwasserfahrzeugen (ASV)
- mit autonomen Unterwasserfahrzeugen (AUV)
- mit autonomen unbemannten Luftfahrzeugen (UAV)



Automatisierung der Auswertung auch mit KI



Examples of labelled mounds (class 1 = yellow / class 2 = green) with the different CNN input data as background. Sulphide mounds are highlighted with a white outline.



Depiction of the creation of two RGB data representations using PCA from different bathymetry derivatives.

Tanja Dufek, 2025: **Analysis of deep-sea sulphide mounds using high-resolution MBES bathymetry and backscatter data**

Automatisierung der Ausbildung DVoceanDigital: teaching tool



5. Zusammenfassung

Fazit

Wachsende Bedeutung internationaler Zusammenarbeit

Ohne hochwertige hydrographische Daten keine sichere, nachhaltige und effiziente Nutzung der Meere

Herausforderungen

- Datenlücken, besonders in küstennahen und flachen Gebieten
- steigende Anforderungen bei begrenzten Ressourcen
- Notwendigkeit einheitlicher Standards und Austauschformate

Vision einer Welt mit Hydrographie für eine sichere, nachhaltige Umwelt und Infrastruktur

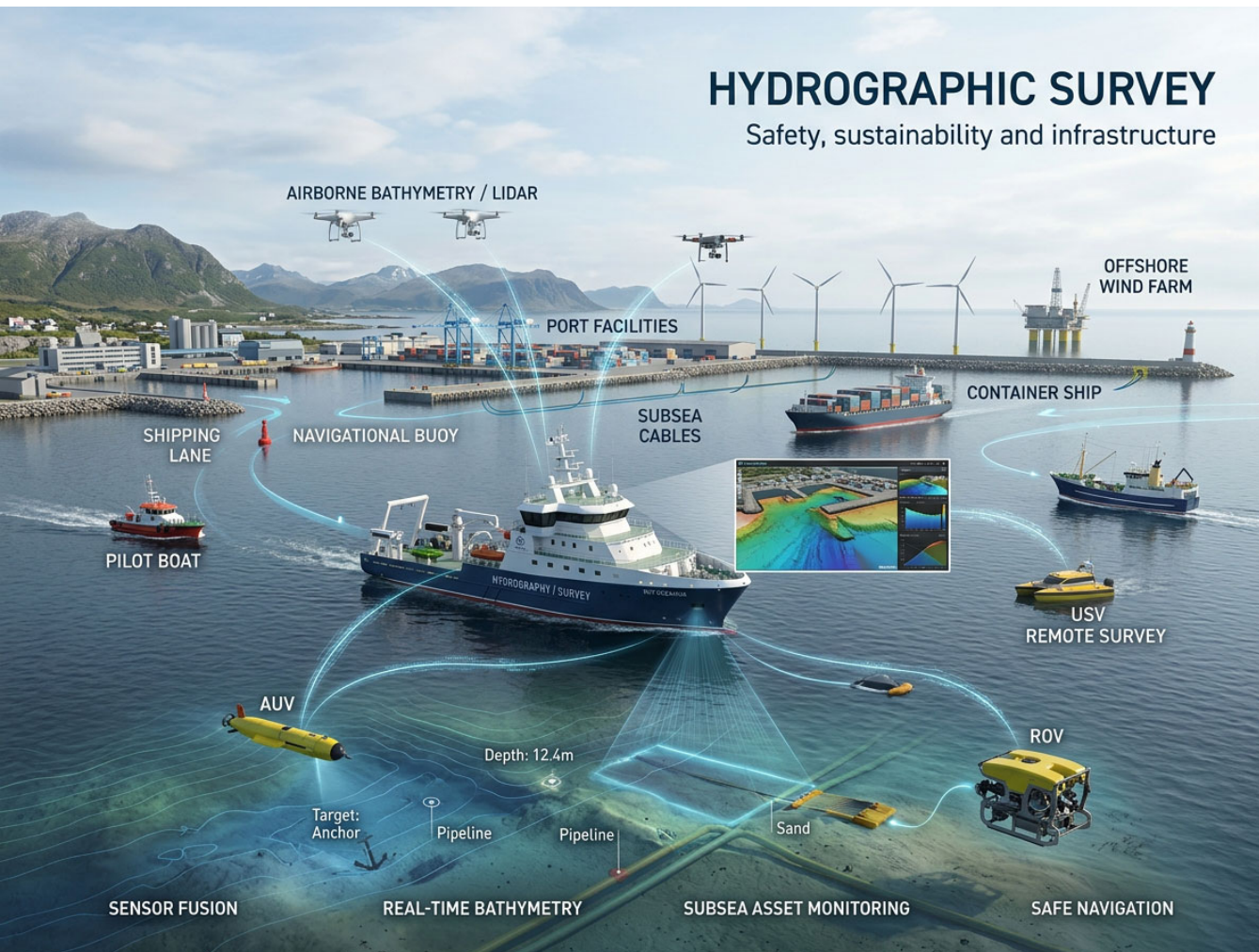


Bild erzeugt mit openart.ai

Hydrographie: Die unsichtbare Grundlage einer sicheren und nachhaltigen Zukunft

Vielen Dank für die Aufmerksamkeit

KONTAKT INFORMATION

PROF. HARALD STERNBERG

HafenCity University Hamburg
Henning-Voscherau-Platz 1
D - 20457 Hamburg

Fon +49 (0)40 300 880-5300

E-Mail:

[harald.sternberg\(at\)hcu-hamburg.de](mailto:harald.sternberg(at)hcu-hamburg.de)

Web: www.hcu-hamburg.de/