

# HYDROGRAPHISCHE NACHRICHTEN

Fachzeitschrift für Hydrographie und Geoinformation

06/2015

HN 101

## *Studentische Arbeiten und Preise*

- Comparison of laser bathymetry with single-beam and multibeam data
- Objektdetektion im Meeresboden
- Kanalangepasste Unterwasserkommunikation
- Rob van Ree:  
»With the IFHS Student Award we have a true world championship«
- Nachwuchswerbung:  
»Von glücklichen Hydrographen«





## R2SONIC

### Multibeam Echosounder



Sonic 2020



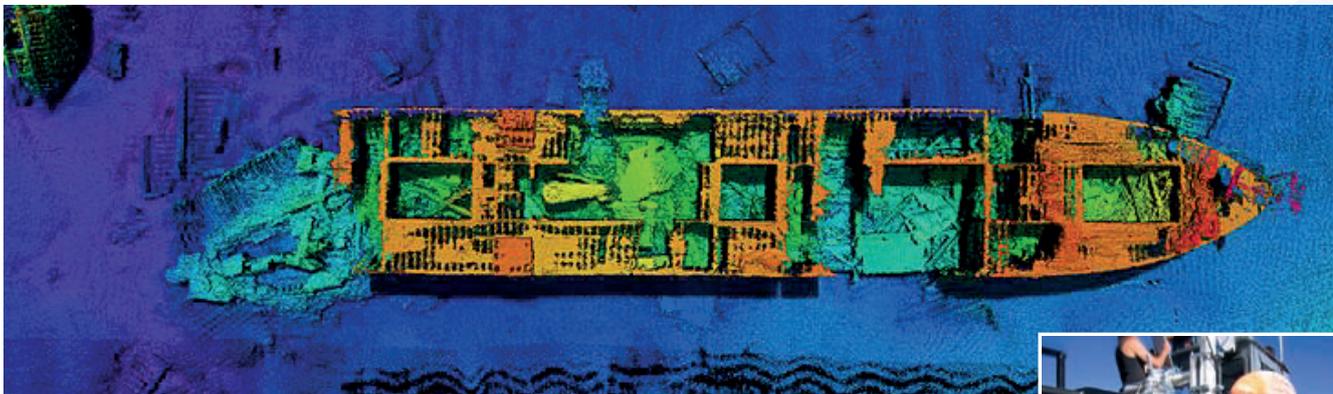
Sonic 2022



Sonic 2024



Sonic 2026



- **Versatile** – Bathymetry with optional TruePix™ Backscatter, Raw Water Column and Forward Looking Sonar imagery
- **Wideband Operation** – Over 20x User Selectable Frequencies from 200 to 400kHz, selectable on the fly, in real-time during survey operations. Optional 700kHz operation with 0.3° x 0.6° beamwidths
- **Highest Resolution & Accuracy** – Focused 0.5° x 1° beamwidths, 60kHz Signal Bandwidth with true range resolution to 1.25 cm
- **Productive** – Selectable swath coverage from 10° to 160°, selectable on the fly, in real-time during survey operations. 1 to 500m range
- **Ease of Operation** – Embedded signal processor and Controller. Sonar user interface from Survey application software PC. Low weight, volume & power consumption (less than 50 Watts).
- **Compelling value** – Latest Advanced Technology. Industry leading 3-year limited warranty. Value priced. Trade-in rebate for older technology systems

■ **R2Sonic** is a leading manufacturer of truly innovative and high quality wideband Multibeam Echosounders with its head office in Austin, Texas. Since first system deliveries in 2009, more than 850 Sonic Multibeam Echosounders have been successfully commissioned to the private and public sectors. That impressively confirms the innovative spirit, superior performance and flexibility of R2Sonic products in general and in particular the appreciation of reliable, light weight, power efficient, and space saving Sonic Multibeam Echosounders by customers all over the world.

■ **Nautilus Marine Service GmbH** based in Buxtehude is the distributor for R2Sonic Multibeam Echosounders in Germany. In addition to sales, Nautilus Marine Service offers assistance to the installation and commissioning of complete hydrographic survey systems including training and maintenance.

# Liebe Leserinnen und Leser,

im Zentrum dieser Ausgabe stehen Arbeiten von Studierenden. Die drei Kandidaten, die in diesem Jahr für den *DHyG Student Excellence Award* nominiert waren, stellen ihre Abschlussarbeiten in Fachartikeln vor.

Eike Barnefske hat den Preis am 21. Mai im Rahmen des Geodätischen Kolloquiums an der HCU erhalten und dabei Gelegenheit gehabt, seine Arbeit über »Objektdetektion im Meeresboden« mit Hilfe eines verschwenkbaren parametrischen Echolots einem interessierten Fachpublikum näherzubringen. Seinen Beitrag finden Sie auf Seite 18; einen Eindruck von der Preisverleihung vermittelt Ihnen der Bericht auf Seite 42.

In den anderen Beiträgen mit Hochschulbeteiligung erfahren Sie, was in puncto Ausbildung und Forschung in der Hydrographie – nicht nur in Hamburg, sondern auch in Stuttgart und in Kiel – geleistet wird.

Passend zu dieser Schwerpunktausgabe über Aktivitäten an Hochschulen konnten wir für das Wissenschaftsgespräch einen Hochschuldozenten gewinnen: Rob van Ree ist verantwortlich für das Studienangebot auf Terschelling. Der Holländer, der seit vielen Jahren Mitglied der DHyG ist, stellt seine Ausbildungsstätte vor und zeigt damit auch die Unterschiede zum Studium an der HCU in Hamburg auf.

Den zweiten Teil dieses Vorworts möchte ich einmal für einen Aufruf nutzen.

Hydrographen machen sichtbar, was gewöhnlich unter Wasser verborgen ist. Sie geben sich nicht mit dem Blick auf die Oberfläche zufrieden, sondern sie erkunden, wie es in der Tiefe aussieht. Hydrographen sind eben alles andere als oberflächlich!

Um diese Aussage anschaulich belegen zu können, suchen wir Bildpaare. Links der Blick auf die Wasseroberfläche, rechts der Blick in die Tiefe. Wichtig dabei ist, dass beide Bilder dieselbe Perspektive zeigen.

Das Beispiel auf dieser Seite wurde uns freundlicherweise von der Kongsberg Maritime GmbH zur Verfügung gestellt.

Nun bitte ich Sie, uns Ihre besten Bildpaare zu schicken (einfach per E-Mail an [redaktion@dhyg.de](mailto:redaktion@dhyg.de)). Einsendeschluss ist der 30. September.

Eine Auswahl der eindrucklichsten Einsendungen werden wir in einer der nächsten HN-Ausgaben veröffentlichen. Falls genügend Bildpaare zusammenkommen, gestalten wir mit Ihren Bildern sogar einen Kalender.

Ich bin gespannt auf Ihre Bilder und wünsche Ihnen eine anregende Lektüre.

Ihr

*Lars Schiller*



Lars Schiller



Hydrographen?



Alles andere als oberflächlich!



Meet us in Kiel

## Li-Ion Batteries

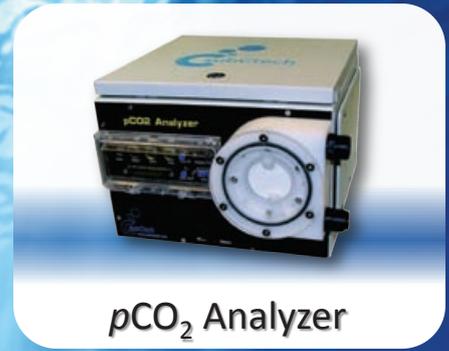
- Highest capacity, reliability, safety
- Easy smart charging
- Your subsea power source

## pCO<sub>2</sub> Analyzer

- Li-COR<sup>®</sup> integrated
- Automatic calibration
- FerryBox, Buoy, Subsea

## Monitoring

- ROV Sensor-packs
- Condition Monitoring
- Offshore Oil+Gas
- ISO-13628 approved



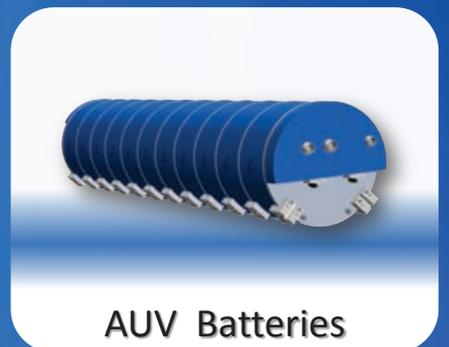
pCO<sub>2</sub> Analyzer



OceanPack™ FerryBox



ROV Sensors



AUV Batteries



Battery Systems

# Studentische Arbeiten und Preise



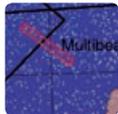
## Integrierte Positionsbestimmung

- 6 **HydrOs**  
Ein integriertes Ortungssystem  
kombiniert mit hydrologischen Daten  
Ein Beitrag von HARRY WIRTH et al.



## Interview

- 34 »With the IFHS Student Award  
we have a true world championship«  
An academic discussion with ROB VAN REE



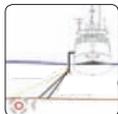
## Laser bathymetry

- 14 **Comparison of laser bathymetry with  
single-beam and multibeam data**  
An article by PABLO SÁNCHEZ GÁMEZ



## Literatur

- 40 **Einen Peso für jede  
hydrographische Karte**  
Eine Rezension von LARS SCHILLER



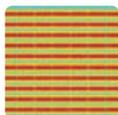
## Objektdetektion

- 18 **Objektdetektion im Meeresboden**  
Verwendung eines mechanisch und elektronisch  
verschwenkbaren parametrischen Echolotsystems  
Ein Beitrag von EIKE BARNEFSKE



## Hydrographentag

- 42 **The dynamic Waddensee**  
Jointly organised symposium by HSB and DHyG  
A report by ROB VAN REE



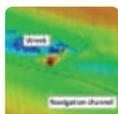
## Unterwasserkommunikation

- 24 **Kanalangepasste  
Unterwasserkommunikation**  
Ein Beitrag von DANIEL M. MIELKE



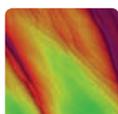
## Nachwuchswerbung

- 45 **Von glücklichen Hydrographen**  
Preisverleihung beim Geodätischen  
Kolloquium an der HCU



## Student project

- 28 **Student research project  
in the North Sea**  
A report by TINA KUNDE and JOHANNA SIMON



## Student project

- 30 **Hydrography Summer Camp 2014**  
A report by TINA KUNDE

Die nächste Ausgabe der *Hydrographischen Nachrichten*  
wird erst im November 2015 erscheinen.  
Redaktionsschluss: 15. September 2015  
Anzeigenschluss: 15. September 2015

# HydrOs

## Ein integriertes Ortungssystem kombiniert mit hydrologischen Daten

Ein Beitrag von HARRY WIRTH, MARC BREITENFELD, ANNETTE SCHEIDER und VOLKER SCHWIEGER

Auf Bundeswasserstraßen (BWaStr) werden heute fast ausschließlich Globale Navigationssatellitensysteme (GNSS) für die hochpräzise Ortung von Peilschiffen eingesetzt. In Gebieten unterhalb von Brücken, in extremen Tallagen oder bei starkem Uferbewuchs und ufernahen Gebäuden ist eine Ortung oft nicht möglich bzw. das Ergebnis zu ungenau. Zur Genauigkeitssteigerung, der Erhöhung der Verfügbarkeit und der Zuverlässigkeit bei der Gewinnung von Geometriedaten des Gewässerbetts der BWaStr und zur wirtschaftlicheren Aufgabenerledigung hat die Bundesanstalt für Gewässerkunde (BfG) daher in Kooperation mit dem Institut für Ingenieurgeodäsie der Universität Stuttgart (IIGS) ein integriertes hydrographisches Ortungssystem (HydrOs) entwickelt.

### Autoren

Harry Wirth ist Ansprechpartner für Gewässervermessung im Referat Geodäsie der Bundesanstalt für Gewässerkunde. Marc Breitenfeld arbeitet als wissenschaftlicher Mitarbeiter im selben Aufgabengebiet. Prof. Dr. Volker Schwieger ist Leiter des Instituts für Ingenieurgeodäsie der Universität Stuttgart. Annette Scheider ist wissenschaftliche Mitarbeiterin am selben Institut

wirth@bafg.de  
breitenfeld@bafg.de  
annette.scheider@  
ingeo.uni-stuttgart.de  
volker.schwieger@  
ingeo.uni-stuttgart.de

HydrOs | GNSS | Erweitertes Kalman Filter | RTS-Algorithmus | Tachymeter | Ausreißertest

### 1 Einleitung

In der Praxis müssen GNSS-Ausfälle durch personalintensive Erfassungs- und Auswertemethoden kompensiert werden. Insbesondere in GNSS-abgeschatteten Bereichen muss im Binnenbereich auf landgestützte Ortungssysteme ausgewichen werden. Manuelle Auswertemethoden liefern oft subjektiv beeinflusste oder fehlerhafte Ergebnisse.

Im Rahmen der Entwicklung sollten daher folgende Anforderungen erfüllt werden:

- Die Verfügbarkeit der Ortung soll in den empfangskritischen Bereichen erhöht werden.
- Die Auswertung soll effektiver und effizienter werden.
- Der Anwender soll zuverlässige Integritätsinformation (Genauigkeit und Zuverlässigkeit der Ergebnisse, verringerte Genauigkeit oder Ausfall von Komponenten) erhalten.
- Auch nach Verlust der GNSS-Mehrdeutigkeiten wird angestrebt, folgende Genauigkeiten mit 95 % Sicherheitswahrscheinlichkeit über einen Zeitraum von bis zu 60 Sekunden einzuhalten:
  - Lage-Ortungsunsicherheit von maximal 30 cm in beiden Koordinatenkomponenten,
  - Höhenmessunsicherheit von maximal 10 cm.

### 2 Das Systemkonzept

Ein einzelner Ortungssensor kann in den meisten Fällen in Bezug auf Verfügbarkeit, Zuverlässigkeit und Genauigkeit keine optimale Lösung liefern (Hentschinski u. Wirth 2012). Aus diesem Grund wurde für folgende Sensoren und Informationen, die sich im Falle eines Ausfalls gegenseitig stützen können, die Integration in ein Multi-Sensor-System untersucht:

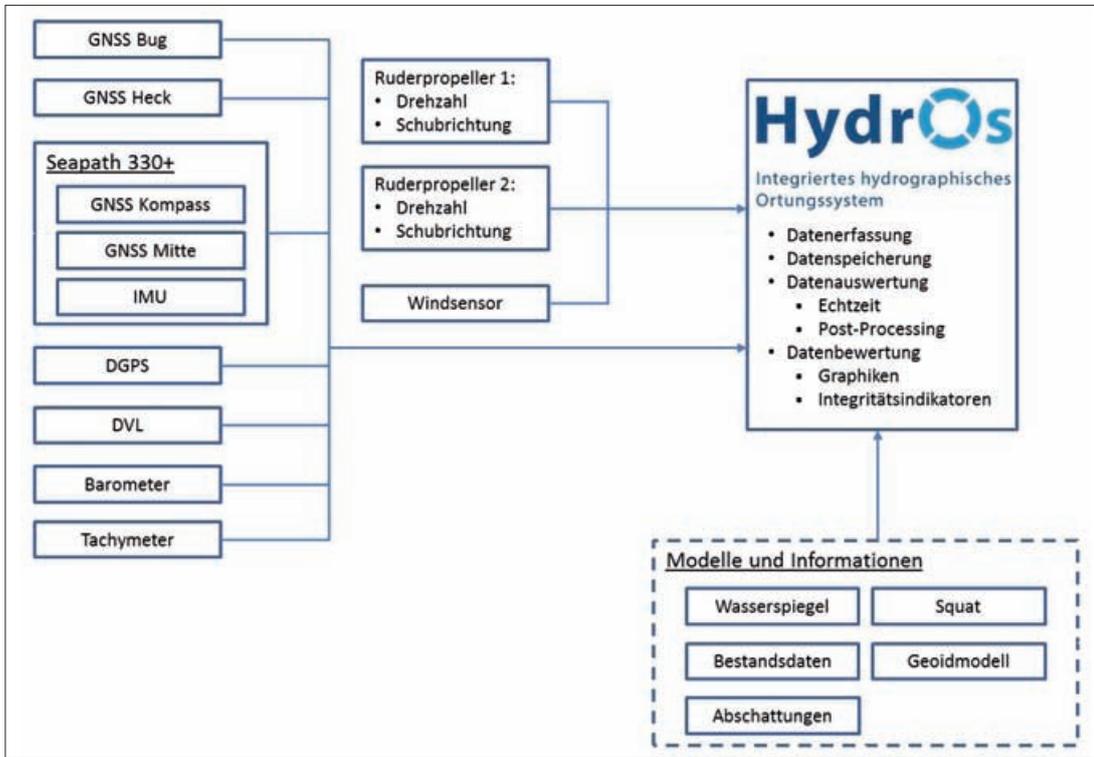
- *GNSS-Empfänger* zur Messung von Lagekoordinaten, Höhen, Geschwindigkeiten über Grund sowie Kurs über Grund,

- *DGPS-Empfänger* zur Messung von Lagekoordinaten, Geschwindigkeiten über Grund und Kurs über Grund,
- ein *Kompass* zur Messung einer Orientierung bezogen auf den geographischen Nordpol,
- eine *Inertial Measurement Unit (IMU)* zur Messung von Drehraten, Geschwindigkeiten über Grund, Orientierungswinkel und Hub,
- ein *Doppler Velocity Log (DVL)* zur Messung von Geschwindigkeiten über Grund sowie Geschwindigkeiten durchs Wasser,
- *Sensoren zum Abgriff der Schraubendrehzahl und Schubrichtung* von bis zu zwei Ruderpropellern,
- ein *Windsensor* zur Messung von relativen Windrichtungen und -geschwindigkeiten,
- ein *Tachymeter* zur Bestimmung des Koordinatenoffsets zwischen einem Referenzpunkt auf dem Schiff und einem bekannten Festpunkt. Als Messgrößen wurden dabei die Horizontalrichtung, die Vertikalrichtung und die Schrägstrecke erfasst,
- ein *Barometer* zur Messung von Höheninformationen basierend auf Druckvariationen.

Zusätzlich werden folgende Informationen und Modelle genutzt:

- *Hydrodynamisches Modell für die Wasserspiegellage* des zu befahrenden Gewässers,
- ein *Squatmodell* für das genutzte Schiff,
- *Bestandsdaten* der Gewässervermessung in Form von Null- und Gegenpunkten sowie die dazugehörige Kilometrierung des zu befahrenden Gewässers,
- *Geoidmodell*,
- Koordinateninformationen über *Abschattungsbereiche*.

Abb. 1 zeigt den Datenfluss zwischen den eingesetzten Sensoren sowie die genutzten Modelle und Informationen.



**Abb. 1:** Sensorintegration und Datenfluss innerhalb des Multi-Sensor-Systems HydrOs (nach Breitenfeld et al. 2014)

**Literatur**

BfG (2015): HydrOs – Entwicklung eines integrierten hydrographischen Ortungssystems; BfG-Bericht 1856, Koblenz

BfG (Hrsg.) (2013): FLYS goes WEB: Eröffnung eines neuen hydrologischen Fachdienstes in der BfG; Kolloquium am 15./16. Mai 2013 in Koblenz

Breitenfeld, Marc; Harry Wirth; Annette Scheider; Volker Schwieger (2014): Development of a Multi-Sensor System to optimize the Positioning of Hydrographic Surveying Vessels; Proceedings on 4th International Conference on Machine Control & Guidance, 19.–20. März 2014 in Braunschweig

Briggs, Michael J. (2009): Ankudinov Ship Squat Predictions – Part I: Theory, Parameters, and FORTRAN Programs; US Army Corps of Engineers, 2009

Briggs, Michael J. (2006): Ship Squat Predictions for Ship/Tow Simulator; US Army Corps of Engineers, 2006

Caspary, Wilhelm; Jian-Guo Wang (1998). Redundanzanteile und Varianzkomponenten im Kalman Filter; Zeitschrift für Vermessungswesen, Vol. 123, Nr. 4, 1998, S. 121–128

Gelb, Arthur (Hrsg.) (1974): Applied Optimal Estimation; The M.I.T. Press, Cambridge, Massachusetts

Hentschinski, Monika; Harry Wirth (2012): Untersuchung integrierter GNSS-INS-Navigationssysteme; BfG-Bericht 1743, Koblenz

Heunecke, Otto; Heiner Kuhlmann; Walter Welsch; Andreas Eichhorn; Hans Neuner (2013): Handbuch Ingenieurgeodäsie – Auswertung geodätischer Überwachungsmessungen; Wichmann, Berlin ...

In der Software HydrOs werden die Informationen von allen Sensoren für die Positionierung gemeinsam betrachtet. HydrOs erfasst, speichert und prozessiert alle Daten mit einer wählbaren Prozessierungsrate (hier 10 Hz), berechnet Qualitätsparameter (siehe Tabelle 1) und stellt die Ergebnisse anschaulich dar.

Um die Position und die räumliche Orientierung des Schiffs zu optimieren, wird ein Erweitertes Kalman-Filter (EKF) verwendet. Das EKF stellt eine Erweiterung des von Rudolf Kálmán vorgestellten Filters dar (Kalman 1960), sodass dieses auch für nichtlineare Zusammenhänge eingesetzt werden kann, wie beispielsweise im Buch von Arthur Gelb beschrieben (Gelb 1974).

Zunächst wird im Prädiktionsschritt das Bewegungsverhalten des Schiffes durch Systemgleichungen modelliert (1). Im zweiten Schritt werden die Beobachtungen mit Hilfe von (nichtlinearen) Beobachtungsgleichungen integriert (2). Als Beobachtungen gelten hier die Messdaten sowie Wasserspiegellagen des flusshydrologischen Webdienstes FLYS (BfG 2013).

Prinzipiell setzt sich das EKF aus dem Systemmodell (1) und den Messgleichungen (2) zusammen:

$$x_{k+1} = T_{k+1,k} \cdot x_k + B_{k+1,k} \cdot u_k + C_{k+1,k} \cdot w_k \quad (1)$$

$$l_{k+1} = A_{k+1} \cdot x_{k+1} + \epsilon_{k+1} \quad (2)$$

Mit Zustandsvektor  $x_{k+1}$  der Epoche  $k+1$ , der Transitionsmatrix  $T$ , der Stellgrößenmatrix  $B$ , dem Stellgrößenvektor  $u_k$ , der Störgrößenmatrix  $C$ , den Störgrößen  $w_k$ , dem Beobachtungsvektor  $l_{k+1}$ , der Messmatrix  $A_{k+1}$  und dem Vektor der Messabweichungen  $\epsilon_{k+1}$

Wie in der Gleichung des EKF ersichtlich, ist die Bewegung auf bestimmte Ursachen bzw. Stellgrößen – wie die Motorkraft und aus der Schubrichtung resultierende Drehmomente – zurückzuführen.

Werden hingegen die Stellgrößen  $u_k$  in der Modellierung vernachlässigt, so bildet die Systemgleichung ein kinematisches Modell. In HydrOs wurden mehrere Prädiktionsansätze entwickelt und realisiert, die im BfG-Bericht 1856 beschrieben sind (BfG 2015). Im Weiteren werden die Berechnungen exemplarisch mit dem dort aufgeführten gleichförmig beschleunigten Geradenmodell ausgeführt.

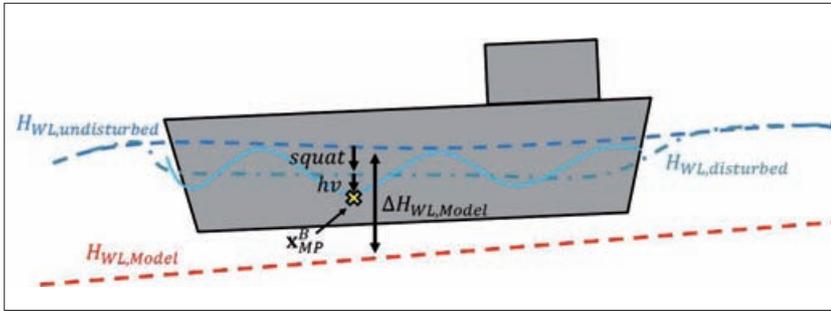
Die zeitabhängigen Matrizen  $T_{k+1,k}$ ,  $B_{k+1,k}$ ,  $C_{k+1,k}$  und  $A_{k+1,k}$  werden dabei aus den linearisierten System- und Messgleichungen bestimmt.

**2.1 Qualitätssicherungskonzept**

Um den Anwender über den Status der eingehenden Messdaten und der prädierten Zustandsgrößen zu informieren, müssen diese kontinuierlich überwacht werden. Dazu wurde ein Qualitätssicherungskonzept aufgestellt. In Anlehnung an Thomas Wiltshko (2004) wurden verschiedene Qualitätsmerkmale definiert, sodass die Qualität der Daten anhand der zugehörigen Qualitätsparameter quantitativ bewertet werden kann.

Merkmal	Parameter
Verfügbarkeit	Verfügbarkeitsrate: Vorhandensein der Messdaten an der Schnittstelle
Konsistenz	Richtigkeitsmaß: Liegen die Messgrößen im definierten Wertebereich?
Vollständigkeit	Vollständigkeitsrate: Sind die eingehenden Informationen vollständig?
Korrektheit	Anteil der Ausreißer an der gesamten Datenreihe: Stimmen die Daten mit der Realität überein oder handelt es sich um Ausreißer?
Geometrische Genauigkeit	Varianzen, Innovationen
Zeitliche Genauigkeit	Genauigkeit der Rechneruhr bezogen auf UTC

**Tabelle 1:** Qualitätsmerkmale und die zugehörigen Qualitätsparameter



**Abb. 2:** Zusammenhang zwischen gestörtem Wasserspiegel und Wasserspiegelhöhenmodell bei dynamischer Fahrt des Schiffes

Wird erkannt, dass die Qualität einzelner Daten nicht den Spezifikationen entspricht, so werden geeignete Gegenmaßnahmen ergriffen: Die jeweiligen Messdaten werden verworfen bzw. die detektierten Zustands- und Stellgrößen werden mit einer größeren A-priori-Varianz versehen.

## 2.2 Integration von hydrologischen Parametern und schiffsdynamischen Größen

Im Bereich der Hydrologie werden hydrodynamische Modelle entwickelt, mit denen im Binnenbereich für vorgegebene Abflussmengen entsprechende Wasserspiegellagen sowie mittlere Strömungsgeschwindigkeiten der Querschnitte berechnet werden können. Eine Wasserspiegellage beschreibt den Wasserstand längs eines Flussabschnittes bei stationärem Abfluss durch eine stationsabhängige Folge von Wasserspiegelhöhen. Diese hydrologischen Parameter sind bisher

in keinem den Autoren bekannten integrierten Ortungssystem verwendet worden. Das hydrodynamische Modell ist eine gute Approximation an den aktuellen tatsächlichen ungestörten Wasserspiegel und bietet einen absoluten Höhenbezug auch bei Längsgefälle. Das Modell kann in das Multi-Sensor-System integriert werden, wenn die dynamischen Einflussgrößen wie Squat, Sunk und Schwall messtechnisch erfasst und im Auswertemodell berücksichtigt werden (Abb. 2).

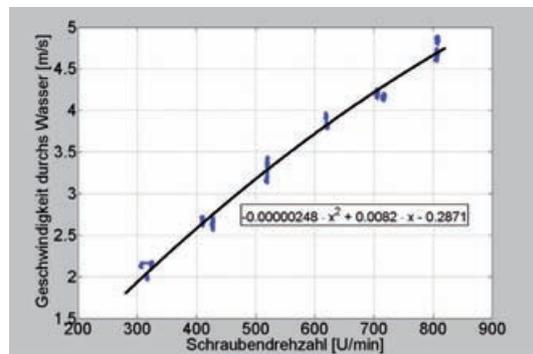
Die aktuelle durch die Schiffsdynamik verursachte Tiefgangsänderung wird im Hubsensor gemessen. Da die in der Literatur (Briggs 2006, Briggs 2009) erwähnten Algorithmen zur Squatbestimmung oft zu pessimistische Werte angeben und auch für andere Schiffsbautypen ausgelegt sind, wurde hier eine Squatformel empirisch bestimmt, mit der für einen Referenzpunkt auf dem Peilschiff (PS) »Mercator« das mittlere dynamische Einsinken berechnet wird (siehe BfG 2015). Als Referenzpunkt für das Kennfeld des Squat (engl.: »niederhocken«, Absink gegenüber Ruhelage) wird der Monitoring Point  $x_{MP}^B$  gewählt.

Der Zusammenhang zwischen der Messgröße Hub und den Zustandsgrößen ergibt sich wie folgt:

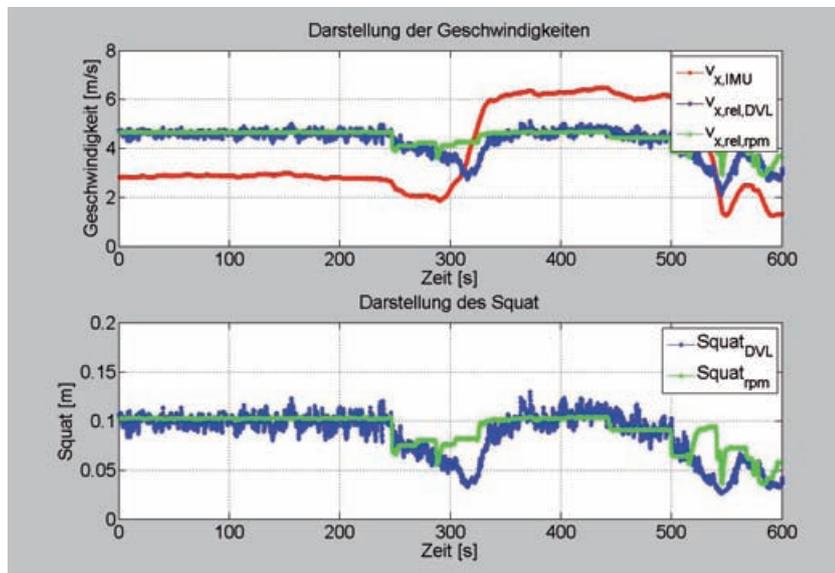
$$h_{v_{k+1}} = H_{WL,Model,k+1} + \Delta H_{WL,Model,k+1} + Load - Squat_{k+1} - H_{MP,k+1} \quad (3)$$

Mit der Höhe des Wasserspiegelmodells  $H_{WL,Model,k+1}$ , dem Fehler des Modells  $\Delta H_{WL,Model,k+1}$ , der Tiefgangsänderung aufgrund Umballastierung Load, der NHN-Höhe am Monitoring Point  $H_{MP,k+1}$

**Abb. 3:** Funktionaler Zusammenhang zwischen Schraubendrehzahl und Geschwindigkeit durchs Wasser



**Abb. 4:** Squat in Abhängigkeit von der Geschwindigkeit relativ zum fließenden Gewässer



Der für PS »Mercator« bestimmte Squat variiert je nach Fahrtgeschwindigkeit durch das Wasser und verbleibender Unterkiehlreiheit zwischen 0 cm und ca. 15 cm, bei einer Standardabweichung von ca. 1 cm. Das vollständige Squatmodell wurde im BfG-Bericht 1856 (2015) und von Scheider et al. (2014) beschrieben.

Um die Geschwindigkeit durch das Wasser zu ermitteln, wurde ein Doppler Velocity Log (DVL) zur direkten Messung eingesetzt. Alternativ kann die Geschwindigkeit durch das Wasser bei bekanntem funktionalen Zusammenhang aus der anliegenden Schraubendrehzahl berechnet werden. Für die Unterkiehlreiheit wird dabei ein konstanter mittlerer Wert verwendet.

Das Ergebnis einer Polynomapproximation nach der Methode der kleinsten Quadrate (Abb. 3) zeigt, dass der Zusammenhang zwischen Schraubendrehzahl und Fahrtgeschwindigkeit durch ein quadratisches Polynom mit einer Standardabweichung von 8 cm/s beschrieben werden kann.

Es stellt sich die Frage, ob beide Verfahren zur Geschwindigkeitsbestimmung gleichwertig sind bzw. ausreichende Genauigkeiten liefern. Dazu wird im Folgenden eine zusammenhängende Berg- und Talfahrt einschließlich Wende betrachtet (Abb. 4). Die Bergfahrt erfolgte mit

einer Geschwindigkeit von ca. 3 m/s und die Talfahrt mit einer Geschwindigkeit von ca. 6 m/s (rote Kurve).

Bei geringen Steuermanövern stimmt die über die Schraubendrehzahl berechnete relative Geschwindigkeit (grüne Linie) mit der vom DVL gemessenen relativen Geschwindigkeit (blaue Linie) gut überein. Größere Abweichungen entstehen beim Wenden des Schiffes oder bei Beschleunigungsphasen.

Die Differenzen zwischen der Zeitreihe des Squat mit DVL-Geschwindigkeiten (blaue Linie im unteren Teil von Abb. 4) und der Zeitreihe des Squat mit Geschwindigkeiten aus der Schraubendrehzahl (grüne Linie) sind bei Standardbedingungen, das heißt keine Fahrmanöver und nahezu konstante Unterkieflfreiheit, kleiner als 2,5 cm. Daher kann zwischen zwei Varianten zur Berechnung des Squat gewählt werden.

### 2.3 Integration eines Tachymeters

Üblicherweise wird ein motorisiertes Tachymeter stabil über einem Punkt an Land aufgebaut und auf dem bewegten Ziel ein Reflektorkranz angebracht. Diese Messanordnung hat den Nachteil, dass weiterhin ein Landmesstrupp eingesetzt werden muss und der Arbeitsbereich des Messschiffes auf die Reichweite des Tachymeters (500 m bis 700 m) eingeschränkt ist. In HydrOs wurde daher versucht, das Messprinzip umzukehren: Das Tachymeter wird an Bord angebracht (Abb. 5) und bei Bedarf werden in bekannten GNSS-Abschattungsbereichen ein oder mehrere Reflektoren fest installiert (inverses Prinzip).

Um ein Tachymeter integrieren zu können, muss zunächst die Position und Orientierung des Instruments im Schiffskordinatensystem bestimmt werden. Dies geschieht mittels einer freien Stationierung im Rahmen des Schiffskordinatensystems, welches durch auf dem Schiffskörper angebrachte Festpunkte und deren Koordinaten realisiert ist.

Die Untersuchung zeigte, dass diese Messungen problematisch sind: Die Sichtverbindung zwischen Tachymeter und Reflektor wird immer wieder durch Hindernisse (vorbeifahrende Schiffe, stationäre Hindernisse etc.) unterbrochen, wodurch eine erneute manuelle Anzielung des Reflektors notwendig wurde. Außerdem stoßen die im Tachymeter implementierten Algorithmen zur Zielverfolgung bei einer ständigen unregelmäßigen Orientierungsänderung des Schiffes teilweise an ihre Grenzen.

Die erzielbare Genauigkeit ist ausreichend, sodass versucht wird, die Hersteller zu bewegen, zukünftig die Zielverfolgung durch Adaption des Prädiktionsalgorithmus zu verbessern.

## 3 Untersuchungsergebnisse

Um eine Evaluierung des entwickelten Systems vornehmen zu können, wurden mehrere Messfahrten durchgeführt.



Abb. 5: Tachymeter an Bord von PS »Visurgis«

### 3.1 Messprogramm

Das Messgebiet liegt im Stadtbereich Duisburg zwischen den Stadtteilen Homburg und Ruhrort (Abb. 6). Es wurden folgende Messfahrten durchgeführt:

- Flächenpeilung über die gesamte Fahrwasserbreite ohne Abschattungsbereiche (rote Trajektorie),
- Flächenpeilung über die gesamte Fahrwasserbreite mit einer Brücke (gelbe Trajektorie),
- Messfahrt mit sehr wenig Dynamik auf dem Hafenkanaal (grüne Trajektorie),
- Messfahrt mit sehr hoher Dynamik auf dem Rhein im Bereich der roten Trajektorie,
- Messfahrt mit einseitigen GNSS-Abschattungen im Bereich der Brücke auf dem Rhein.

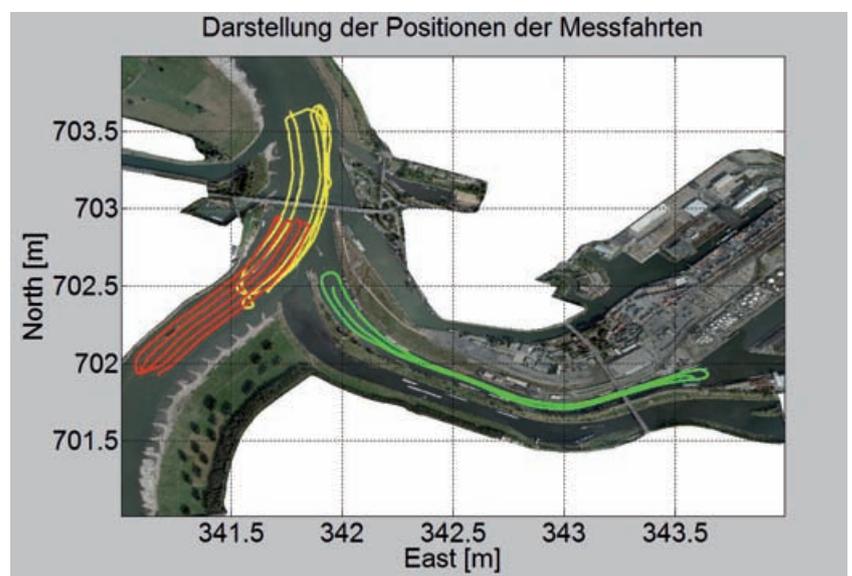
### 3.2 Untersuchung der Genauigkeit und Verfügbarkeit

#### Verfügbarkeit

Das HydrOs-System besteht in der Minimalkonfiguration ähnlich wie marktgängige Systeme aus einem GNSS-Empfänger mit RTK-Option, einer IMU und einem GNSS-Kompass.

- ...  
Kalman, Rudolf E. (1960): A New Approach to Linear Filtering and Prediction Problems; Transactions of the ASME, Journal of Basic Engineering, Vol. 82, Series D, S. 35–45  
Rauch, H.E.; F. Tung; C.T. Striebel (1965): Maximum Likelihood Estimates of Linear Dynamic Systems; AIAA Journal, Vol. 3, No. 8, S. 1445–1450  
Scheider, Annette; Harry Wirth; Marc Breitenfeld; Volker Schwieger (2014): HydrOs – An Integrated Hydrographic Positioning System for Surveying Vessels; FIG Congress 2014, 16.–21. Juni 2014, Kuala Lumpur  
Wiltshcko, Thomas (2004): Sichere Information durch infrastrukturgestützte Fahrerassistenzsysteme zur Steigerung der Verkehrssicherheit an Straßenknotenpunkten; VDI Verlag, Düsseldorf  
Wang, Jian-Guo (2009). Reliability Analysis in Kalman Filtering; Journal of Global Positioning Systems, Vol. 8, No. 1

Abb. 6: Übersicht über das Messgebiet sowie beispielhafte Messfahrten



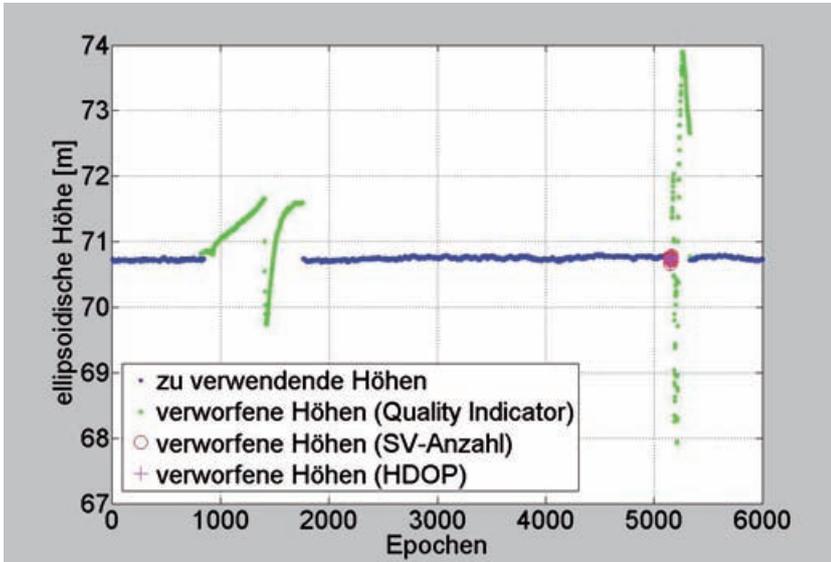


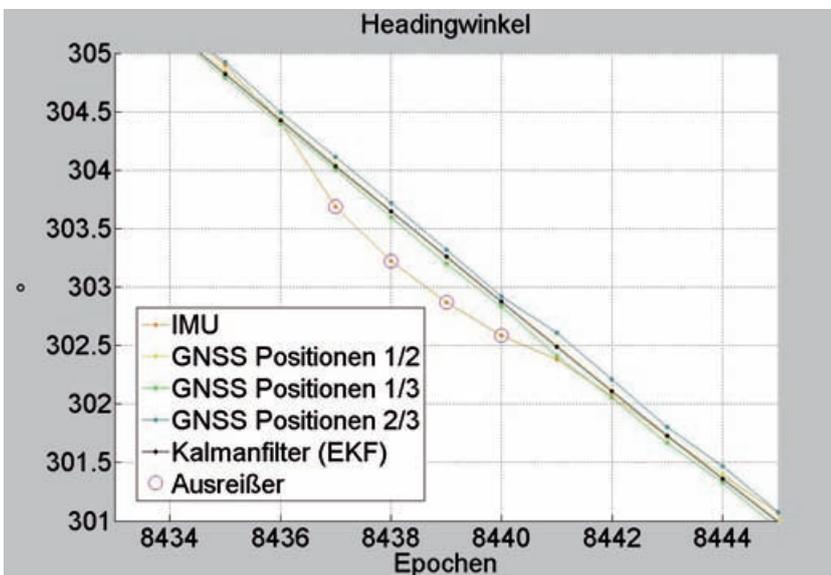
Abb. 7: Detektion der Problembereiche anhand von Qualitätsmerkmalen

Fällt der GNSS-Korrekturdienst aus (vgl. Abb. 7, Problembereich bei Epoche 1000) oder ergeben sich aufgrund ungünstiger Satellitenkonstellation bzw. Abschattungen (vgl. Abb. 7, Problembereich bei Epoche 5200) geringe Genauigkeiten, so führt dies zu größeren Abweichungen in den Beobachtungen des GNSS-Empfängers. Würden diese Daten im EKF verwendet werden, würde dies zu einem ebenfalls ungenauen Filterergebnis führen.

Das EKF liefert immer Daten, auch wenn Messlücken auftreten, insofern ist das EKF immer verfügbar, auch wenn die GNSS-Qualitätskriterien nicht erfüllt sind. Mit Verfügbarkeit wird im Folgenden daher die nach Prüfung aller Qualitätskriterien verbleibende Menge an Eingangsdaten bezeichnet.

In HydrOs wird deshalb, entsprechend dem Qualitätssicherungskonzept, vor Übernahme in das EKF geprüft, ob die zulässigen Wertebereiche der von den GNSS gelieferten Kennzahlen (wie den DOP-Werten, siehe Abb. 7) eingehalten werden, sodass die meisten fehlerhaften Positionsbeobachtungen (grüne Signatur) automatisch detektiert und eliminiert werden können. Eine weitere Möglichkeit zur

Abb. 8: Verifizierung der Ausreißerdetektion in der Beobachtung Heading (IMU)



Eliminierung von unplausiblen GNSS-Positionen besteht darin, ein Umringspolygon für Bereiche zu definieren, in denen erfahrungsgemäß mit (Teil-) Abschattungen zu rechnen ist. Dieses Polygon kann z. B. über die vier Eckpunktkoordinaten einer Brücke realisiert werden.

Die statistische Auswertung der Verfügbarkeit der Messdaten zeigt eindeutig, dass in der Praxis auch außerhalb von abgeschatteten Bereichen GNSS-Ausfälle oder GNSS-Daten mit unzureichender Qualität weit häufiger vorkommen, als dies bisher bekannt war. Die Qualitätskriterien wurden außerhalb der Abschattungsbereiche im Durchschnitt von 5 % bis 8 % der GNSS-Daten nicht eingehalten. Im Extremfall traten in einer Messfahrt von ca. 2 h Länge bis zu 19 Lücken auf, wovon vier größer als 1 Minute waren. Unter der Voraussetzung, dass die Dauer einer Lücke von 60 Sekunden nicht überschritten wird, beträgt die Verfügbarkeit der Ortung in *allen* Bereichen mit HydrOs 100 %.

### Steigerung der inneren Zuverlässigkeit durch Filterabstimmung und Ausreißertests

Innerhalb des Algorithmus des EKF muss die Systemstochastik  $\Sigma_{ww}$ , die Messstochastik  $\Sigma_{ll}$  sowie die Stochastik der Stellgrößen  $\Sigma_{uu}$  vorgegeben werden, um eine optimale Schätzung zu erreichen. Mit HydrOs können im Postprocessingmodus Varianzkomponenten für jede dieser Größen berechnet werden (Heunecke et al. 2013, Wang 2009). Diese werden für weitere Auswertungen auf den entsprechenden Diagonalelementen der Kovarianzmatrizen eingesetzt. Bei einer automatischen Abstimmung der Stochastik mit geschätzten Varianzfaktoren nähert sich die globale Varianz der Gewichtseinheit nach einer gewissen Einschwingzeit (wiederholtes Einsetzen der Ergebnisse) dem Wert 1 an.

Des Weiteren liegen die nach Caspary und Wang (1998) berechneten Redundanzanteile aller Beobachtungen bei einer optimalen Abstimmung zwischen 0,5 und 0,8, das heißt, sie sind ausbalanciert und kontrolliert.

Diese gleichmäßige Verteilung der Redundanzanteile ist Voraussetzung für eine vergleichbare hohe innere Zuverlässigkeit bzw. die Fähigkeit, auch kleinere Ausreißer sicher zu detektieren. Das Störuschen  $\Sigma_{ww}$  beschreibt die Abweichung der in den Systemgleichungen modellierten Bewegung von der realen Bewegung. Die Filterabstimmung mit festem, für einen Filterlauf global gültigem Störuschen birgt die Gefahr, dass z. B. bei Kurvenfahrten oder ungleichförmigen Beschleunigungen starke Abweichungen vom Bewegungsmodell nicht erfasst werden. Dies kann ein Überschwingen des Filters bewirken und im Extremfall zur Filterdivergenz führen.

Dem wird in HydrOs erfolgreich durch eine adaptive Anpassung des Störuschens (BfG 2015) vorgebeugt. In jeder Epoche werden die Störbeschleunigungen mitgeschätzt. Überschreiten die geschätzten Werte vorgegebene Schwellenwer-

te, so werden in der Störtauschmatrix anstelle der festen A-priori-Werte die Schätzwerte der Störbeschleunigungen verwendet. Das Filter folgt dann mehr den Messwerten als dem prädierten Systemzustand. Insbesondere bei den dynamischen Messfahrten wurde durch die adaptive Filterung in allen Kurven eine Verbesserung erreicht.

Um eine unverzerrte Schätzung des Systemzustands zu gewährleisten, können mit HydrOs Ausreißertests für die Messungen, den Zustandsvektor und auch die Störgrößen durchgeführt werden. Beispielhaft sei hier gezeigt, wie das System im Headingwinkel Ausreißer aufdeckt (Abb. 8).

Die detektierten Ausreißer weichen um ca.  $0,3^\circ$  von der berechneten EKF-Lösung und den zum Vergleich mit dargestellten, aus den ungefilterten Positionen der drei GNSS-RTK-Empfänger berechneten Headingwinkeln ab. Da die Ausreißer eliminiert wurden, wird das Filterergebnis (schwarze Kurve) nicht negativ beeinflusst. Fehlerhafte Headingwinkel traten in allen Bereichen mit hoher Drehrate gehäuft auf.

## Genauigkeit

Zunächst wurde untersucht, wie gut mit der Minimalconfiguration eine Lücke von mindestens 60 Sekunden überbrückt werden kann. In den Daten der Messfahrt (c) wurden durch zwei Umringspoligone Lücken verschiedener Länge generiert.

Da die Beobachtungen einer IMU nicht durch Abschattungsbereiche gestört werden und nahezu ohne Lücken vorliegen, wird die Verfügbarkeit durch die Integration einer IMU grundsätzlich deutlich gesteigert (Abb. 9, schwarze Kurve).

Um einen Eindruck über die mit der Minimalconfiguration im EKF erreichbare Genauigkeit zu erhalten, wurde ein Soll-Ist-Vergleich durchgeführt. Dabei werden die geschätzten gefilterten Koordinaten des EKF mit lückenlos zur Verfügung stehenden GNSS-Positionen als Soll-Trajektorie verwendet. Am Ende der ersten Lücke von ca. 62 Sekunden Dauer (zwischen Epoche 1019 und 1638) beträgt die Lageabweichung 0,512 m und die maximale Höhenabweichung 0,159 m. Am Ende der zweiten zeitlich größeren Lücke (99,8 Sekunden) erhöhen sich die Abweichungen in der Lage auf 0,743 m und in der Vertikalen auf 0,319 m. Dieses zeitabhängige Driftverhalten ist auf die numerische Integration der Beschleunigungen und Drehraten innerhalb der IMU zurückzuführen. Die Genauigkeitsanforderungen bzw. die gesteckten Ziele sind daher im EKF mit der Minimalconfiguration nur in Lücken bis ca. 40 Sekunden Länge erreichbar.

Eine Verbesserung wird im Postprozessing mit Hilfe der Rückwärtsrechnung nach dem Rauch-Tung-Striebel-Algorithmus (RTS-Algorithmus) erreicht (Rauch et al. 1965). In Abb. 10 ist das Ergebnis der Auswertung mit RTS-Algorithmus dargestellt (braune Kurve), die gesteckten Anforderungen werden in diesem Beispiel mit der Lageabweichung von 0,018 m und der Höhenabweichung

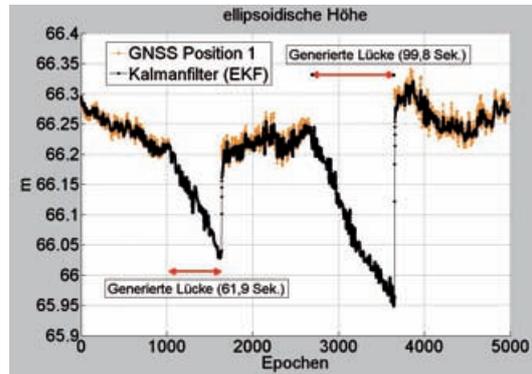


Abb. 9: Auswertung im EKF mit Hilfe der Minimalconfiguration

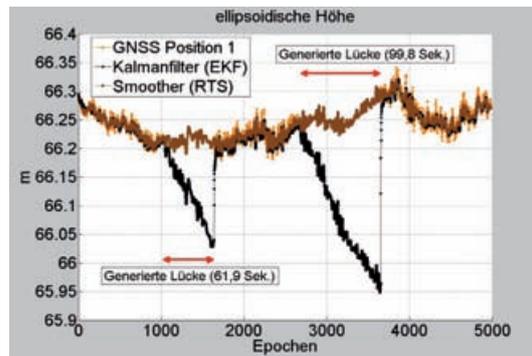


Abb. 10: Auswertung mit dem RTS-Algorithmus mit Hilfe der Minimalconfiguration

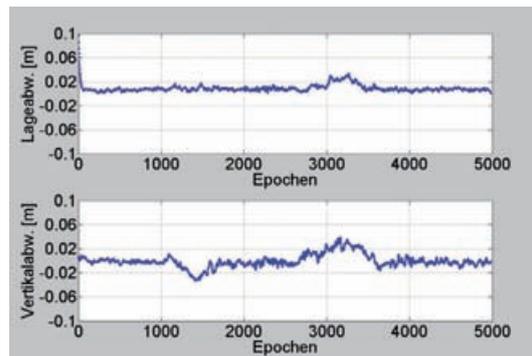


Abb. 11: Abweichungen der Ergebnisse des RTS-Algorithmus zur Solltrajektorie

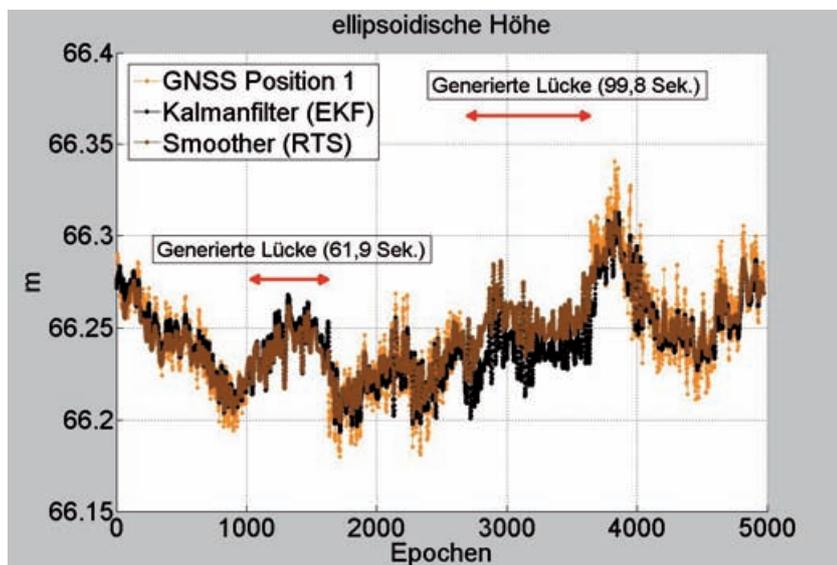
von 0,033 m erfüllt (Abb. 11). Nicht alle Lücken konnten mit der oben genannten Qualität allein durch den RTS-Algorithmus geschlossen werden. Es müssen weitere absolut messende Sensoren integriert werden. Außerdem steht diese Option für eine Auswertung im Echtzeitmodus nicht zur Verfügung.

Im Vergleich zur Minimalconfiguration wird durch die Integration des Wasserspiegellagenmodells das Driftverhalten in der Höhenganglinie schon im EKF eliminiert, sodass die geforderte Genauigkeit in der Höhe in beiden Lücken erreicht wird (maximale vertikale Abweichung 0,054 m, siehe Abb. 12).

Für eine ausreichend genaue Berechnung der Lagekomponente werden jedoch noch weitere, absolut messende Sensoren benötigt.

Die Verwendung von mehreren GNSS-Empfängern verbessert nicht nur die innere Zuverlässigkeit, sondern bei entsprechender Gewichtung auch die Genauigkeit.

Zunächst fällt in Abb. 13 auf, dass die Höhenkurve des dritten GNSS-Empfängers (gelbe Kurve) teilweise bis zu zehn Zentimeter von den anderen Kurven abweicht. Die Abweichungen sind zu klein,



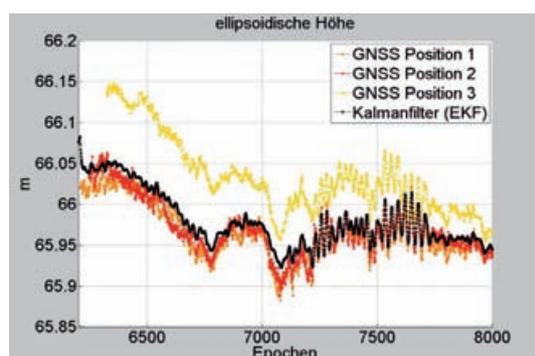
**Abb. 12:** Auswertung mit EKF und RTS-Algorithmus mit Hilfe der Minimalkonfiguration mit Hub und Wasserspiegellagenmodell

um sicher von Ausreißertests aufgedeckt zu werden, sodass dieses Problem auf andere Weise gelöst werden muss. Aufgrund der Redundanz kann hier mit Hilfe der Varianzkomponentenschätzung nachgewiesen werden, dass die Genauigkeit des dritten Empfängers im Vergleich zu den anderen beiden Empfängern deutlich geringer ist. Durch die realistischere Gewichtung des dritten GNSS-Empfängers liegt das Ergebnis des EKF näher an der realen Höhe. Außerdem verringert sich die geschätzte Standardabweichung des Zustandsvektors, die innere Zuverlässigkeit wird gesteigert, wodurch Ausreißer im Filterprozess besser erkannt werden. Durch die Verwendung von drei GNSS-Empfängern wird auch die Schätzung der Orientierungswinkel verbessert.

Die Beispiele wurden im kinematischen Systemmodell berechnet. Die Untersuchungen haben gezeigt, dass sich mit aufwendigeren dynamischen Modellen unter Standardbedingungen (keine Manöver und nahezu konstante Unterkielfreiheit) eine nahezu identische Genauigkeit ergibt. Bei extremen Beschleunigungsmanövern ist zu erwarten, dass die Genauigkeit der dynamischen Modelle jedoch tendenziell besser wird; dies muss noch untersucht werden.

Durch Vergleich der mit HydrOs gemessenen Wasserspiegelhöhe mit Pegelangaben konnte bei GNSS-RTK-Empfang eine absolute Höhenmessunsicherheit von 1 cm bis 2 cm mit einem Grad des Vertrauens von 95 % nachgewiesen werden.

**Abb. 13:** Höhenganglinien mit drei GNSS-Empfängern ungleicher Gewichtung



Das eingesetzte DVL zeigt in der Praxis eine deutlich schlechtere Genauigkeit der gemessenen Geschwindigkeit über Grund als die IMU. Das DVL ist also nicht direkt als unabhängige Kontrolle geeignet, vielmehr trägt es durch die Redundanz dazu bei, dass die Kontrolliertheit der IMU verbessert wird. Das DVL oder die Drehzahl der Motoren werden jedoch für die Berechnung der Geschwindigkeit durch das Wasser benötigt.

Das Barometer wurde ebenfalls integriert. Um Staueffekte durch den Fahrtwind zu vermeiden, wurde eine Piezo-Sonde konstruiert und eingesetzt. Trotzdem sind die aus den Druckdifferenzen berechneten Höhendifferenzen zu ungenau, so dass das Filterergebnis nicht verbessert wird.

Das Tachymeter ist ein absolut messender Sensor, der prinzipiell die in größeren Lücken in Echtzeit zu geringe Genauigkeit der Lagekomponente ausgleichen könnte. Wie die Untersuchungen gezeigt haben, ist das Messverfahren grundsätzlich geeignet, obwohl die Messgenauigkeit schlechter ist als bei Messungen von einem festen Standpunkt. Wegen der häufigen Signalverluste ist das Verfahren gegenwärtig nicht praxisreif einsetzbar.

#### 4 Fazit

Die im Zuge des Projekts entstandene Software HydrOs ist ein funktionsfähiger Prototyp, mit dem deutlich bessere Ortungsergebnisse erzielt werden können als mit der bisher eingesetzten Technik (Hentschinski u. Wirth 2012).

Die Positionsschätzung gelingt mit Hilfe eines Erweiterten Kalman-Filters, der unterschiedliche situationsangepasste 3D-Prädiktionsmodelle für die Bewegung des Vermessungsschiffes umfasst. Die wechselnde Dynamik der Schiffsfahrt kann durch adaptive Anpassung des Störtausens berücksichtigt werden. Weiterhin wurde eine empirische Squat-Funktion ermittelt und die Nutzung von Wasserspiegellagenmodellen integriert. Die anspruchsvollste Anforderung des Projekts, bei vollständigem Ausfall von GNSS mit 95 % Sicherheitswahrscheinlichkeit über einen Zeitraum von bis zu 60 Sekunden die Lage-Ortungsunsicherheit von maximal 30 cm in beiden Koordinatenkomponenten und die Höhenmessunsicherheit von maximal 10 cm einzuhalten, konnte generell im Postprocessing erfüllt werden.

Die neue Methode, GNSS-Höhenmessungen mit Hubsensor und Wasserspiegellagenmodellen zu verknüpfen, steigert die Höhenmessgenauigkeit in Lücken deutlich gegenüber der Genauigkeit, die mit marktüblichen Systemen erreicht wird (z. B. 0,8 m Abweichung nach einer Minute ohne Unterstützung, PHINS 6000 von iXBlue).

In einem Ergänzungsvorhaben soll erforscht werden, inwieweit durch verbesserte Schätzmethoden und die Integration weiterer absolut messender Sensoren – wie photogrammetrische Systeme – in Lücken eine bessere Lagegenauigkeit erreicht werden kann. [↕](#)

# NICOLA

## ENGINEERING GmbH

[www.nicola-eng.de](http://www.nicola-eng.de)



SEEVERMESSUNG | VERMESSUNGSWESEN

# Comparison of laser bathymetry with single-beam and multibeam data

An article by PABLO SÁNCHEZ GÁMEZ

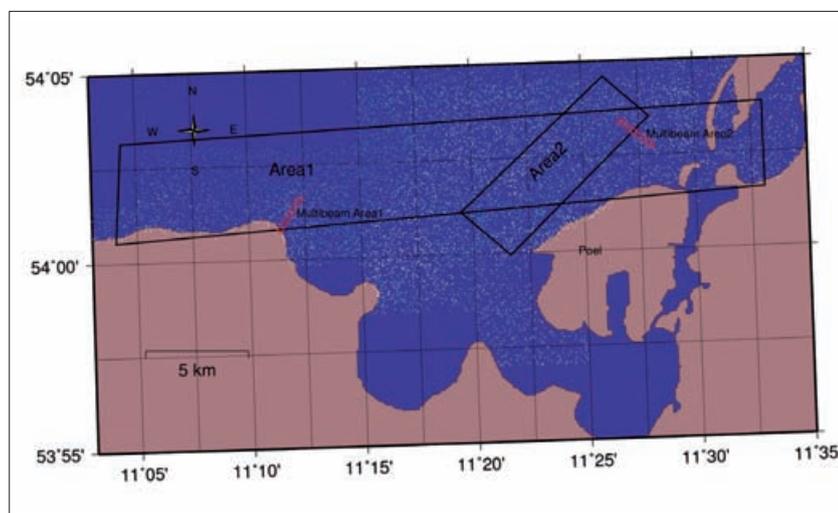
This article summarises a Master Thesis devoted to the task of evaluating the LIDAR bathymetric systems of Chiroptera and Hawkeye developed by the Swedish company AHAB. The LIDAR bathymetric data was compared against two reference data sets, single-beam and multibeam echo sounder data, which were evaluated beforehand in order to avoid any bias in the comparison. Different comparisons were made over the data to obtain the inner precision, outer accuracies as well as wreck search abilities of the systems under analysis. The reference used for classifying the systems on a specific performance level was the IHO S-44 standard.

## Author

Pablo Sánchez Gámez graduated from HCU in Hamburg in 2014 with a M.Sc. degree

pablo.gamez@gmx.de

**Fig. 1:** SBES data (blue dots), MBES (red) and LIDAR acquisition areas



LIDAR bathymetry | S-44 standard | DTM comparison | DTM accuracy | Chiroptera | Hawkeye

## 1 Introduction

In its inception, LIDAR applied to the underwater environment was a technology developed in the Cold War for the primary purpose of submarine detection. The first application as a hydrographic tool was presented by Hickman and Hogg (1969). Afterwards, its capabilities for bathymetric measurements as well as water column data retrieval were investigated and new equipment was developed accordingly. LIDAR bathymetric systems were developed in two types of sensors suitable for shallow and deeper coastal waters. However, the Hawkeye III system was precisely replacing these two sensors normally installed separately into a sole device with several lasers installed with the ability to cover the whole range of depths.

The assessment of the performance of LIDAR equipment was introduced mainly by companies and governmental agencies whose main interest was to ascertain the ability of these systems to complement or even replace the well-established multibeam echo sounder (MBES) and single-beam echo sounder (SBES) technologies. The need to define the quality of the LIDAR data led to a variety of tests showing that most of the systems achieved figures exceeding the IHO Order-1 standard at 95 % confidence level for the vertical accuracy. Such was the case of the SHOALS system with

a figure of 0.28 metres (Riley 1995), LADS Mk II with 0.24 metres (Perry 1999) or the Hawkeye system with a similar performance as the one showed by SHOALS (Steinval and Koppari 1996).

There are different kinds of measures that describe the quality of the LIDAR systems such as the case of the already mentioned vertical accuracy, the horizontal accuracy, the point density, the distribution and the footprint size. Therefore, the quality of the final product delivered by any system is influenced by the combination of these factors, the type of sea-floor surveyed (roughness) as well as the type of DTM used to represent the data (Li 2004).

The accuracy values given by former LIDAR assessments do not show the influence of the reference data sets on them. Therefore, increasing the overall amount of error and decreasing the expected reliability of the systems analysed.

## 2 Site description and instrumentation

The main study areas, where MBES and SBES as well as Chiroptera and Hawkeye data were collected, are located in the north of the city of Wismar. There are two further calibration sites located in the north of Rostock. These two calibration areas are composed by different elements such as obstacles, wrecks or concrete blocks among other elements. The SBES sensor covered a huge area comprising all the other data sets with a point spacing of approximately 30 to 40 metres. On the other hand, the MBES data gathered for the analysis comprised two rectangular areas as well as the calibration sites. The MBES collected data in a wide range of depths for the sake of upholding a thorough analysis of the LIDAR data set (see Fig. 1).

The LIDAR sensors were installed separately in the aeroplane. The aeroplane positioning was made with different systems. On the one hand, the positioning system for Chiroptera was made by the company IGI using GrafNav as processing software. On the other hand, for the Hawkeye sensor the positioning system was the Applanix POS AV using POSpac as processing software.

These programs are able to blend the post-processed aircraft position given by the GPS antenna with the attitude data delivered by the INS sensor in order to obtain a high-resolution position for the aircraft.

The Chiroptera system was able to collect around 140 million points while the Hawkeye collected almost 7 million. Furthermore, the Hawkeye sensor acquires points using a semicircular pattern in water depths up to 6 metres whereas the Chiroptera acquires data using an elliptical pattern in water depths up to 14 metres. The depth values displayed are only given as an approximation. The real depth limit for these sensors depends mainly on the water turbidity.

### 3 Methodology

The data provided by the company was divided in files conforming to the LAS format, each file representing a flight strip. Inside each LAS file there are different classes of points representing water surface, sea-floor or water obstacles. These data files were processed in a first stage with the program LAsTools which allowed to arrange all the information divided by flight strips in several files that represented the different survey areas. The program also allowed to extract exclusively those classes that were interesting for the analysis, which was the case of the sea-floor or underwater obstacles classes.

Once the data was preprocessed with LAsTools, the new LAS files were used as input to the GISMO software, where the comparison was carried out using the comparison tool available in this program. The last step in the procedure of comparison was to perform all the statistical analysis over the difference models with the OCTAVE program. OCTAVE is a tool similar to MATLAB and runs with scripts and functions developed for the purpose at hand.

The first decision taken regarding the comparison with the data was to use the densest model to perform the comparison operations in order not to lose information in the process. Therefore, the LIDAR data was used to perform the comparison operations. The data model used for representing the geographic data set was a TIN. Regarding these two facts, and also considering that the comparison will be a local operation (Tomlin 1990), it is possible to take into consideration the spatial data model conversions for numerical data and the rules for combining different spatial data models given by Kemp (1993).

The main approach, considering the spatial data model conversion, is to transform the TIN spatial model to an irregular grid by using point interpolation as specified by Kemp (1993). The destination model is the irregular grid because this is the spatial structure of the SBES data set and the MBES data set. Moreover, when considering the rules for combining different spatial data models the data set with the bigger density will be used for the

operations, otherwise one would lose precision during the operations (Kemp 1993), therefore the LIDAR data set for performing the point interpolation operations should be used.

The general procedure for the comparison was performed using the following steps:

1. Generation of a TIN from LIDAR data.
2. Point interpolation on the TIN data model.
3. Generation of irregular grid from interpolated points. (These irregular grids will correspond with the positions of the SBES and MBES data).
4. Comparison between generated irregular grid and reference data (SBES or MBES data sets).
5. The different data sets were divided using depths with intervals where the lower limit was included and the higher limit was excluded.
6. Statistical analysis of the generated difference grid in OCTAVE.

Finally, an absolute vertical accuracy assessment was performed based on the entire information given by the different data set comparisons. The approach was to assess each DTM accuracy by isolating it from the influence of the second data set used in the comparison (Ben-Haim et al. 2013). This assessment was performed building a set of equations that expressed the various comparisons made along this study and solving this system using least squares adjustment.

## 4 Results and discussion

### 4.1 Reference data sets

The SBES data set was considered to be free from bias when compared with itself in a simulation process where 400 randomly taken points were compared against the entire sample of SBES points composed of approximately 350,000 points (Li 2004). After the analysis, the standard deviation of SBES data set was considered to be 0.156 metres. The MBES data set was also considered to be free from bias while its standard deviation was deemed to be 0.05 metres. When comparing both reference data sets there was a large bias of  $-0.22$  metres caused by the shallower measurements given by the SBES technology.

Finally, it is worth mentioning the similar values between the SBES accuracy estimation and the estimation of the SBES DEM error obtained after removing the MBES influence from their comparison (0.156 metres the former and 0.154 metres the latter one).

### 4.2 LIDAR inner precision

The inner precision analysis showed the consistency of the LIDAR Chiroptera data while the Hawkeye system exhibited a clear bias in some of the results, especially in the overlapping areas. This bias was due to a tilt that showed its maxi-

Nominiert für den **DHyG**  
Student Excellence Award  
2015

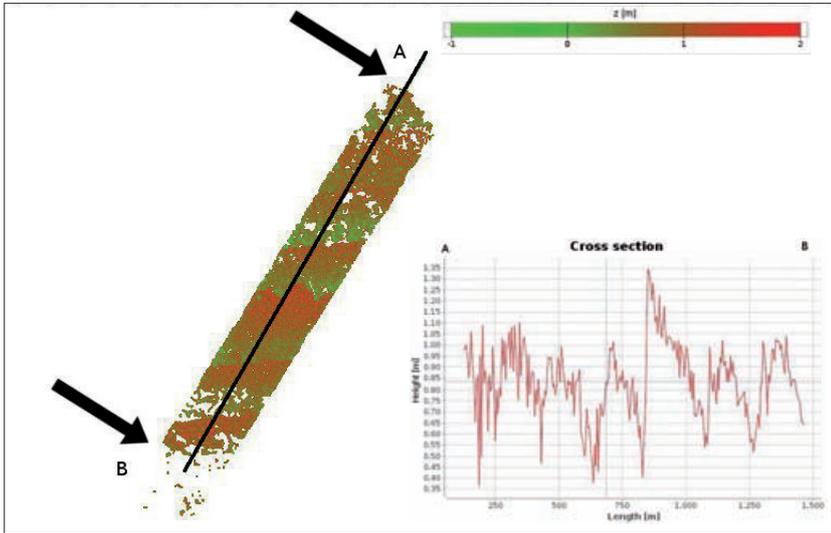


### Acknowledgements

I would like to thank Dr. Wilfried Ellmer and Prof. Markéta Pokorná for their useful advice during the months I spend doing the Master Thesis. I would also like to thank Prof. Delf Egge and M.Sc. Tanja Dufek for their help with this article.

### References

- Ben-Haim, Gev; Sagi Dalyot; Yerach Doytsher (2013): Geostatistical Approach for Computing Absolute Vertical Accuracy of Digital Terrain Models; Fourth International Conference on Computing for Geospatial Research and Application, July, 22-24 2013, pp. 32-39
- Gunter, Gary C.; Thomas J. Eisler; Jack L. Riley; Steven W. Perez (1996): Obstruction Detection and Data Decimation for Airborne Laser Hydrography; Proceedings of the Canadian Hydrographic Conference, Halifax, 1996
- Hare, Rob (1994): Calibrating LARSEN-500 LIDAR bathymetry in Dolphin and Union Strait using dense acoustic ground truth; International Hydrographic Review 71, pp. 91-108
- Hickman, G. Daniel; John E. Hogg (1969): Application of an airborne pulsed laser for near-shore bathymetric measurements; Remote Sensing of Environment 1, pp. 47-58
- Kemp, Karen K. (1993): Environmental Modeling with GIS: A Strategy for Dealing with Spatial Continuity; NCGIA Technical Report 93-3, May 1993



**Fig. 2:** Comparison MBES area 1 and Hawkeye system, profile showing the inclination and differences among flight strips

imum difference on the sides of the flight strips (see Fig. 2 and 3).

The comparison of Chiroptera and Hawkeye sensors revealed a bias between them. The source for this bias between sensors could be precisely the mentioned bias caused by the tilt in the Hawkeye system.

### 4.3 Comparison between LIDAR and reference data sets

The comparison between SBES data and LIDAR data revealed a bias of approximately 0.60 metres which was caused by a mistake in the geoid undulation interpolation. The comparison also showed an increasing trend for the standard deviation with depth.

On the other hand, there exists a noticeable increase of precision with depth at the shallower values reaching an optimal depth at around 4 to 5 metres for the case of Chiroptera and between 7 to 10 metres for the case of Hawkeye. This is caused by the presence of outliers in the shallower regions which disappear and allow for such increase of accuracy (see Fig. 3 and 4, and the tables).

Comparison	Bias	StD
Chiroptera vs SBES	0.681 m	0.218 m
Chiroptera vs MBES	0.776 m	0.177 m
Absolute accuracy Chiroptera		0.093 m

The comparison of MBES and LIDAR supports the results obtained with the SBES data set. It is worth mentioning the improvement of the standard deviation in the case of the MBES comparisons due to the better quality of the MBES data set with respect to the SBES data set.

Comparison	Bias	StD
Hawkeye vs SBES	0.620 m	0.255 m
Hawkeye vs MBES	0.831 m	0.211 m
Absolute accuracy Hawkeye		0.190 m

The least squares estimation revealed also the influence of the reference data sets on the comparisons. This is the case with the Chiroptera sensor whose standard deviation decreased in almost half the value of the one obtained with the MBES comparison. This effect is also noticeable, but to a lesser extent, in the case of the Hawkeye standard deviation results.

### 4.4 Wreck search capabilities

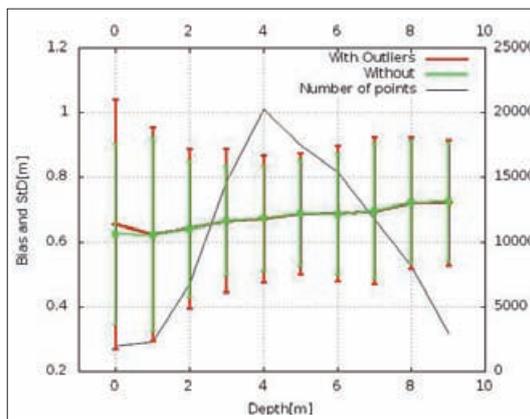
The first wreck analysed was located in the MBES area at an approximate depth of 4 metres protruding from the seabed up to 3 metres. The wreck was not retrieved by the sensor and hence there is hardly any point protruding from the overall Chiroptera DTM surface. On the other hand, the wreck is easily noticeable in the MBES DTM model.

The detection probability of such a wreck, taking into consideration the bad water clarity conditions, goes to a value of at least 80 % (Guenter et al. 1996). This fact leads us to think that this wreck should have been detected by the LIDAR system.

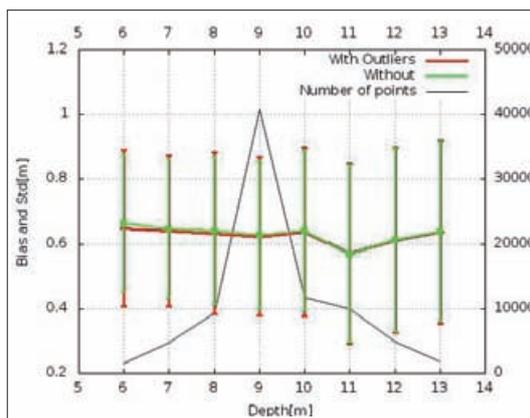
The second wreck analysed, only detected by Hawkeye, is located in Nienhagen reef and was the only one available among the other obstacles placed in both calibration areas. The Hawkeye model represents the shape of the object. However, there is a decrease of precision of the system in the region where the obstacle lies.

The results of the wreck analysis are not conclusive and it would be necessary to perform more thorough and complete assessment of the behaviour of the LIDAR data in those places with underwater obstacles. Moreover, these results seem to

**Fig. 3:** Comparison SBES and Chiroptera system area 1



**Fig. 4:** Comparison SBES and Hawkeye system area 1



be contradictory when analysing the data sets system-wise, e.g. surprisingly the Chiroptera system does not detect the wreck, whereas the Hawkeye does it with some difficulties.

## 5 Conclusion

The analysis of the two LIDAR systems, Chiroptera and Hawkeye, together with the analysis of the reference data sets used for the comparison allowed, first, to give an insight into the real accuracy and behaviour of the LIDAR data and, secondly, to guarantee that the information given as a reference could be used as such.

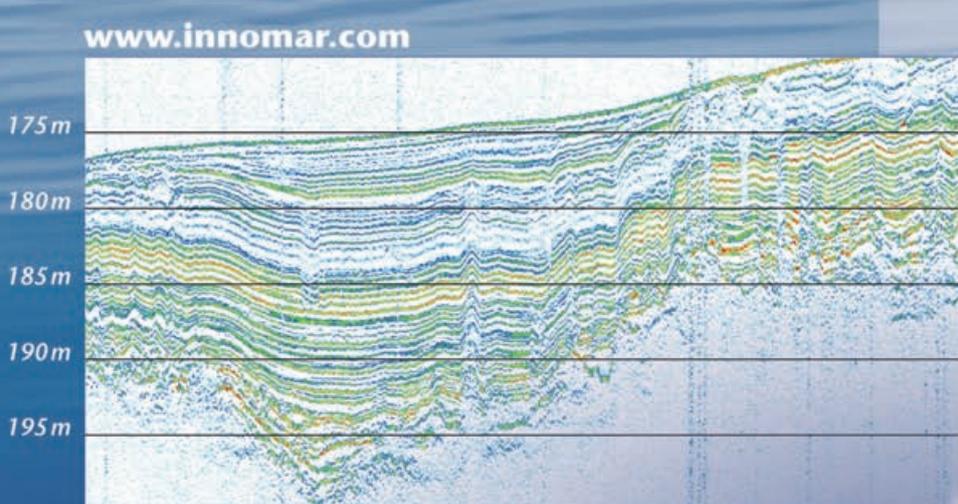
The Chiroptera system showed an overall good performance with relatively good values for the standard deviation of the data. This behaviour was supported by the results of the inner precision analysis, where the sensor showed strong coherence with minor systematic errors present in the analysis of the overlapping areas. The results of the comparison with the SBES and MBES data sets illustrate how the Chiroptera sensor was able to comply with S-44 Order 1 requirements when considering the bias present in the data set.

The Hawkeye system showed a lower performance when compared with its Chiroptera counterpart. This fact was noticeable both in the inner

precision analysis and in the MBES and SBES comparisons. The inner precision analysis showed a system with a consistent performance in terms of standard deviation. This analysis showed also the presence of a further systematic error in the Hawkeye sensor, which was observed as an inclination of the flight strips. The results of the comparison with the SBES and MBES data sets show how the Hawkeye sensor decreases its performance slowly with depth. Furthermore, when considering the bias present in the data sets, most of the depth regions were compliant with the S-44 Order 1 standard.

This study leaves several questions open. The first being related with the analysis of the performance of the LIDAR data under different types of sea-floors (ranging from flat to rough). This factor could have a strong influence on LIDAR performance as suggested by Ben-Haim (2013) and therefore should be addressed in further research. The second issue to tackle in a future analysis is the ability of the LIDAR system to detect underwater obstacles, therefore giving a better insight in the system's ability to reach S-44 Order 1b or Order 1a requirements. This question remains open due to the lack of wreck data or its low quality if present in the data sets. [↕](#)

Li, Zhilin; Qung Zhu; Chris Gold (2004): Digital terrain modeling: Principles and methodology; CRC Press, Washington, D.C.  
 Perry, Gavin John (1999): Post-processing in laser airborne bathymetry systems, Proceedings of ROPME/PERSGA/IHB Workshop on Hydrographic Activities in the ROPME Sea area and Red Sea, October 24-27, Kuwait, 13 pp.  
 Riley, Jack L. (1995): Evaluating SHOALS bathymetry using NOAA hydrographic survey data; Proceedings of the 24th Joint Meeting of UJNR Sea-Bottom Surveys Panel, November 13-17, Tokyo  
 Steinvall, Ove K.; Kurt R. Koppari (1996): Depth sounding lidar – an overview of Swedish activities and future prospects; in: Victor I. Feigels, Yurij I. Kopilevich (Ed.): Laser Remote Sensing of Natural Waters: From Theory to Practice; SPIE Proceedings, Vol. 2964, pp. 2–25



www.innomar.com

175m  
180m  
185m  
190m  
195m

Frequency 8kHz, pulse length 375µs (SES-2000 light), Baltic Sea

### SES-2000 Parametric Sub-Bottom Profilers

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

- ▶ Different systems for shallow and deep water operation available
- ▶ Menu selectable frequency and pulse width
- ▶ Two-channel receiver for primary and secondary frequencies
- ▶ Narrow sound beam for all frequencies
- ▶ Sediment penetration up to 150m (SES-2000 deep)
- ▶ User-friendly data acquisition and post-processing software
- ▶ Portable system components allow fast and easy mob/demob
- ▶ Optional sidescan extension for shallow-water systems



SES-2000 compact



SES-2000 standard



SES-2000 light plus



SES-2000 medium  
SES-2000 deep



# Objektdetektion im Meeresboden

## Verwendung eines mechanisch und elektronisch verschwenkbaren parametrischen Echolotsystems

Ein Beitrag von EIKE BARNEFSKE

Bei der Verwendung eines horizontal verschwenkt eingebauten Transducers des parametrischen Echolotsystems Innomar SES-2000 Standard gibt es Vor- und Nachteile bei der Detektion von Objekten in den oberen Sedimentschichten. Auf Grundlage von Messergebnissen über einem in schallweichem Boden eingespülten Unterseekabel wurden Analysen zur Erkennbarkeit von Objekten unter verschiedenen Verschwenkungswinkeln des Transducers durchgeführt. Die Untersuchung zeigt, dass ab einer Verschwenkung von größer  $15^\circ$  schallharte Objekte aufgrund der vergrößerten akustischen Erscheinung und verringerten Reflexion der umgebenden Sedimentschichten zuverlässiger bestimmt werden können. Die verbesserte Erkennbarkeit beeinflusst die Genauigkeit, mit der ein Objekt in den Sedimentschichten detektiert werden kann, in Abhängigkeit der zunehmenden Verschwenkung und der Wassertiefe.

### Autor

Eike Barnefske schrieb seine Bachelorarbeit an der HCU in Hamburg im Jahr 2014

eike.barnefske@hcu-hamburg.de

Sub-Bottom Profiler | Objektdetektion | Sedimentschichten | Methode der Winkelverschwenkung

### Einleitung

Die zunehmende Erschließung der Meere und der Meeresböden – für Transportwege, zum Abbau von Rohstoffen und zur Energiegewinnung durch Offshorebauwerke – bedingen Techniken der Ortung von künstlichen und natürlichen Objekten im Meeresboden und deren Vermessung. Zu Planungs-, Überwachungs- und Forschungszwecken wird eine Vielzahl von Techniken auf Grundlage von optischen, elektromagnetischen und akustischen Sensoren verwendet (van der Velden u. Roders 2012). Parametrische Echolotsysteme zeichnen sich durch ihre kompakte Bauweise, eine große Eindringung des Schalls in Meeresböden und einer hohen Auflösung der Messwerte aus.

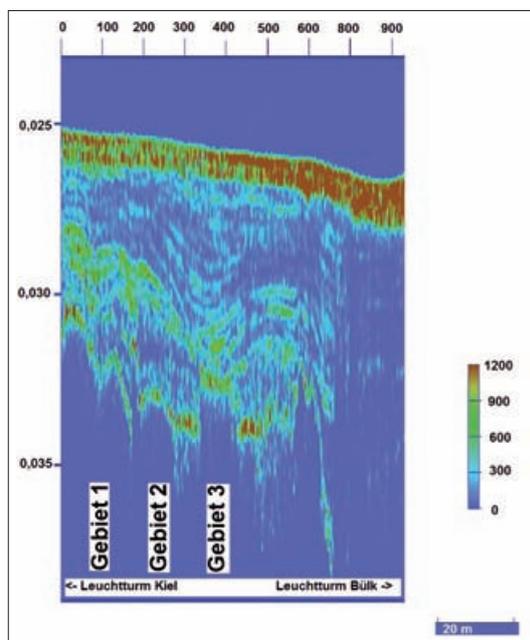
Die gute Erkennbarkeit von vergrabenen Objekten und Strukturen im Meeresboden konnte mit dem parametrischen Echolot SES-2000 der Firma Innomar bei einer Verschwenkung von  $30^\circ$  von

Wunderlich et al. (2005) nachgewiesen werden. Schneider et al. (2013) konnten mit einem 12-kHz-Fächerecholotsystem nachweisen, dass bei einem Einfallswinkel von größer als  $50^\circ$  Untersuchungen des Untergrundes in schlickigem Sediment in mehreren Metern Tiefe möglich sind.

Die vorliegende Arbeit ergänzt diese Untersuchungen durch schrittweise Änderung des Verschwenkungswinkels des Transducers zur Ortung kleiner Objekte. Als Testobjekt dient ein Seekabel mit einem Querschnitt von 10 cm. Die systematische Untersuchung zeigt die Vor- und Nachteile sowie besondere Effekte auf, die beim Einsatz eines parametrischen Echolotsystems unter verschiedenen Einbauwinkeln des Transducers von  $0^\circ$  im konventionellen Einbau bis zu einer  $60^\circ$ -Verschwenkung auftreten. Diese Verschwenkungen wurden wahlweise sowohl mechanisch durch den Einbau einer Adaption am Schwinger als auch elektronisch durch die Manipulation des Rollwinkels um einen konstanten Betrag erzielt.

### Untersuchungsobjekt

Der experimentelle Teil der Untersuchung wurde im März 2014 am Seekabel zwischen den Leuchttürmen Bülk und Kiel im Rahmen des Kooperationsprojekts MaTeP/ROSSO (zwischen dem Geomar und der Kongsberg Maritime Embient GmbH) auf dem FK »Littorina« durchgeführt. Das untersuchte Seekabel dient der Versorgung des Leuchtturms Kiel in der Kieler Bucht und wird von der Wasser- und Schifffahrtsverwaltung des Bundes instandgehalten. Die Einspültiefe und die genaue Lage waren bis zum Tage der Untersuchung nicht bekannt (Holst 2014). Daher wurde die Lage des Kabels aus Seekarten näherungsweise ermittelt. Durch die Untersuchungen konnte der aktuelle Kabelverlauf präziser beschrieben werden. Die ungefähre Vergrabetiefe des Seekabels beträgt etwa ein bis zwei Meter.



**Abb. 1:** Geotrack parallel zum Kabel im Bereich der Gebiete 1 bis 3 im schallweichen Untergrund (Sekundärfrequenz 15 kHz)

## Geoakustische und geologische Beschaffenheit im Untersuchungsgebiet

Das Untersuchungsgebiet befindet sich knapp nördlich der Kieler Förde und östlich der Eckernförder Bucht. Dieses Gebiet wurde im Spätpleistozän glazial stark überprägt (Babernerd u. Gerlach 1992). Die Wassertiefe beträgt ca. 18 m und der Untergrund ist aus verschiedenen Sedimentarten aufgebaut, die grob als schallharte und schallweiche Böden klassifiziert werden können (Orsi et al. 1952). Die in der Analyse betrachteten Kabelüberfahrten sind in schallweichem holozänen Schlack durchgeführt worden. Die Eindringtiefe der seismischen Signale des parametrischen Echolots ist abhängig von der Härte des Bodens (Stocks 1952), was auf die Auffindung von Objekten im Meeresboden einen signifikanten Einfluss hat. Der Geotrack zeigt die Mächtigkeit der Sedimentschichtung in den drei untersuchten Teilgebieten, in denen ein ähnliches Bodenvorkommen herrscht und der Meeresboden eben verläuft (Abb. 1). Die obere Sedimentschicht für das Gebiet 1 ist näherungsweise 4,3 m, die für Gebiet 2 ist 6,5 m und die für Gebiet 3 ist 6,8 m mächtig. In den tieferen Sedimentschichtungen sind einige geologische Strukturen erkennbar.

## Methodik

Die Untersuchung wurde mit dem parametrischen Echolot Innomar SES-2000 Standard und einer für die Untersuchung entwickelten Adaption zur mechanischen Verschwenkung des Transducers durchgeführt. Ein elektronisches Verschwenken ist in einem Arbeitsbereich von  $\pm 15^\circ$  durch bestimmte softwaregestützte Manipulationen der Neigungswinkel möglich. Bei seitlichem Einbau ist der Rollwinkel und beim Einbau in Fahrtrichtung ist der Pitch-Winkel einzustellen. Die Bestimmung der Position und der Neigungswinkel (Navigationsdaten) erfolgt mit dem Motionssensor Coda Octopus Motion F180, der fest an Bord des FK »Littorina« installiert ist. Der steuerbords installierte Transducer wurde in Lage und Höhe in das Koordinatensystem des Motionssensors eingemessen. Abb. 2 zeigt die Anordnung der Instrumente während der Messungen.

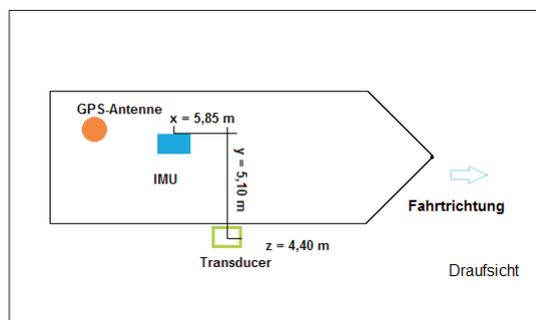


Abb. 2: Einmessung und Lage der GPS-Antenne, des Motionssensors (IMU) und des Transducers an Bord des FK »Littorina«

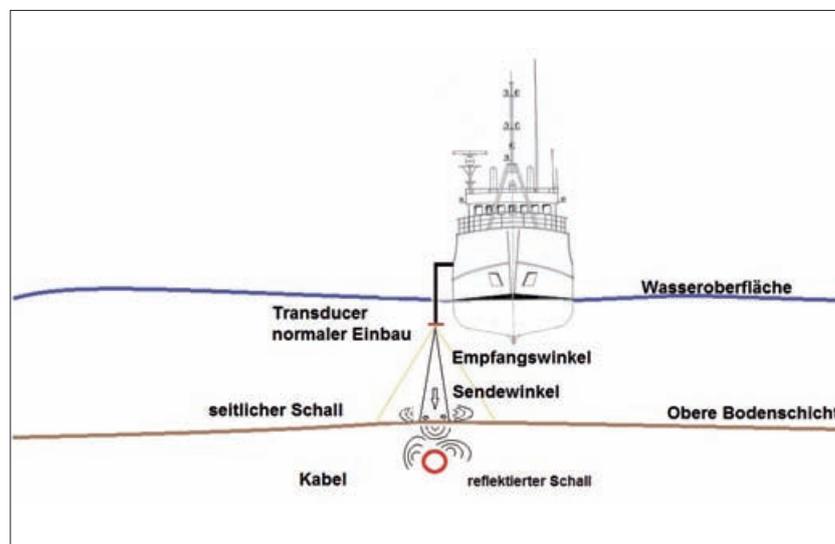
Das SES-2000-Standard-System hat einen Arbeitsbereich von 1 m bis 500 m Wassertiefe. Die vertikale Genauigkeit des SES bei horizontalem Einbau und einer Wassertiefe von 20 m beträgt 4,4 cm. In Abhängigkeit von den äußeren Bedingungen und der Frequenz kann ein Signal aufgrund des parametrischen Systems bis zu 50 m in den Boden eindringen und hochauflösende Darstellungen des Meeresbodens liefern. Eine Besonderheit des parametrischen Echolots ist der relativ kleine Öffnungswinkel von  $\pm 1,8^\circ$  beim Senden und ein großer Empfangswinkel von  $\pm 12,3^\circ$  bei 15 kHz (Wunderlich u. Müller 2003; Wunderlich et al. 2005).

## Aufnahmefahrten

Die Aufnahmefahrten wurden am 12. und 13. März 2014 bei ruhiger See in weiten kreuzenden Kabelüberfahrten durchgeführt. Der Kabelverlauf war nur näherungsweise aus Seekarten bekannt. Die Positionierung des Seekabels konnte durch Kabelsichtungen in den seismischen Daten während der Messfahrten verbessert werden, um so durch die Bestimmung der Ist-Position die Länge der Überfahrten zu verkürzen.

Neben experimentellen Überfahrten wurden Profilmfahrten unter konventionellem Einbau des Transducers parallel und über dem Kabelverlauf kreuzend durchgeführt. Beim konventionellen Aufbau wird der Transducer mit  $0^\circ$  Verschwenkung zum Meeresboden installiert. Ein Teil des Messsignals dringt in den Meeresboden ein und andere Teile des Signals werden am Meeresboden transmittiert oder seitlich gestreut und breiten sich horizontal an der Oberfläche der Sedimente aus (Abb. 3).

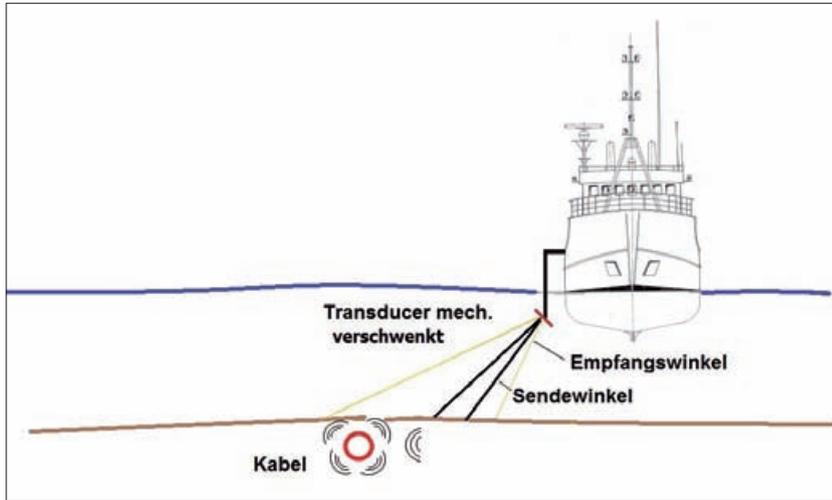
Bei der experimentellen Profilmfahrt wurde mittels einer mechanisch verstellbaren Adaption der Transducer um  $45^\circ$  verschwenkt (Abb. 4), sodass elektronisch über das Manipulieren des Rollwinkels Verschwenkungen von  $30^\circ$  und  $60^\circ$  herbeigeführt werden konnten. Für weitere Messungen wurde die mechanische Verschwenkung des Transducers auf die konventionelle Einstellung zurückgebaut.



Ausgezeichnet mit dem  
DHyG Student Excellence  
Award 2015



Abb. 3: Transducer unter konventionellem Einbauwinkel und physikalische Ausbreitungseigenschaften des Schalls bei senkrechter Reflexion an Sedimentschichten bei kleiner Sendekule und großer Empfangskule des parametrischen Echolotsystems. Streuungseigenschaften der Schallwellen am Kabel



**Abb. 4:** Transducer unter experimentell verschwenktem Einbauwinkel am Beispiel von 45°. Physikalische Ausbreitungseigenschaften des Schalls bei schräger Reflexion an Sedimentschichten bei kleiner Sendekeule und großer Empfangskeule des parametrischen Echolotsystems. Streuungseigenschaften der Schallwellen am Kabel

Die Verschwenkung von 15° wurde elektronisch erzeugt.

### Auswertung und Ergebnisse

Die aus Seekarten näherungsweise bestimmte Lage des Kabels weist zur Ist-Lage eine Abweichung von bis zu 100 m auf. Die Ist-Lage des Seekabels wurde durch die Bestimmung von Pings, bei denen das Kabel optisch gut in den seismischen Daten erkennbar ist, durchgeführt und unter Berücksichtigung von Offsets in UTM-Koordinaten umgerechnet. Die Zuverlässigkeit des Kabelverlaufs konnte durch eine Vielzahl an Positionsbestimmungen für das Untersuchungsgebiet sichergestellt werden.

Die Auswertung der Navigationsdaten und seismischen Daten erfolgte getrennt mit den Softwareanwendungen Generic Mapping Tools (GMT) und Seismic Unix (SU). Die seismischen Daten wurden mit SU in Form eines Profil-Echogramms visualisiert (Abb. 1). Die Querachse eines Profil-Echogramms zeigt die Laufzeit in Sekunden, die ein Signal vom Aussenden über die Reflexion bis zum Empfang zurücklegt (Two Way Travel Time). Die Amplitude des zurückgesendeten Signals wird durch eine einheitliche Farbskala von 0 bis 1200 Stufen in allen Echogrammen beschrieben. Die Profilarbeiten wurden mit unterschiedlichen Geschwindigkeiten durchgeführt, sodass zur Vergleichbarkeit der Profile eine Normierung der Daten auf eine Geschwindigkeit von 1 m/s erfolgte.

Die Profile wurden im Bereich des schallweichen Bodens aufgezeichnet (Abb. 1). Da die kreuzende Überfahrt über das Kabel nicht exakt reproduzierbar ist, wurden für die Auswertung der Echogramme Gebiete zusammengefasst, in denen homogene Bedingungen herrschen. Im Gebiet 1 konnte aufnahmetechnisch bei der Messung keine Verschwenkung um 30° durchgeführt werden. Die untersuchten Kabelüberfahrten wurden mit einem Überfahrungsinkel von nahe 90° zum Kabel durchgeführt, sodass Verzerrungen des Signals in der Querachse minimiert werden konnten.

In den Abb. 5, 6 und 7 sind für die Echogramme bei Verschwenkungen des Transducers von 0° bis 60° ähnliche Eigenschaften in den Profilen der drei Gebiete zu erkennen. Mit zunehmender Verschwenkung nimmt die Amplitudenstärke der reflektierten Signale ab. Abb. 6 b) stellt einen besonderen Fall dar (Gebiet 2, Verschwenkung 15°). Hier ist die Amplitudenstärke deutlich schwächer als bei den Vergleichsprofilen. In allen Gebieten zeigt sich, dass bei 30° Verschwenkung die Abnahme der Amplitudenstärke im Vergleich zur 15°-Verschwenkung wieder zunimmt.

Die Laufzeit in den Profilausschnitten nimmt mit größer werdender Verschwenkung zu. Die Laufzeiten bis zum Kabel entsprechen bei einer mittleren Schallgeschwindigkeit von 1445 m/s einem einfachen Laufweg von 19 m (Verschwenkung 0°) und 39,7 m (Verschwenkung 60°).

Das Kabel ist unter konventionellen Einbauwinkeln in den Abb. 5 a), 6 a) und 7 a) mit etwa 1 m räumlich in den Profilen am geringsten ausgeprägt (Kabelbreite in Tabelle 1). Im experimentellen Aufbau nimmt die Breite in den Profilen, die einem reflektierten Signal vom Kabel zugeordnet werden kann, zu. Mit zunehmender Verschwenkung verschiebt sich die Ausbreitung des Signals von einer horizontalen zu einer vertikalen Ausdehnung. Die Laufzeiten zwischen erstem und letztem Signal betragen bis zu 0,01 s.

	Verschwenkung	Kabelbreite	Abb.
Gebiet 1	0°	2 m	5 a)
	15°	10 m	5 b)
	45°	8 m	5 c)
	60°	9 m	5 d)
Gebiet 2	0°	1 m	6 a)
	15°	28 m	6 b)
	30°	11 m	6 c)
	45°	6 m	6 d)
	60°	14 m	6 e)
Gebiet 3	0°	1 m	7 a)
	15°	17 m	7 b)
	30°	12 m	7 c)
	45°	10 m	7 d)
	60°	14 m	7 e)

**Tabelle 1:** Auflistung der in den Abb. 5, 6 und 7 dargestellten Profilausschnitte mit Kabelbreiten bei einer Geschwindigkeit von 1 m/s und räumlicher Zuordnung

### Literatur

- Baberner, Brigitta; Sebastian A. Gerlach (1987): Bathymetry and Sediments of Kieler Bucht; in: Jan Rumohr; Eckart Walger; Bernt Zeitzechel (Hrsg.): Seawater-Sediment Interactions in Coastal Waters, Band 13, Springer-Verlag, Berlin 1987, S. 15–31
- Orsi, Thomas H.; Friedrich Werner; Doris Milkert; Aubrey L. Anderson; William R. Bryant (1996): Environmental overview of Eckernförde Bay, northern Germany; Geo-Marine Letters 1996, Vol. 16, Issue 3, S. 140–147
- Schneider von Deimling, Jens; Wilhelm Weinrebe; Zsuzsanna Tóth; Henrik Fossing; Rudolf Endler; Gregor Rehder; Volkhard Spieß (2013): A Low Frequency Multibeam Assessment: Spatial Mapping of Shallow Gas by Enhanced Penetration and Angular Response Anomaly; Marine and Petroleum Geology, Vol. 44, 2013, S. 217–222
- Stocks, Theodor (1952): Schallweicher und schallharter Boden im Bereich des Stoller Grundes (Kieler Bucht) in Beziehung zur Geologie; Deutsche Hydrographische Zeitschrift, Band 5, Heft 2-3, 1952, S. 149–153

## Interpretation und Diskussion der Ergebnisse

Die Erkennbarkeit von Objekten in Echogrammen ist unter anderem abhängig vom Impedanzkontrast zwischen Objekt und Sedimenten (Wunderlich et al. 2005). Je größer dieser Impedanzkontrast ist, desto besser kann ein Objekt erkannt werden. Die Abb. 5 a), 6 a) und 7 a), die den konventionellen Einbau des Transducers wiedergeben, zeigen, dass das Seekabel ohne zusätzliche Informationen nicht eindeutig identifiziert werden kann.

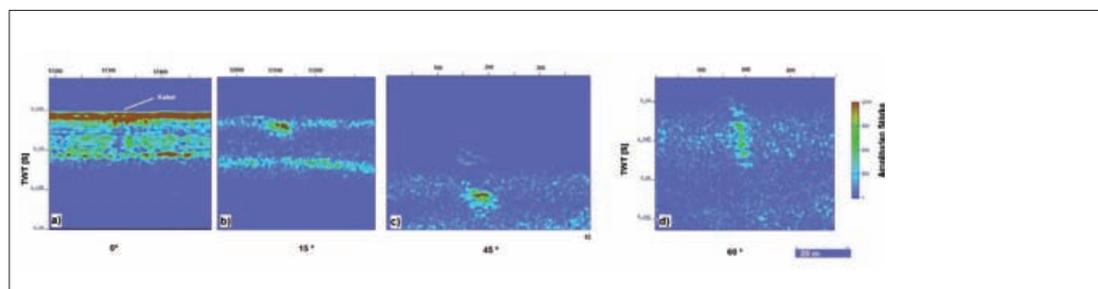
Das Verschwenken des Transducers (Abb. 4) bewirkt, dass die ausgesendeten Schallwellen in einem schrägeren Winkel die Sedimentschichten treffen. Der schräge Winkel hat zur Folge, dass ein großer Teil des reflektierten Signals an den Sedimentschichten vom Transducer weg reflektiert wird und ein schwächeres Signal vom umgebenden Boden am Transducer empfangen wird (Wunderlich et al. 2005). Die Abschwächung der an den Sedimentschichten reflektierten Signale ist in den Abb. 5, 6 und 7 für den experimentellen Aufbau zu erkennen. Der 30°-Fall stellt hierbei eine Ausnahme dar, die auf einen speziellen Winkel hinweist, bei dem das Signal verstärkt zum Transducer gestreut wird.

Die unterschiedlichen horizontalen und vertikalen Ausbreitungsmuster der Rückstreuungen des Kabels sind auf die bei der Verkippung größer werdenden Bereiche, von denen eine Rückstreuung empfangen wird, zurückzuführen (Footprints).

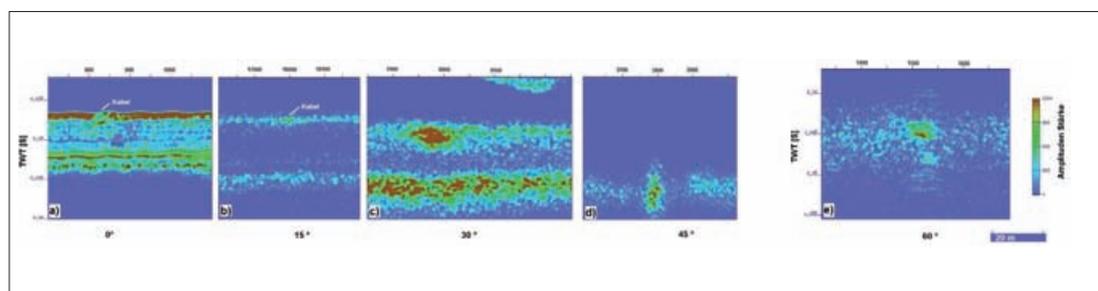
Bei einem Öffnungswinkel von  $\pm 12,3^\circ$  beim Empfang und einer Wassertiefe von 20 m vergrößert sich der Durchmesser des Footprints von 9,2 m beim konventionellen Einbau des Transducers auf 40,7 m bei einer Verschwenkung um  $60^\circ$ . Je größer die Fläche des Footprints ist, desto mehr Signale von unterschiedlichen Streuwinkeln am Kabel können empfangen werden. Bei einer großen Verschwenkung sind die Laufwege der Nebenkeule kürzer als die der Hauptkeule. Signale, die von der Nebenkeule registriert werden, erscheinen im Echogramm höher als die der Hauptkeule und verstärken die vertikale Streckung im Echogramm.

Neben dem Empfangswinkel wird die Intensität der empfangenen Signale des Kabels durch den Überfahrwinkel beeinflusst. Bei einer rechtwinkligen Überfahrt unter einer schwachen Verschwenkung ist zu erwarten, dass das Kabel durch ein diskretes und sehr stark gestreutes Signal in den Profilen erscheint. Umgekehrt ist bei einem stumpfen Überfahrwinkel eine Verbreiterung zu erwarten. Dieser Effekt ist aufgrund ähnlicher Überfahrwinkel in dieser Untersuchung gering gehalten worden. Es lässt sich aber aus den Ergebnissen ableiten, dass bei einer Verschwenkung bis  $30^\circ$  dieser Effekt stärker ist als bei den größeren Verschwenkungen.

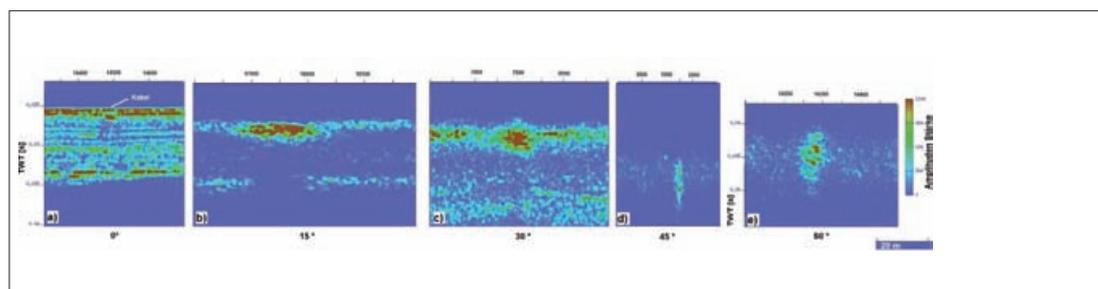
Eine große Unsicherheit für die Bestimmung der Position des Kabels tritt durch einen Footprint von mehreren Metern schon bei geringen Tiefen auf. Es ist so nicht möglich, die Po-



**Abb. 5:** Vergleich der Profilausschnitte bei Überfahrten mit eingestellter Verschwenkung um a)  $0^\circ$ , b)  $15^\circ$ , c)  $45^\circ$  und d)  $60^\circ$  im Gebiet 1. Abb. d) hat einen veränderten Anzeigebereich in der Hochachse



**Abb. 6:** Vergleich der Profilausschnitte bei Überfahrten mit eingestellter Verschwenkung um a)  $0^\circ$ , b)  $15^\circ$ , c)  $30^\circ$ , d)  $45^\circ$  und e)  $60^\circ$  im Gebiet 2. Abb. e) ist aus Gründen der besseren Darstellung in der Hochachse anders skaliert



**Abb. 7:** Vergleich der Profilausschnitte bei Überfahrten mit eingestellter Verschwenkung um a)  $0^\circ$ , b)  $15^\circ$ , c)  $30^\circ$ , d)  $45^\circ$  und e)  $60^\circ$  im Gebiet 3. Abb. e) hat einen veränderten Anzeigebereich in der Hochachse

**Danksagung**

Ich möchte dem Geomar Helmholtz-Zentrum für Ozeanforschung Kiel, insbesondere dem Projektleiter von MaTeP/ROSSO und Betreuer meiner Bachelorarbeit, Dr. Jens Schneider von Deimling, für die ausgezeichnete Betreuung danken.

Frau Prof. Makéta Pokorná möchte ich für die interessante Themenstellung herzlich danken.

Ein besonderer Dank gilt Dr. Philipp Held für seine Unterstützung bei der Auswertung der Projektausfahrt mit FS »Littorina«.

sition eines Objektes auf wenige Meter genau zu bestimmen. Tabelle 2 zeigt die Vergrößerung des Durchmessers des Footprints für die untersuchten Verschwenkungen bei Wassertiefen von 10 m und 20 m und gibt somit eine Vorstellung über die Genauigkeit und die Suchfläche je Ping unter den jeweils ausgewählten Verschwenkungen. Eine Bestimmung der genauen Vergrabetiefe des Objektes ist aufgrund der Brechungseffekte der Schallwellen an den unterschiedlichen Sedimentschichten und der unregelmäßigen Streuung am Objekt sowie den oben beschriebenen Effekten der vertikalen Streckung des Signals bei großen Verschwenkungen ohne zusätzliche Informationen nicht möglich.

Wassertiefe	Verschwenkungswinkel				
	0°	15°	30°	45°	60°
10 m	4,4 m	4,7 m	5,9 m	9,2 m	20,3 m
20 m	8,7 m	9,4 m	11,8 m	18,3 m	40,7 m

**Tabelle 2:** Größen der Empfangsfootprints in Abhängigkeit von Verschwenkungswinkeln und Wassertiefen

Die Unsicherheit bei der Bestimmung der Position und der Vergrabetiefe des Objektes unter schrägem Einfallswinkel ist als ein Vorteil bei der Detektion von Objekten zu betrachten. Der große Footprint und die großen Unterschiede der Amplitudenstärken zwischen der verringerten Sedimentrückstreuung und den festen (schallharten) Objekten in den oberen Schichten führt dazu, dass ein Gebiet mit einem geringeren Zeitaufwand

überfahren werden kann, um vergrabene Objekte zu detektieren.

**Fazit und Ausblick**

Gegenstand der durchgeführten Untersuchung ist die Detektion und Vermessung von Objekten im Meeresboden unter verschiedenen ausgewählten Verschwenkungswinkeln eines Transducers des parametrischen Echolotsystems SES-2000 Standard der Firma Innomar.

Die Untersuchungen zeigen, dass ein längliches Objekt mit einem Querschnitt von 10 cm unter Verwendung eines verschwenkten Transducers zielführender ab einem Winkel von 15° zu orten ist als bei konventionellem Einbau (0°). Die verbesserte Auffindbarkeit des Objektes verschlechtert die Genauigkeit, mit der ein Objekt vermessen werden kann, in Abhängigkeit von der Größe der Verschwenkung und der Wassertiefe. Daher empfiehlt es sich, die Ortung mit verschwenktem Transducer und die Vermessung mit konventionell eingebautem Transducer durchzuführen.

Die verwendete Adaption für die mechanische Verschwenkung bedingt einen kompletten Ausbau des Schwingers, was ein Nachteil beim schnellen Wechseln zwischen konventionellem und verschwenktem Betrieb sein kann. Die elektronische Verschwenkung ist systembedingt nur um  $\pm 15^\circ$  möglich. Weitere Untersuchungen sind Gegenstand des Geomar Forschungszentrums zu dieser Problematik.

Anwendung kann die Methode eines verschwenkbaren Transducers in den Bereichen der Archäologie oder Baugrundsondierung finden, die nicht an einer hochgenauen Vermessung, sondern an der Information über das Vorhandensein oder Nichtvorhandensein von Objekten in einem Gebiet interessiert sind. [↕](#)

## Hydrographische Nachrichten HN 101 – Juni 2015

### Fachzeitschrift für Hydrographie und Geoinformation

Offizielles Organ der Deutschen Hydrographischen Gesellschaft – DHyG

**Herausgeber:**

Deutsche Hydrographische Gesellschaft e. V.

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

Internet: [www.dhyg.de](http://www.dhyg.de)  
E-Mail: [dhyg@innomar.com](mailto:dhyg@innomar.com)  
Telefon: (0381) 44079-0

ISSN: 1866-9204

**Schriftführer:**

Lars Schiller  
E-Mail: [lars.schiller@dhyg.de](mailto:lars.schiller@dhyg.de)

**Redaktion:**

Hartmut Pietrek, Dipl.-Ing.  
Prof. Markéta Pokorná, Ph.D.  
Stefan Steinmetz, Dipl.-Ing.

**Wissenschaftlicher Beirat:**

Prof. Dr.-Ing. Delf Egge  
Horst Hecht, Dipl.-Met.

**Anzeigen:**

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

© 2015

**Hinweise für Autoren:**

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

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

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

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

# Engineering Analysis Module

## Now with vertical feature modelling

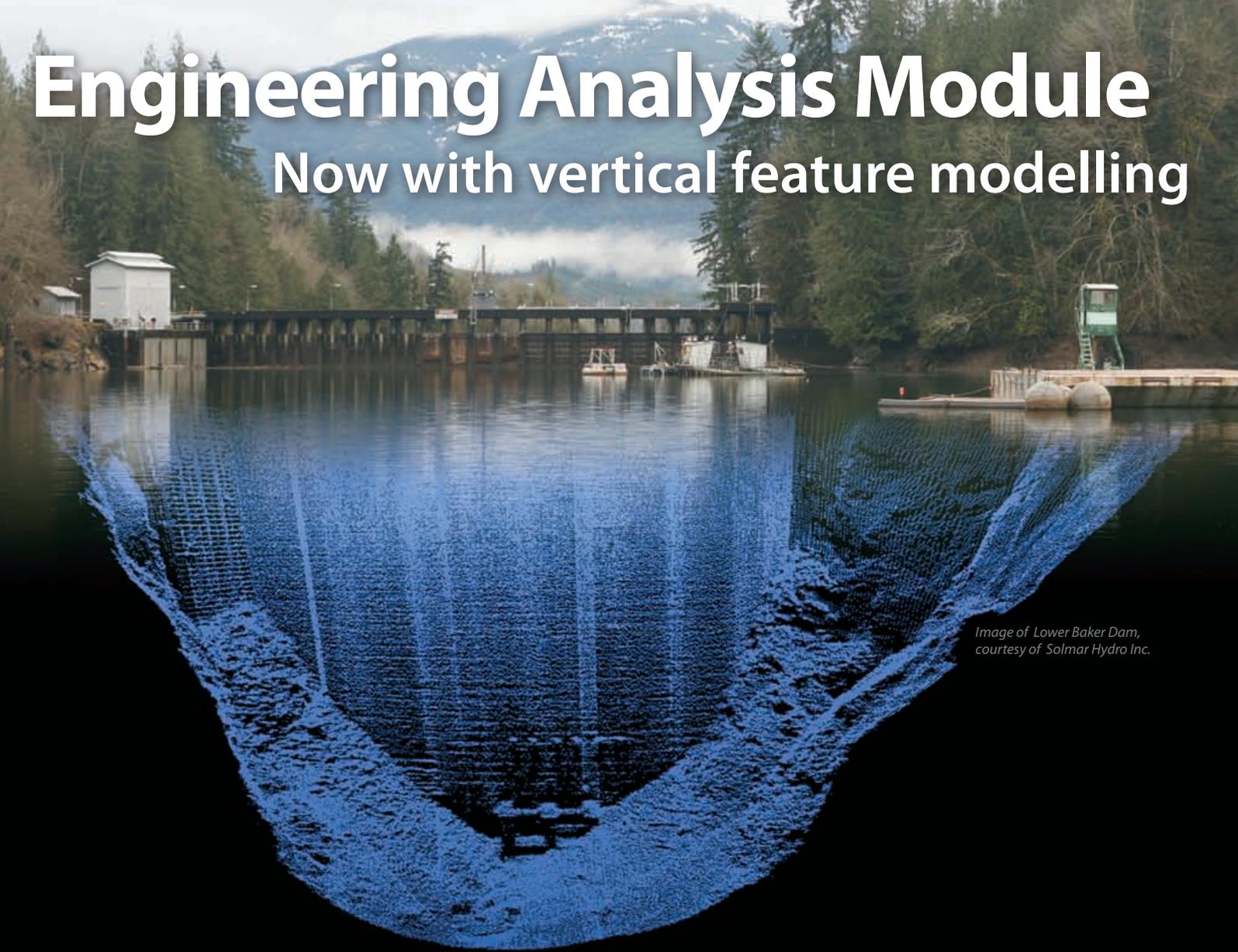


Image of Lower Baker Dam, courtesy of Solmar Hydro Inc.

### Hydrographic Survey has been focused on accurately mapping the seafloor, river or lake bottom.

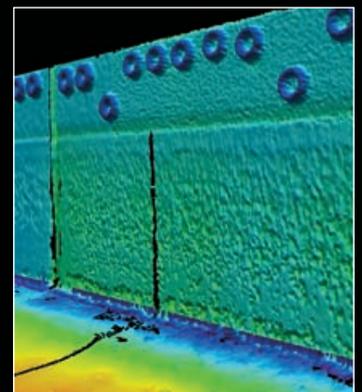
With the increased use of laser scanners, LiDAR and imaging sonars the interface between land and sea and man-made infrastructure is becoming easier to survey providing a more complete picture. This technology introduces new requirements for terrain modelling and provides new analysis opportunities.

**The Engineering Analysis Module™** is an extension of the CARIS BASE Editor™ aimed at the Port and Waterway and Survey Engineering community. In addition to its proven capabilities in dredge support and channel analysis, it now contains the tools to make reference models of vertical and inclined features such as dams and quay walls. This provides an easy and efficient workflow for deformation analysis and maintenance activities.

New features include:

- Tools to create theoretical models that have multiple planes
- Enhanced gridding algorithms that model vertical, inclined and horizontal terrains
- Analysis capabilities to difference the survey data and the theoretical model

The Engineering Analysis Module is a component of the Ping-to-Chart™ solution, allowing users to seamlessly process data from the sonar ping through to products, with sophisticated analysis capabilities.



Dataset courtesy of Montreal Port Authority

# Kanalangepasste Unterwasserkommunikation

Ein Beitrag von DANIEL M. MIELKE

Der Bedarf an zuverlässiger, möglichst hochratiger Unterwasserkommunikation wächst in vielen Bereichen rasant an. Physikalisch bedingt sind nur Schallwellen unter Wasser über längere Distanzen ausbreitungsfähig. Doch der akustische Unterwasserkanal ist hinsichtlich der Ausbreitungsbedingungen (Mehrwegeausbreitung und Dämpfung) und der Kapazität (Datenrate, die fehlerfrei übertragen wird) hochgradig zeitvariant. Im Mobilfunk, wo adaptive Datenraten unterstützt werden, ist man schon seit den 90er Jahren weiter. Die Aufgabe bestand daher darin, ein robustes, adaptives Übertragungsverfahren zu entwickeln, um ein GSM-ähnliches Netzwerk unter Wasser zu realisieren.

## Autor

Daniel M. Mielke studiert an der Christian-Albrechts-Universität zu Kiel

dmmi@tf.uni-kiel.de

Unterwasserkommunikation | Unterwassermodem | Unterwasserkanal

## 1 Motivation

Die drahtlose Übertragung von Daten ist heutzutage in vielen Lebensbereichen eine Selbstverständlichkeit geworden. Jedoch sind praktisch all diese Systeme für die Nutzung an der Luft (z. B. Mobilfunknetze, WLAN) bzw. im Weltraum (z. B. Raumsonden, TV-Satelliten) ausgelegt. Drahtlose Kommunikation im Wasser ist im Verhältnis dazu wenig erforscht, obwohl auch hier zahlreiche Einsatzgebiete denkbar sind. Neben der naheliegenden Verwendung zur Kommunikation unter Tauchern oder bemannten U-Booten sind hier unter anderem unbemannte Sonden (AUVs) zu nennen. Es ist zu erwarten, dass diese in den nächsten Jahren an Bedeutung gewinnen werden; sei es zur Ortung und zum Abbau von Bodenschätzen oder auch zur Vermessung von Gewässern.

Die drahtlose Kommunikation im Wasserkanal kann theoretisch auf verschiedene Weise erfolgen: *Elektromagnetische Wellen* kommen üblicherweise in den oben genannten Beispielen vor. Im Wasser sind diese jedoch aufgrund der besonderen Eigenschaften dieses Mediums problematisch. Höhere Trägerfrequenzen, die für eine akzeptable Datenrate erforderlich sind, erfahren eine sehr starke Dämpfung, sodass auch schon bei kürzesten Strecken Probleme auftreten. In einem Versuch konnte beobachtet werden, dass eine handelsübliche WLAN-Verbindung (802.11n, 2,4 GHz) bereits nach einigen wenigen Zentimetern zusammenbricht. *Optische Systeme* haben ebenfalls das Problem der kurzen Reichweite, was durch Streuung und Verunreinigungen im Wasser begründet ist. Der Vollständigkeit halber sei erwähnt, dass es hierzu Projekte gibt, in denen die Reichweite durchaus über der Sichtweite liegt.

Unterwasserkommunikation mit *Schallwellen* stellt eine weitere interessante Option dar, die der Autor in seiner Bachelorarbeit mit dem Titel »Kanalangepasste Unterwasserkommunikation« untersucht hat. Zwar existieren bereits Unterwassermodems, die auf der Basis von Schallwellen Daten übertragen, doch sind diese in ihrer Datenrate sehr begrenzt (10 kBit/s) und wenig flexibel. Ziel der Arbeit war es, ein akustisches Unterwassermodem zu entwickeln, das erheblich höhere Daten-

raten als bestehende Systeme ermöglicht, sobald die Qualität des Übertragungskanals dies zulässt. Gleichzeitig soll die Kommunikation bei einer schlechteren Qualität des Kanals nach Möglichkeit nicht abbrechen. Diese Eigenschaften stellen ein kanaladaptives Verhalten dar. Zudem sollten mehrere Trägersignale parallel zum Einsatz kommen, um zum einen die Datenrate noch weiter zu steigern und um zum anderen auch die Ausfallsicherheit zu erhöhen.

## 2 Der Unterwasserkanal

Der Unterwasserkanal für Schallwellen weist einige Eigenschaften auf, die in ähnlicher Form auch in anderen Übertragungskanälen zu beobachten sind. Ein Beispiel stellt hier die Mehrwegeausbreitung des Signals dar: Befindet sich ein Nutzer mit seinem Mobiltelefon in einer Stadt, so werden die elektromagnetischen Wellen beispielsweise an Häuserfassaden reflektiert. Das Signal muss also einen längeren Weg zurücklegen als die direkte Verbindung (LOS, Line of Sight) zur Basisstation darstellt. Folglich kommt am Empfänger das gleiche Signal mehrfach zeitlich versetzt an.

Dasselbe Problem tritt auch im Unterwasserkanal auf, und zwar je nach Art des Gewässers unterschiedlich stark. Während Mehrwegeausbreitung auf offener See mitten in einem tiefen Gewässer eine untergeordnete Rolle spielt (die Entfernung zu potenziellen Reflektoren wie dem Meeresgrund ist so groß, dass die Komponenten ausreichend gedämpft werden), ist die Situation in einem Hafenbecken oder im Flachwasser eine ganz andere. Die letztgenannten Szenarien sind gute Beispiele für eine massive Mehrwegeausbreitung. Die Schallwellen werden vom Sender emittiert und breiten sich im Wasser aus. Zunächst erreichen sie über den LOS-Pfad den Empfänger, doch es findet zudem eine Reflexion an der Wasseroberfläche, dem Grund, an Spundwänden und Wasserfahrzeugen statt. Diese Mehrwegekomponenten erreichen ebenfalls den Empfänger, allerdings zu späteren Zeitpunkten. Man beachte, dass der Sender üblicherweise in der Zwischenzeit bereits neue Daten verschickt hat, deren Empfang durch die verzögerten Komponenten der vorherigen Übertragung

beeinträchtigt wird. Dieser Effekt fällt bei Schallwellen im Wasser deutlich stärker ins Gewicht als beispielsweise bei elektromagnetischen Wellen an der Luft. Der Grund dafür ist die erheblich geringere Geschwindigkeit, mit der sich Schall im Wasser im Vergleich zur Lichtgeschwindigkeit ausbreitet. Somit treten auch bei kurzen Distanzen zu einem Reflektor vergleichsweise große Verzögerungen auf. Dem Effekt der Mehrwegeausbreitung kann man, anders als bei anderen Störungen wie beispielsweise Rauschen, nur sehr bedingt mit einer erhöhten Sendeleistung begegnen, da hierbei auch die Intensität der Echos zunehmen würde.

Eine weitere wichtige Angabe bei der Einschätzung eines Kanals ist das Verhältnis von Signal und Rauschen (SNR, Signal to Noise Ratio). Das SNR hat direkten Einfluss auf die Kapazität eines Kanals, welche in der Informationstheorie eine zentrale Größe darstellt und die maximal mögliche Datenrate limitiert. In der Literatur werden als mögliche Störquellen für den akustischen Unterwasserkanal Wasserfahrzeuge, konkurrierende Kommunikationsstrecken, seismische Aktivität, Meerestiere oder auch das Brandungsrauschen genannt (Nasri et. al 2009).

Zudem muss beachtet werden, dass der Kanal stark frequenz- und zeitabhängig ist. Die Intensität der Schalldämpfung im Wasser ist abhängig von der Frequenz des Signals. Auch die im Wasser gelösten Chemikalien und Mineralstoffe haben einen Einfluss auf diese Dämpfung.

### 3 Kanaladaption

Eine Anpassung der Datenrate an die aktuelle Kanalqualität ist bei der drahtlosen Übertragung digitaler Daten heutzutage alltäglich. Als Beispiel sei hier das Mobilfunknetz erwähnt: Das ursprüngliche GSM-Netz mit seinem Datendienst GPRS ist nach wie vor im Einsatz. Es verwendet eine robuste Codierung sowie eine robuste Modulation, die stets für den *worst case* ausgelegt ist, unabhängig davon wie gut oder schlecht der Kanal tatsächlich ist. Als *worst case* kann zum Beispiel das Szenario

betrachtet werden, in dem sich der Nutzer am Rande einer Funkzelle befindet.

Über die Jahre wurde das bestehende System um modernere Modulations- und Codierungsverfahren erweitert. Diese Erweiterungen tragen Namen wie EDGE, EGPRS oder EGPRS-2 und ermöglichen höhere Datenraten als der anfängliche GPRS-Datendienst, sofern der Kanal dies zulässt (vgl. z. B. Kottkamp 2008).

Diese Idee wurde nun für die Entwicklung eines Unterwassermodems aufgegriffen. Zum Einsatz kommen die Codierungs- und Modulationsverfahren der oben aufgeführten Systeme, zwischen denen je nach Kanalqualität (vordergründig in Abhängigkeit des SNR) gewechselt werden kann. Offensichtlich ist hierbei eine Abschätzung der Qualität des Kanals erforderlich. Diese kann anhand verschiedener Kriterien erfolgen, deren Eignung im Rahmen der Arbeit untersucht wurden.

### 4 Träger

Um Daten drahtlos zu übertragen, wird der Datenstrom aus dem Basisband auf einen Träger höherer Frequenz moduliert, sodass die Übertragung in einem Frequenzbereich stattfindet, der zu dem verwendeten Kanal passt. Um den Durchsatz zu erhöhen, besteht zudem die Möglichkeit, den Datenstrom aufzuteilen und auf mehrere verschiedene Träger parallel zu verteilen (Abb. 1). Die Trägerfrequenzen müssen dabei so gewählt werden, dass es nicht zu störenden Überlappungen im Frequenzbereich kommt. Gleichzeitig liegt es nahe, die Träger so zu wählen, dass die verfügbare Bandbreite effektiv ausgenutzt wird.

Die Bandbreite eines Trägers steht in direktem Zusammenhang mit der Samplingrate, also der Rate mit der die Daten des erzeugten Signals verschickt werden. Mit verschiedenen Samplingraten treten auch die Effekte der Mehrwegeausbreitung unterschiedlich in Erscheinung. Neben der Anpassung von Modulation und der Codierung kann also auch durch eine Adaption der Samplingrate auf eine Veränderung des Kanals reagiert werden.

Nominiert für den DHyG Student Excellence Award 2015

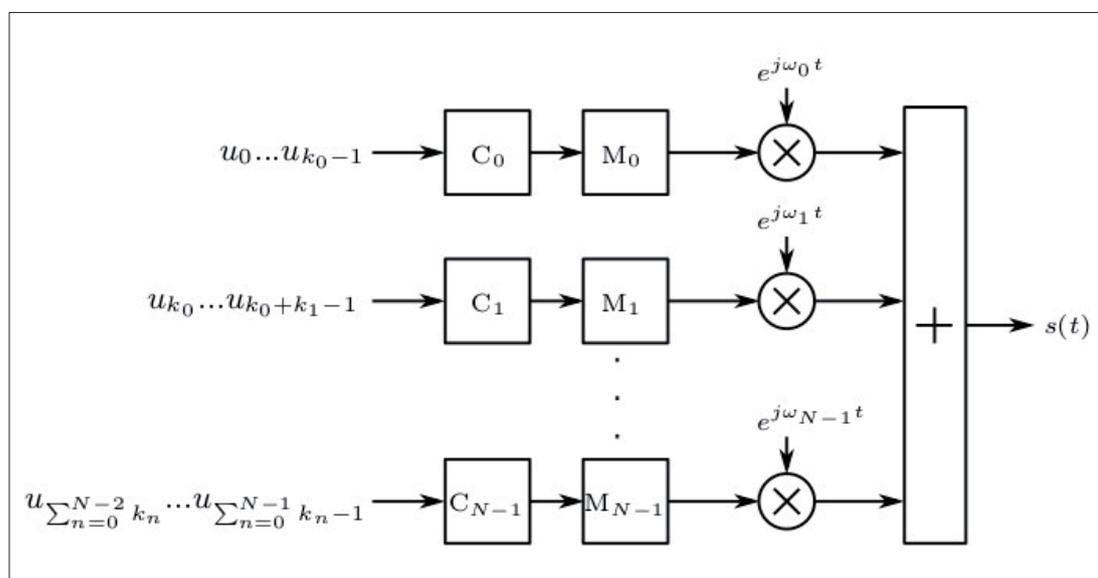


Abb. 1: Schematischer Aufbau eines Senders mit  $N$  Trägern.  $C$  bezeichnet einen Codierer,  $M$  einen Modulator,  $u_i$  beschreibt das  $i$ -te Datenbit,  $\omega_n = 2\pi f_n$  die Kreisfrequenz des  $n$ -ten Trägers. Der  $n$ -te Träger kann  $k_n$  Bits aufnehmen

Wie bereits in der Beschreibung des Kanals erwähnt, weist der Unterwasserkanal eine Frequenzabhängigkeit auf. Zudem können Störungen manche Träger mehr betreffen als andere. Diese Umstände motivieren dazu, die Adaption von Modulation und Codierung für jeden Träger separat vorzunehmen.

### 5 Realisierung

In der Arbeit wurde ein Modem nach dem Konzept des *Software Defined Radio* entwickelt. Das bedeutet, dass die Signalverarbeitung, beispielsweise Codierung und Modulation, sowohl sende- als auch empfangsseitig von einem Computerprogramm durchgeführt wird. Die Software des Modems wurde in C++ entwickelt und ist modular aufgebaut. Sie ermöglicht die Simulation (sowohl im Basisband als auch im Bandpassbereich) sowie die praktische Übertragung von Daten durch das Wasser.

Die Verarbeitung der Daten erfolgt blockweise. Jeder Block (üblicherweise *Frame* genannt) ist in acht Unterblöcke, *Bursts* genannt, unterteilt. Die zeitliche Länge der Blöcke ist ausschließlich von der verwendeten Samplerate und nicht von der Codierung oder der Modulation abhängig. Auch die Anzahl der Datensymbole, die pro Block übertragen werden, ist stets gleich. Dennoch kann die Datenrate erhöht werden, indem mehrere Bits einem Datensymbol zugewiesen werden. Diese Zuweisung erfolgt im Rahmen der Modulation und ist daher vom verwendeten Modulationssystem abhängig. Betrachtet man das ursprüngliche GSM-Netz, so kommt hier *Gaussian Minimum Shift Keying* (GMSK) zum Einsatz. Es handelt sich hierbei um eine robuste Modulation, die allerdings nur ein Bit pro Datensymbol übertragen kann. Weitere im Modem verfügbare Modulationen sind 8-PSK (Phase Shift Keying), 16-QAM (Quadrature Amplitude Modulation) und 32-QAM, die drei, vier bzw. fünf Bits pro Datensymbol übertragen können. Diese kommen alle in den eingangs erwähnten Erweiterungen des GSM-Standards zum Einsatz. Ein Datensymbol stellt

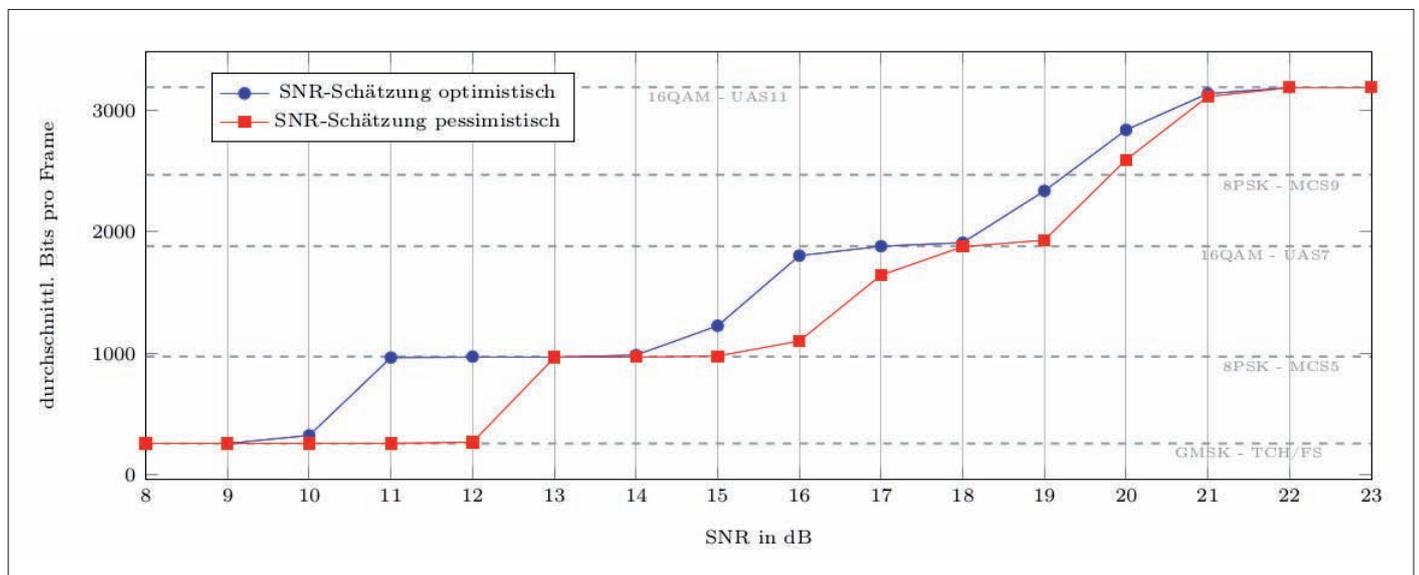
dabei einen eindeutigen Punkt in der Gaußschen Zahlenebene dar, dessen genaue Position von der Bitkombination, welche auf das Symbol gemappt werden soll, bestimmt wird. Die Auswertung von Real- und Imaginärteil dieses Punktes in Verbindung mit einer Pulsformung führen zu einem komplexen Basisbandsignal. Die Komponenten dieses Signals können nun auf einen Träger (fast) beliebiger Frequenz gemischt werden. Welche Modulation zum Einsatz kommt, ist von der Qualität des Kanals abhängig. Für einen schlechten Kanal, das heißt mit niedrigem SNR, bietet sich das langsame, aber robuste GMSK an. Ein höherratiges Modulationsschema wie 16-QAM oder gar 32-QAM erfordert ein deutlich besseres SNR.

In Abb. 2 befindet sich ein Diagramm, welches die durchschnittliche Bitanzahl pro Frame bei einer Simulation über verschiedene SNR-Werte angibt. Die Adaption der Datenrate wurde über eine empfängerseitige Schätzung des SNR durchgeführt.

Neben dem Modulationsverfahren hat auch die Kanalcodierung Einfluss auf die Datenrate. Aufgabe der Kanalcodierung ist es, den Bitstrom gegen Übertragungsfehler zu sichern; in der Regel geschieht dies durch Hinzufügen von Redundanz. Dies reduziert allerdings die Anzahl der Informationsbits, die pro Block übertragen werden können. Außer für GMSK stehen in der Software für jede Modulationsart je zwei unterschiedlich robuste Codierer zur Verfügung. Es handelt sich hierbei überwiegend um Faltungs- bzw. Turbocodes.

Es ergeben sich aus den aufgeführten Modulations- und Codierungsschemata sieben verschiedene Datenraten, zwischen denen je nach Kanalqualität gewechselt werden kann. Hierzu ist eine Abschätzung der Kanalqualität unabdingbar. Diese erfolgt beim Empfänger nach jedem übertragenen Block anhand verschiedener Parameter, von denen hier nur einige kurz erwähnt seien: Ist die gesendete Bitfolge bekannt, so kann aus der Anzahl der Bitfehler auf die Qualität des Kanals geschlossen werden. Dieser Umstand ist jedoch nur

**Abb. 2:** Simulation im Basisband mit Adaption auf Basis der SNR-Schätzung mit zwei verschiedenen Sprunggrenzen. Die Bitraten der verschiedenen Codierungs- und Modulationssysteme sind zur Orientierung ebenfalls gegeben. Die Simulation pro SNR-Wert wurde entweder nach 10 Bitfehlern oder nach 50 000 Frames abgebrochen



in Testumgebungen oder bei Trainingssequenzen gegeben. Weitere Möglichkeiten bestehen darin, Algorithmen zur SNR-Abschätzung zu verwenden oder die sogenannten *weichen Entscheidungen* des Codierers zu beobachten. Diese geben Aufschluss darüber, wie eindeutig eine Bitentscheidung war. Sind die Entscheidungen beispielsweise überwiegend nahe der Entscheidungsschwelle, ist die Wahrscheinlichkeit falscher Entscheidungen groß und das verwendete Schema nicht für den aktuellen Kanal geeignet.

Die oben aufgeführten Operationen lassen sich parallel und unabhängig voneinander auf alle Träger anwenden. Jeder Träger kann somit individuell angepasst oder im Falle einer sehr starken Störung ganz abgeschaltet werden.

Die Nutzung mehrerer Träger zur parallelen Übertragung von Daten sowie die jeweilige Anpassung an den Kanal stellen besondere Merkmale dar, die in dieser Form in keinem dem Autor bekannten Unterwassermodem derzeit Verwendung finden. Diese Eigenschaften führen zu höherer Zuverlässigkeit sowie Datenraten. Die höhere Zuverlässigkeit ist unter anderem dadurch begründet, dass nicht auf einer fixen Trägerfrequenz gearbeitet wird, sondern diese anpassbar ist oder auch mehrere Frequenzen gleichzeitig genutzt werden können. Zusätzlich ermöglichen die robuste Modulation und Codierung auch bei schwächeren Kanälen noch eine Datenübertragung. Doch auch gerade bei einer guten Verbindung zeigen sich die Vorteile dieses Ansatzes. Werden viele Träger (je nach Samplerate und verwendeter Hardware sind deutlich über 40 Träger realistisch) sowie jeweils hochrätige Modulationsverfahren wie 32-QAM genutzt, sind Datenraten möglich, die über zehnmal so hoch sind wie die herkömmlicher Modems in diesem Bereich.

## 6 Praxistest

Neben Simulationen wurden auch einige Messungen in der Kieler Förde durchgeführt. Dabei kam folgender Aufbau zum Einsatz:

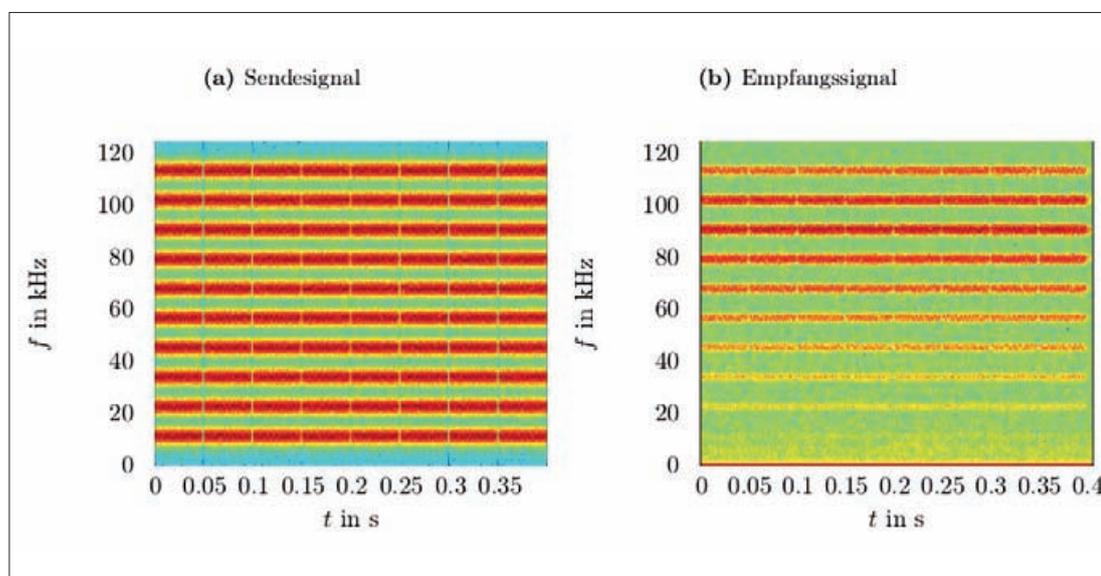
Die oben beschriebene Software verfügt über eine Schnittstelle zu einem USB-Interface (Diligent Analog Discovery). Das Signal aller Träger wird nach deren Erzeugung überlagert, sodass nur noch ein einziges digitales Audiosignal verbleibt. Dieses wird an das USB-Interface übertragen, welches einen Digital-Analog-Wandler (DAC) enthält. Das nun analoge Audiosignal wird jetzt von einem Hydrophon (Reson TC4033) ausgestrahlt. Die Empfängerseite hat einen vergleichbaren Aufbau: Ein Hydrophon gleichen Typs empfängt das Signal. Dieses wird verstärkt (Reson EC6061/VP1000) und an das USB-Interface übertragen. Der interne Analog-Digital-Wandler (ADC) erzeugt daraus das digitale Signal, welches von der Software ausgewertet wird. Hierzu wird das empfangene Signal nach einer Synchronisation in die einzelnen Träger zerlegt. Dann wird für jede Komponente einzeln die zum aktuellen Modulations- und Codierungsschema gehörige Demodulation und Decodierung durchgeführt. Anschließend wird anhand der Ergebnisse entschieden, ob die aktuelle Konfiguration zur geschätzten Kanalqualität passt.

Man beachte, dass der Übertragungskanal aus informationstheoretischer Sicht nicht erst nach dem Hydrophon beginnt bzw. davor endet, sondern dass die analogen Elemente wie Verstärker und Hydrophone auch zum Kanal gezählt werden können. Im konkreten Beispiel konnte eine Frequenzabhängigkeit der Hydrophone beobachtet werden, die zu unterschiedlichen Werten für das SNR der einzelnen Träger führte (Abb. 3).

In den Testläufen wurden Daten bei verschiedenen Sampleraten auf unterschiedlichen Trägern bzw. Kombinationen von Trägern übertragen. Dabei wurden Abstand sowie Winkel der Hydrophone verändert, um künstlich Einfluss auf den Kanal zu nehmen. Es konnte beobachtet werden, wie das System bei einer Verschlechterung des Kanals auf robustere Modulation/Codierung wechselte und bei einer Verbesserung auf höherrätige Schemata auswich. [↕](#)

### Literatur

- Nasri, Nejeh; Laurent Andrieux; Abdennaceur Kachouri; Mounir Samet (2009): Behavioral Modeling and Simulation of Underwater Channel; WSEAS Transactions on Communications, Bd. 8, Februar 2009, S. 259–268
- Kotkamp, Meik (2008): EDGE Evolution Technology Introduction – Application Note 1MA129; Rohde & Schwarz, März 2008



**Abb. 3:** Spektrogramme mit  $I_{FFT} = 512$  einer Übertragung von acht Bursts, zehn Trägern mit 8-PSK-Modulation und MCS9-Codierung, Entfernung ca. 1 m, Samplerate: 250 kHz, 80 Samples pro Symbol. Gut zu erkennen sind die einzelnen Bursts und Träger, sowie deren unterschiedliche Dämpfung, verursacht durch die Charakteristik der Hydrophone

# Student research project in the North Sea

A report by TINA KUNDE and JOHANNA SIMON

Within the »Women Professor Program«, a part of the program line »Academic Qualification Position«, two students of the HafenCity University Hamburg got the possibility to perform a 15-months research project. Planned as an analysis of sedimentation processes based on long-term multibeam and sub-bottom profiler surveys in Friedrichskoog, the prevailing conditions required a modification of the project after five months of preparation. The following report introduces the adjusted project realised in Büsum with the support of the Research and Technology Centre West Coast (FTZ) as well as the achieved results.

## Authors

Tina Kunde and Johanna Simon are Master students at HCU in the 4th semester with specialisation in hydrography

tina.kunde@hcu-hamburg.de  
johanna.simon@hcu-hamburg.de

## Acknowledgements

The whole research project was financially supported by the »Women Professor Program«. We are thankful for having the opportunity to participate in this program. This way, we had the chance to independently plan and execute a project in addition to the course content at the HCU. Furthermore, we would like to thank the Research and Technology Centre West Coast, especially Dr. Klaus Ricklefs for providing the RV »Südfall«, Maria Stage and Jens Pauksztat for guidance, and Captain Uwe Becker for the safe trip. Also we would like to thank the Innomar Technologie GmbH for providing the sub-bottom profiler and the technical support. Last but not least, thanks to Prof. Markéta Pokorná and Tanja Dufek for supporting us.

**Fig. 1:** Overview of the survey area for the conducted project

HCU Women Professor Program | multibeam echo sounder | sub-bottom profiler | wreck detection

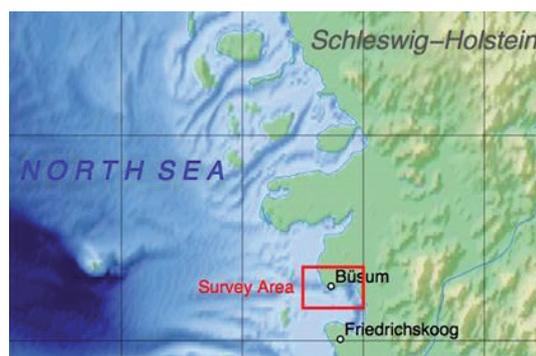
## Introduction

As early as 1985, the Schleswig-Holstein Wadden Sea was declared as a National Park. One reason for this distinctive step is the fact that due to the shallowness close to the shoreline and the tidal influences some parts of the North Sea even ground and build a unique biosphere for living organisms. The tidal current also causes a lot of sediment transport – a huge problem for the local fishing companies and port operators. In Friedrichskoog, a small fishing village in the west of Schleswig-Holstein, the port even had to be closed due to the continuous siltation and thereby rising costs of dredging operations. For guiding the ships safely through these shallow areas with less than 20 m water depth, an accurate bathymetric chart is required as well as a founded knowledge about the sea-floor structure and the sedimentation processes to be aware of further port closures like in Friedrichskoog.

The purpose of this project was to extend the existing bathymetric measurements around the port entrance of Büsum (Fig. 1) and gather information about two wrecks close to the navigation channel to foreclose them as a possible safety hazard. Particularly with regard to the sediment flow, the investigation of the sub-bottom structures in the dock, the port entrance and also in the wreck areas were of particular interest.

## Preparation and methods

Before starting with the hydrographic tasks in the area around Büsum, the sensor installation on the RV »Südfall« had to be surveyed because this was



the first official cruise for pure hydrographic purposes. Nevertheless, the vessel is fully equipped with a multibeam echo sounder R2Sonic 2024 pole-mounted over the side, an inertial measurement unit for the collection of motion data placed on top of the pole, a GPS antenna for RTK positioning, and two additional single-beam echo sounders, mainly used for navigational purposes, hull-mounted to the bow of the vessel. By using a Leica TS02 total station with an accuracy of  $1.5 \text{ mm} \pm 2 \text{ ppm}$  for distance and  $1 \text{ mgon}$  for angular measurements the installed sensors were surveyed during it was dry-docked in March 2014. Based on a local rectangular coordinate system both the position and heights of the installed instruments were determined (Fig. 2). By using the free stationing survey method, four permanently fixed control points marked on the vessel were specified. This is helpful especially for the integration of possible subsequent installations. Furthermore, the waterline as future reference horizon was measured. On RV »Südfall«, the true waterline could clearly be seen so there was no need to assume the waterline first and in a second step to determine the difference between the assumption and the actual waterline. Finally, all mounted instruments were surveyed within the fixed and levelled vessel coordinate system. The analysis of the collected data and the calculation of the ship-based coordinates related to the waterline was done afterwards according to Brüggemann (2014).

After the vessel survey and the cruise planning with respect to the tidal circumstances in the area of interest, in September 2014 the bathymetric survey was performed with a previous calibration. For the investigation of the upper sediment layers, the parametric sub-bottom profiler SES-2000 compact was provided by Innomar. Due to the fact that the R2Sonic 2024 and the SES-2000 compact are mounted to the same installation pole at RV »Südfall«, it was not possible to use both systems simultaneously. Therefore, the bathymetric survey was performed on the first two days and the sub-bottom data acquisition with the SES-2000 compact the days afterwards. As both instruments use the

same mounting platform, the height difference to the surveyed multibeam echo sounder needs to be determined only once. This could easily be done by using a measuring tape.

The multibeam echo sounder used provides an across-track beamwidth of 0.5° and an along-track beamwidth of 1.0°. During the measurement it was operated with 400 kHz. A detailed line planning in advance was not possible due to the fact that the survey areas were located close or inside the navigable water and the survey profiles had to be adjusted to the actual circumstances with reference to currents and marine traffic. The survey speed was about 5 kn. The whole bathymetric survey has covered an area of about 35 ha. Inside this area several profiles were taken with the sub-bottom profiler. The SES-2000 compact provides two primary high frequencies of about 100 kHz and a secondary low frequency, which is used to gather information about the upper sediment layers. Throughout the survey, a low frequency of 10 kHz was chosen.

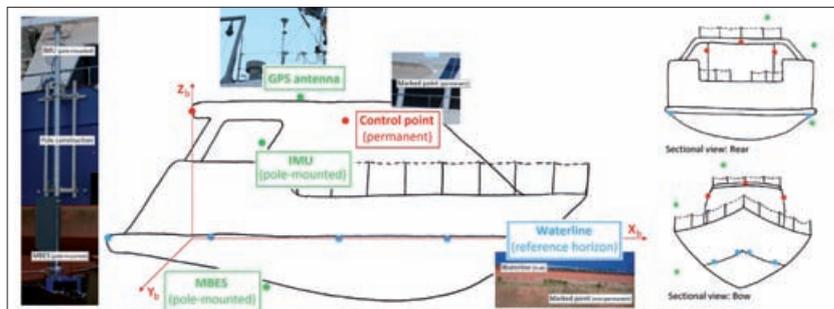
For acquisition, HyPack 2014 and SESWIN were used. The processing of the data was done with Caris HIPS and SIPS 8.1 and ISE.

### Acoustic results and interpretation

Fig. 3 depicts the sill in the flood gate. Due to the fact that the water depth with respect to the actual water level is known, this provides a height reference to check the collected depth values. After applying the values for tide gauge zero and the actual level metering several times, there was always an offset between water level and GPS antenna of approximately 80 cm which was obviously not correct. As this offset occurs continuously it has to be assumed that there were some adjustments in the GPS configuration. Unfortunately, this assumption could not be verified because it was not possible to reset the GPS settings.

Nevertheless, the gathered bathymetric multi-beam data shows a constantly levelled sea-floor with no protruding objects except the old ship wreck close to the navigation channel north of Büsum (Fig. 4). As there were no ripples or any other structures detected, the collected data indicates that the sea-floor has a muddy and soft surface. Otherwise there would be some sand ripples caused by currents. The recorded data from the sub-bottom profiler supports these assumptions because there is no strong acoustic impedance visible. For further verification and a more detailed analysis of the sea-floor, sediment samples could be taken, e.g. by using a Frahmplot.

The investigation of the second wreck close to the port entrance just shows some weak structures, which could not clearly be identified as the charted wreck. Based on the information given by the German Maritime and Hydrographic Agency (BSH), the last survey of the barge goes back about twelve years. With respect to the currents and the knowledge of strong sedimentation rates, it



**Fig. 2:** Scheme of the surveyed points and the installed instruments on RV »Südfall« (sectional view: starboard). Blue marks: waterline, green marks: instruments, red marks: control point

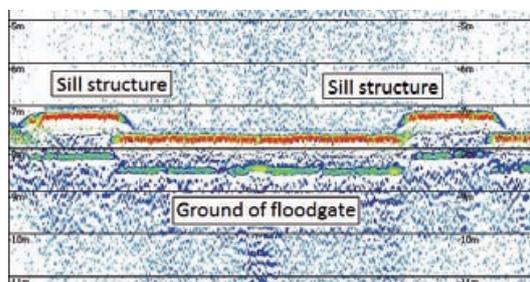
is possible that the wreck was totally covered by sediments. As it was not visible in the sub-bottom data, it can be assumed that the sediment cover is thicker than the penetration depth of the instrument. Another reason why the wreck was not visible in the data could be the erosion of the ship's material since the last survey.

### Conclusion

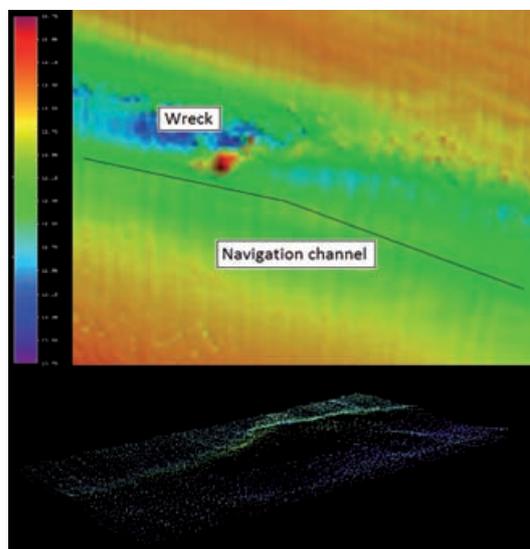
Within this project the sea-floor morphology proved to be very shallow and tide-influenced. Additionally, the wreck close to the navigation channel could not clearly be detected. The sub-bottom profiler data provides an overview of the upper sea-floor structure especially in the wreck area. It also indicates the fact that the sea-floor in the Wadden Sea is partly interspersed by gas. To obtain further information about the sediment transport like the flow direction and the amount of the particles, observations for longer periods with an ADCP would be very interesting. This could be an interesting future project. ⚓

### References

Brüggemann, Thomas (2014): Leitfaden für die Einmessung von hydrographischen Messsystemen auf Vermessungsschiffen; BfG-Bericht 1822, Koblenz



**Fig. 3:** Sill of the flood gate in Büsum, captured with the Innomar SES-2000 compact



**Fig. 4:** Gridded surface with 1 m resolution showing the depth of the surveyed area around the wreck close to the navigation channel, created with Caris HIPS and SIPS 8.1

# Hydrography Summer Camp 2014

A report by TINA KUNDE

To gain practical experiences, the HafenCity University (HCU) Hamburg offers a project week named ›Hydrography Summer Camp‹ to third semester Hydrography students. This event was integrated into the lectures so that the students can apply and realise all the knowledge they have gained during the last semesters. The following report introduces the tasks and experiences of the students during the Hydrography Summer Camp 2014 as well as the achieved results.

## Author

Tina Kunde is a Master student at HCU in the 4th semester with specialisation in hydrography

tina.kunde@hcu-hamburg.de

## Acknowledgements (1)

On behalf of all students participating, I would like to thank Prof. Markéta Pokorná and Tanja Dufek (M.Sc.) for organising the whole Hydrography Summer Camp 2014. For the hydrography practice on land, in the first instance thanks to the WSA Wedel for providing their localities and support. Furthermore, I would like to thank Prof. Markéta Pokorná, Dipl.-Ing. Udo Freier, Tanja Dufek (M.Sc.), and the two students Inga Thiessen and Simon Mondry for the support and guidance. Special thanks go to emma technologies GmbH, especially to Mareike Kampmeier and Martin Thomas Reincke, for introducing and providing their USV prototype to us, and to MBT GmbH for providing the tide gauge system.

Fig. 1: Overview of the track lines for the cruise HE437

HCU | Hydrography Summer Camp | bathymetry | sediment thickness | survey | wrecks | USV | OpenROV

## Introduction

Every year in the beginning of the third Master semester, a practical training of two weeks is taking place for the Hydrography students at the HafenCity University Hamburg. The ›Hydrography Summer Camp‹ gives the students the possibility to plan and execute hydrographic surveys to be well-prepared for their further work. In 2014, the practical field training was divided into two parts: one on land and the other one on board of two German research vessels.

## Hydrography practice on land ...

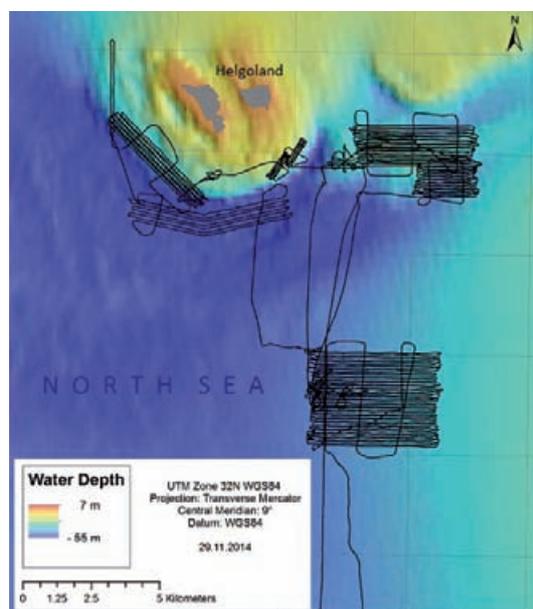
The first part of the Hydrography Summer Camp 2014 took place from October 6th to October 10th on the premises of the Hamburg Waterways and Shipping Office (WSA) in Wedel. Different projects were prepared and executed by the 14 students under the supervision of Prof. Markéta Pokorná, Dipl.-Ing. Udo Freier and M.Sc. Tanja Dufek. Besides a classical levelling to transfer the altitude from a known benchmark to a newly established GPS point and the tide gauge station Ohmex TideM8 installed by the students, also a vessel survey was carried out. In this vessel survey the locations of different hydrographic sensors and some vessel reference points were surveyed and transformed into a local ship coordinate system. For the levelling, a Leica NA720 with a standard deviation of

2.5 mm for 1 km double levelling and a height accuracy of 1.5 mm was used. The Trimble 5603 DR200+ total station to survey both control and equipment points marked on a small vessel provides an accuracy of  $\pm 3$  mm + 2 ppm. As already mentioned, a tide gauge monitoring system, kindly provided by MBT GmbH, was set up to gather additional information about the tidal movements of the Elbe. Thanks to the support of emma technologies GmbH the students got the possibility to collect practical experience with an unmanned surface vehicle (USV) prototype. Equipped with a pole-mounted single-beam echo sounder system from Reson and a Haicom GPS receiver it was possible to collect bathymetric data also in the shallow area close to the shoreline and the floating pontoons. The connection of the different USV components was accomplished by the students using QPS QINSy. Additional to the USV, the newly purchased and self-assembled OpenROV of the HCU Hamburg was tested. The students who assembled this remotely operated vehicle during the last months, introduced their work and the handling to their fellow students so that everyone could have a test-ride with it.

After the first three days of field data collection and other practices, the remaining two days were used for processing and evaluation of the gathered data. While the evaluation of the levelling data could be easily processed with common spreadsheet software, the processing of the vessel survey data challenges the majority of the students because only a few of them already had experiences with this kind of data. By using the intra-university software JGeoPro all measured distances, horizontal and vertical angles were used to determine the sensor positions in a local Cartesian coordinate system. The software JaG3D was used to transform these 3D coordinates of the sensors into a local Cartesian ship coordinate system with the origin coinciding with the installed INS of the vessel. The processing of the single-beam data collected with the USV was routinely performed by using Caris HIPS and SIPS 8.1.

## ... and on the sea

From November 24th to November 29th two research vessels were chartered for the second part of the Hydrography Summer Camp. The students,



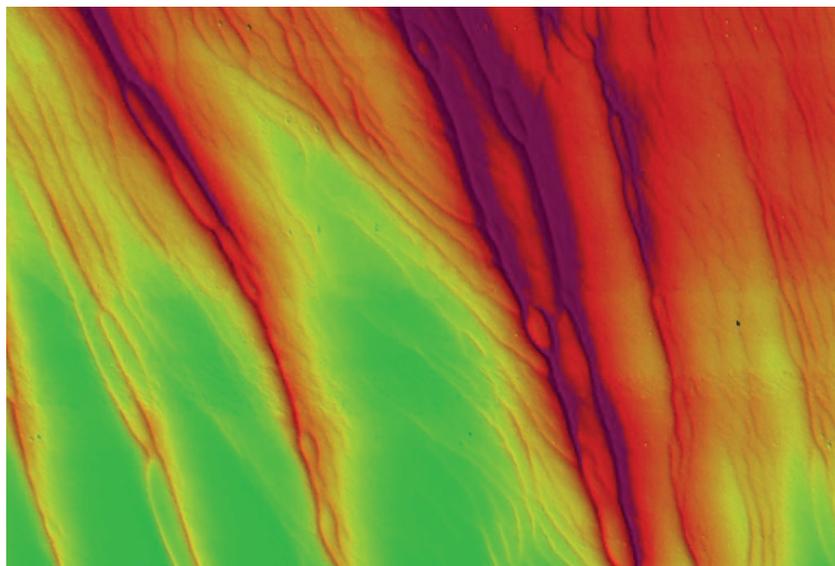
divided into two groups, planned various small projects for these two cruises and did both the line planning and time management to be well prepared for this experience.

### Cruise with RV »Heincke«

One half of the third semester students got the possibility to take part on a trip with one of the medium-sized research vessels from Germany, RV »Heincke«, on the cruise HE437. The expedition cast off in Bremerhaven and the vessel entered the port again five days later. Since one of the operating areas of the RV »Heincke« is the North Sea, the research area was located close to Helgoland (Fig. 1). In total, there were seven small areas and ten wrecks to investigate with the installed multibeam echo sounder Kongsberg EM710 and the sub-bottom profiler SES-2000 medium-100 from Innomar. The selection of the research areas took place with the collaboration of the Jacobs University Bremen, the University of Hamburg, the Alfred Wegener Institute (AWI) and the Hamburg Port Authority (HPA). Based on these areas, the students did some additional preparatory work such as line planning and time management during the cruise. Besides the already mentioned equipment, the students used a Valeport Midas sound velocity probe, the inertial navigation system PHINS III from iXBlue, and a Trimble GPS system to acquire all necessary information during the cruise. To use the ship time in the best possible way the students did shift work and so almost all of the planned areas and wrecks could be investigated and also evaluated.

The more detailed data processing was done afterwards by using Caris HIPS and SIPS 8.1 and ISE, but initial evaluations of the data were done during the cruise. Fig. 2 shows impressive soil structures close to Helgoland. The displayed ridges have an average elevation of one metre in comparison to the surrounding sea-floor.

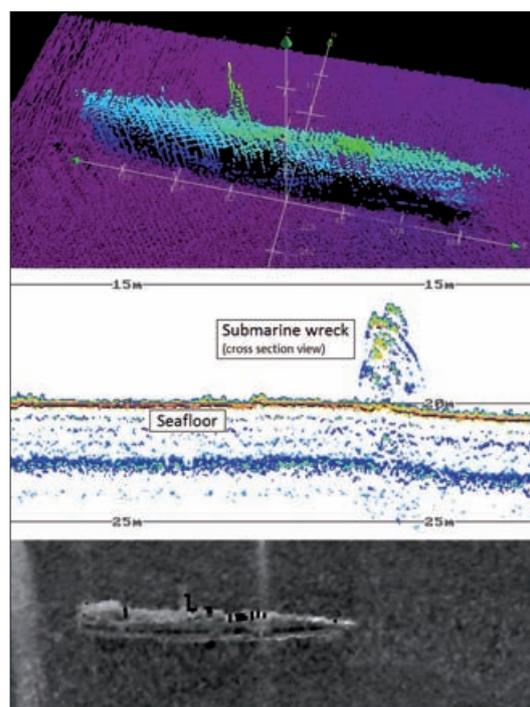
As already mentioned, there were also various wrecks to investigate using the installed instruments. Thanks to the German Maritime and Hydrographic Agency (BSH), the locations of these underwater obstacles were known to the students and it was possible to plan precise survey lines across the wrecks. The one depicted in Fig. 3 is especially interesting: The recordings of the multibeam echo sounder and the sub-bottom profiler are showing the wreck of a sunken submarine in the south of Helgoland. As the point cloud of the multibeam survey shows, the wreck was found in an upright position on the sea-floor and it seems to be almost intact. Complementary to the depth information, also the collected backscatter data were used for analysis and interpretation. To get a closer look into the topsoil layers to evaluate if the wreck is caved in the seabed, the gathered sub-bottom profiles were used. The view in Fig. 3 shows a cross section view of the submarine. The sea-floor, recognisable by the depicted continuous red line, shows no interrup-



**Fig. 2:** Soil structures close to Helgoland, observed with the Kongsberg EM710. Grid resolution: 1 m; maximum height of the ridges approximately 1 m

tions. The fact that the wreck raises up more than four metres from the seabed clearly proves the necessity of an accurate sea-floor mapping to ensure marine safety.

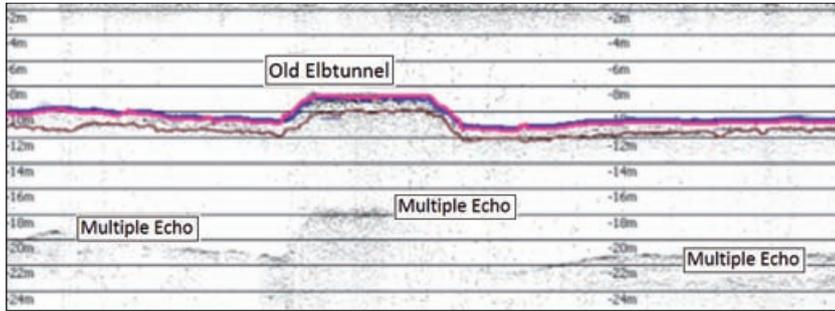
Furthermore, the USBL system GAPS from iXBlue was introduced to the participants of the research cruise. After the set-up of the system the students get familiar with the software and the provided possibilities of the usage. The instrument to locate was a towed transponder which was lowered to different depth. The vessel-fixed transmitting and receiving unit has a known position and by using the knowledge about the range and the bearings, the position of the towfish could be determined and visualised in different ways by the operation software. The relative movement of the transponder to the stopped vessel could be observed by the students in real time. Conclusions about the direction and the speed of the currents could be made.



### Acknowledgements (2)

For the hydrography practice at sea, thanks to the AWI and the Helmholtz-Zentrum Geesthacht, Centre for Materials and Coastal Research (HGZ) for providing their vessels. For their cooperation and support we would like to thank the University of Hamburg, the BSH and again the AWI. Special thanks go to the Jacobs University Bremen, especially to Prof. Dr. Vikram Unnithan, for his pre-cruise suggestions, recommendation, advice, and support of the HE437 cruise. For the guidance on board thanks to Dipl.-Ing. Marius Cysewski from the HGZ and M.Sc. Tanja Dufek. In this context a special thanks to the crew members and the captains of RV »Heincke« and RV »Ludwig Prandtl« – it was fun sailing with you all!

**Fig. 3:** Wreck of a submarine in the south of Helgoland. 3D-view of a multibeam point cloud created with Caris HIPS and SIPS 8.1. Cross section recorded with Innomar SES-2000 medium-100 and displayed in ISE. Backscatter view in Caris HIPS and SIPS 8.1 to support subsequent analysis



**Fig. 4:** Sub-bottom view of the old Elbtunnel, Hamburg, collected with Innomar SES-2000 compact

**Cruise with RV »Ludwig Prandtl«**

Whereas the one half of the students was on the trip with RV »Heincke«, the other half took part on several day-excursions with RV »Ludwig Prandtl« around the river Elbe in Hamburg (Oortkaten) and Wedel. Different to the other cruise, not only the data acquisition itself, but also the set-up of the different systems belonged to the tasks to be done by the students.

On the vessel, the acoustic Doppler current profiler (ADCP) RDI Workhorse Rio Grande from Teledyne was operated to gather information about the water current. Additionally, an SES-2000 compact sub-bottom profiler from Innomar was installed. As a special feature the students could decide, depending on the area of operation, whether they want to use the SES-2000 compact as sub-bottom profiler or as a side-scan sonar.

In addition to the above mentioned equipment, the students used a CTD probe and the stationary water probing system FerryBox. Position and motion data was collected with the JNSGyro-4T system from Javad.

Unlike the cruise on the North Sea, the time management was a quite essential part and the planned schedule had to be held as much flexible

as possible. Due to the tides and the corresponding effects on the navigability, the operation time was limited. Nevertheless, several specific survey areas could be observed such as the old Elbtunnel at St. Pauli or the harbour area around the Southern Elbe. In addition, some profiles across different parts of the Elbe were planned and surveyed with the installed ADCP. These ADCP profiles and the investigation of suspended sediments in the water flow formed the key aspect of the cruise.

As the cruises with RV »Ludwig Prandtl« were only daily trips, the whole data processing was done afterwards by using Caris HIPS and SIPS 8.1, QPS QINSy, and ISE. To give some impressions of the collected data, Fig. 4 shows a profile across the old Elbtunnel in Hamburg St. Pauli. The top layer of the seafloor was identified by the blue and red line and shows the structure of the sediment-covered tunnel ceiling. Apparently, the tunnel rises above the sea-floor approximately two metres and this way reduces the navigable nautical depth. This echogram also shows the occurrence of multiple echoes which appear in twice the original water depth.

In the area around the Southern Elbe the recorded sub-bottom profiles allowed the students to do an evaluation of a sediment thickness model. By using a five metre raster, the differences between the sediment layers could be calculated. Fig. 5 depicts a small investigated area. It can be seen that the amount of sediment varies: Close to the southwest shore, the sediment thickness of 0.3 m to 0.6 m is very low in comparison to the middle of the Southern Elbe. In the navigable water, the maximum of detected sediment deposits range up to 2.4 m. This indicates a strong influence of the tide-related sediment transport and settlement and the necessity of periodically dredging operations to ensure the access to the port of Hamburg. Several investigations with the ADCP both in the Northern and in the Southern Elbe allow the students further analyses. The evaluation of the total discharge provides a value of approximately 1,200 m<sup>3</sup> per second. The results of the discharge comparison concludes that the Northern Elbe transports 60 % of the sediment masses whereas the Southern Elbe carries the other 40 %.

**Fig. 5:** Analysis of the sediment thickness based on sub-bottom profiler data for the Southern Elbe close to Oortkaten, Hamburg

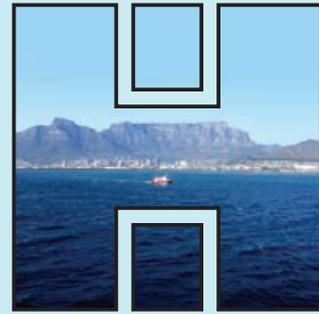


**Conclusion**

In reviewing the whole Hydrography Summer Camp 2014, the students got a widespread view of different tasks a hydrographer has to fulfil. This includes especially the arrangements on land and the system set-up on the vessel – something most of the participants did not do before. These two weeks of small projects of diverse types encouraged the students to share their knowledge and to help each other during the practice as well as during the post-processing steps. ⚓

# HYDRO2015

23-25 NOV. 2015 CAPE TOWN  
DEVELOPING SUSTAINABLE HYDROGRAPHY IN AFRICA



Cape Town International Convention Centre - CTICC



## REGISTRATION:

Pre-registration opens 1 June 2015

Early Bird closes 31 August 2015



### SPONSORSHIPS

We will support our sponsors to ensure they receive maximum return on their investment and receive the exposure to which we agreed to.

Booking will open mid-Dec 2014

### EXHIBITION

The Exhibition will be held indoors and will consist of approximately 50 stands. It will provide an excellent opportunity for the various exhibitors to market their products and services.

Booking will open mid-Jan 2015

### ADVERTISING

Only a few select advertising opportunities are available, and will feature in the Book of Abstracts & Programme, as well as on all our electronic communications to databases worldwide.

Booking will open mid-Jan 2015

## CONFERENCE PROGRAMME

21 & 22 November: 8am - 5pm  
Exhibition Set-up

23 November: Full Day  
Conference & Exhibition

24 November: Full Day  
Conference & Exhibition,  
Gala Dinner (evening)

25 November: Full Day  
Conference & Exhibition,  
Exhibition Break down

[www.hydro2015.org](http://www.hydro2015.org)

# »With the IFHS Student Award we have a true world championship«

An academic discussion with ROB VAN REE\*

Rob van Ree works as a senior lecturer at the Maritime Institute Willem Barentsz (MIWB) on Terschelling, where he is in charge of the hydrography course. In addition to this full-time job he is chairman of the International Federation of Hydrographic Societies. Of course, the Dutchman is an active member of the Hydrographic Society Benelux (HSB), but surprisingly he is also a member of the German Hydrographic Society (DHyG). He is well-known for his interesting comments and questions at conferences after each and every presentation.

No wonder he comes up with inspiring and incisive answers in this interview.

Maritime Institute Willem Barentsz | hydrography course | education | Category A | IFHS | HSB

**HN:** Mr van Ree, you are working at the Maritime Institute Willem Barentsz (MIWB) on Terschelling. Barentsz was a Dutch cartographer, navigator and explorer who was born on Terschelling. What value does studying at an institute named after such a notable cartographer hold for your students?

**Rob van Ree:** In primary school Dutch children learn about »Behouden huys« which was the cottage in the ice of Nova Zembla, where Willem Barentsz and his group were shipwrecked in their attempt to find a Northeasterly passage to the Far East. This was in the year 1597. In the Institute garden a number of glass panes show the infamous journey, so from day 1 of their MIWB experience, students are aware of their ultimate peer. Or else they should be.

**HN:** The hydrography course is called »Ocean Technology«. Why is hydrography not explicitly mentioned?

**van Ree:** This has some history. The course dates back to 1979, when the first students entered the nautical college in Amsterdam for their four year training course Hydrography. The name remained when in 2002 the course (including second year students and lecturer) moved from Amsterdam to Terschelling. In the first few years it proved rather difficult to attract sufficient students to cover the needs of the professional field. The MIWB management decided hydrography didn't stand out for youngsters to lure them into the amphibious

world that is usually covered. Although the professional name »hydrographic surveyor« remained recognised at the graduation end, a new course name was defined to attract more youngsters. Numbers are too small for significance to verify this actually was caused by the name change, but 2015/16 will be the first course year to have more than 20 students in each year.

**HN:** You offer a four-year bachelor course of study which is certified according to Category A. What are the prerequisites for the course? What previous knowledge is necessary?

**van Ree:** In the Netherlands Ocean Technology is a »Hogere beroepsopleiding« (HBO; higher professional education). The program is designed for a starting level of at least HAVO (comparable to the German »Fachabitur«, which in itself is insufficient to enter any academic course), with a minimum of math and physics. Apart from a general feeling for working at sea, no further entry requirements are defined.

My suggestion would be that students to enter have a good spatial insight to think through geodetic and geospatial situations. There is no entry test required.

**HN:** In Hamburg, the hydrography course is strongly connected to geomatics/geodesy. A basic knowledge in surveying is essential. How is that organised in Terschelling? How do you ensure this basic knowledge?

**van Ree:** During the first (propaedeutic) year many geodetic exercises are practiced and students take a module Geodesy in which the basics of land surveying and coordinates are taught. In other years students get involved in setting up GNSS reference stations, vessel geometry and other procedures where land surveying techniques are used in their hydrographic applications.

**HN:** For those graduates who would like to continue to study for a Masters degree, what opportunities are there?

**van Ree:** At present, in the Netherlands there is no hydrographic Masters degree program, so when students elect to continue studying they are looking at Oceanography in Utrecht or Geodesy in Delft. Several students have obtained their Masters degree at the University of New Brunswick. At this point we at MIWB are discussing with the professional field the possible requirement for a Masters degree Hydrography. With a positive outcome the MIWB management is looking at extending the

*»To attract young people for a hydrography course we spent a lot of effort into finding the right balance between marketing investment and number of freshmen«*

Rob van Ree

\* The interview with Rob van Ree was held by Lars Schiller in June 2015 by e-mail

current Master of Marine Shipping Innovations with a Hydrographic version.

**HN:** What about PhD programs in the field of hydrography?

**van Ree:** That would be the next question to ask. Generally this route will be highly personalised. I am member of a commission considering possible PhD subjects in the field of Marine Geodesy, which in case of a serious proposal also looks for the required funding, including government grants.

**HN:** What are your experiences with teaching exclusively in English?

**van Ree:** If you mean my personal experience, there has been a fair number of short courses which I presented in English. I don't have any problems in that respect as I have lived in the UK for three years. When teaching a normal group of students they almost always are native Dutch speaking, so then the spoken English will be limited. Usually the English terms for specific professional aspects, such as equipment and procedures are explained. Most literature and study materials are in English. Usually students develop the English sufficiently to find their way in the international hydrographic community.

**HN:** How many freshmen enroll on average?

**van Ree:** The last three years about 25. This will be the same for the year starting 1st September.

**HN:** How do you manage to attract so many young people for a hydrography course?

**van Ree:** The main selection principle for youngsters is to visit exhibitions where courses are on display. To help make their choice students to be (and their parents) use specific documenta-

tion, such as »Studiekeuzegids HBO«. This guide is prepared annually based on the »Nationale Studenten Enquête«, in which all students of all Dutch HBO courses (many hundreds) are asked to complete an extensive questionnaire. And fortunately, Ocean Technology students for the largest part are very positive towards the many aspects that they are asked to judge. So the course comes out very positively in the guide. Nevertheless, a lot of effort was spent into finding the right balance between marketing investment and number of freshmen.

**HN:** Is it true that the students wear a uniform?

**van Ree:** The remote location on the island of Terschelling, with approximately 5000 inhabitants, offers insufficient options to privately rent a living space for students. So first and second year MIWB students live in a campus facility at half a kilometre from the school premises. To simulate the hierarchy of on-board relations, in particular the nautical students were in the habit of wearing uniforms. This tradition was carried forward to the Ocean Technology students when they joined MIWB in 2002. Students are very much at ease with this set-up.

**HN:** What software is available for teaching? What equipment?

**van Ree:** In general, our philosophy is to ensure that students of the initial course program will have a chance to compare any brand specific products with those of competitors. So as we regularly use QPS' QINSy, Fledermaus, Qimera, we also deploy Teledyne Reson's PDS2000, while looking for opportunities to use other survey and/or processing



Foto: (W) Klindt

**Published up to now:**

Horst Hecht (HN 82),  
 Holger Klindt (HN 83),  
 Joachim Behrens (HN 84),  
 Bernd Jeuken (HN 85),  
 Hans Werner Schenke (HN 86),  
 Wilhelm Weinrebe (HN 87),  
 William Heaps (HN 88),  
 Christian Maushake (HN 89),  
 Monika Breuch-Moritz (HN 90),  
 Dietmar Grünreich (HN 91),  
 Peter Gimpel (HN 92),  
 Jörg Schimmmler (HN 93),  
 Delf Egge (HN 94),  
 Gunther Braun (HN 95),  
 Siegfried Fahrentholz (HN 96),  
 Gunther Braun, Delf Egge, Ingo  
 Harre, Horst Hecht, Wolfram  
 Kirchner and Hans-Friedrich  
 Neumann (HN 97),  
 Werner and Andres Nicola  
 (HN 98),  
 Sören Themann (HN 99),  
 Peter Ehlers (HN 100)

software. MIWB has an academic license for using Caris HIPS and SIPS and other packages.

Equipment consists of a fair number of land surveying tools – two total stations, two theodolites, levelling instruments – the auxiliary equipment on board, gyro, motion sensors of various manufacturers, GPS receivers, including Trimble and RTK, stressing the relationship with Geometius.

Primary hydrographic equipment available to the students and operated on board either the training vessel »Octans« or the two smaller craft, are single-beam dual-frequency echo sounders and side-scan sonar. An ADCP and sound velocity probes are also available. One type of system which isn't available is a sub-bottom profiler. Also we are looking for some shallow seismic system like a boomer, a sparker or similar.

The Acoustic System Trainer is used to illustrate and practice acoustic theory. In the Marine Simulator Training Centre at the MIWB a full vessel simulator is used to train students in surveying with dredging operations.

Although we did own a Kongsberg EM950 and a Reson Seabat 9001, these multibeam systems were too old and have been dismantled. Instead of owning such very expensive multibeam systems we borrow or cheaply rent the latest versions of Kongsberg or Teledyne Reson or R2Sonic shallow water systems. A similar thing goes for students using USB. In close cooperation with these and similar companies we have an agreement with QPS and Caris that the Ocean Technology students complete a full survey on several occasions.

Last but not least we have three small ROVs available, which will be used to study the surface behaviour of oil slicks skimming along the edge of drying out shoals in the sensitive Waddenzee area. While it will be difficult to obtain permission to produce our own oil slick, the properties of such oil in sea water can be looked at in an aquarium.

**HN:** Are your graduates ready to practice hydrogra-

phy, or is the course more theoretical? How much practical experience do the students get in the four years?

**van Ree:** Throughout the four course years the body of knowledge and skills is balanced. During normal periods at school, students are involved in practical work for at least one day per week. On these days the content is determined by the exercises listed in the IHO documentation. Recent operating practices are brought into the program by a part-time trainer/coach, freelancer, who is involved in the commercial world as well. At the end of the first and second year students have three dedicated weeks to survey parts of the Waddenzee and Terschelling harbour.

Two external periods are included in the program. During the first half of the third year each student takes on his/her 100 day apprenticeship, aimed at getting the look and feel of hydrographic operations. They are asked to look at as many activities as possible by shifting between project functions. Reporting to the MIWB focuses on three items of choice listed in the IHO Standards of Competence, illustrated by the realisation of survey work on the project.

During the second half of the fourth year the student works on his/her graduation thesis, based on an assignment provided by a company of the student's choice. This work has to show a scientific approach of sufficient strength and proper hypotheses analysis, compiled in a professional report.

In between these external periods three events require the application of knowledge and skills, including the full survey project cycle, from tender to presentation of results (and recommendations). First there is one week of surveying of a couple of wrecks with side-scan sonar and multibeam echo sounder (state-of-the-art system made available by Kongsberg), with emphasis on planning (survey method statement), mobilisation, calibration, data acquisition, processing and reporting. At the end of the third year the student group is invited by Caris to engage in a one week »cradle-to-chart« survey of one of the fresh water lakes in the Randstad area, by way of a summer camp. And in the first half of the fourth year the students are working on a research complex addressing the many aspects of an oil spill between the islands.

**HN:** Do you follow the Standards of Competence strictly? Do you offer teaching content in addition to the IHO requirements?

**van Ree:** The IHO Standards of Competence provide a very useful guidance for the course program and therefore they are followed as close as possible. In general, there is more time available in the course program, than strictly needed to address each Standards of Competence item. The extra time is spent mainly on the nautical chapter and safety, while also there is space for extensive treatment of all aspects of multibeam surveying, building a multibeam simulator, ellipsoid referenced surveying, remote sensing from the user viewpoint.

**HN:** This year, the recertification of the course is on the agenda, isn't it? Will this lead to any changes?

**van Ree:** Indeed, the Ocean Technology course aims at being recognised as IHO/FIG/ICA Cat A hydrography training program. Since 1983 this was actually the case continuously. However, based on the documentation provided the International Board of Standards of Competence (IBSC) was reluctant to recertify the program as several aspects were not satisfactorily described in the documentation. The course management is invited to resubmit the documentation for recertification in spring of 2016. In the mean time the IBSC has been

*»There is more time available in the course program, than strictly needed to address each Standards of Competence item. The extra time is spent mainly on the nautical chapter and safety«*

Rob van Ree

invited to visit the course on Terschelling in order to optimise the mutual understanding of all issues involved.

As it is, the course management is satisfied that the course program has evolved to a mature state of high quality, with effective quality assurance in place at various scales. Other than gradually including the latest operational and scientific developments and innovations, there is no reason to consider any major reordering of the current program.

**HN:** Do you know where your graduates have gone on to work?

**van Ree:** Generally, graduates are employed by the Dutch companies with a hydrographic function. The dredging industry takes up the largest number, about half, followed by survey companies and government (Rijkswaterstaat).

Students are enrolled as member of Hydrographic Society Benelux (HSB) as soon as they enter the course, so there is a natural flow of young graduates into the membership. Students benefit from their membership by receiving the associated magazine and visiting HSB workshops, as well as being subsidised to attend an international conference or trade show somewhere in Europe. Thus they are challenged to start their relational network and develop contacts for apprenticeship,

graduation assignment and their first employment once they graduate.

**HN:** Skilltrade offers a Cat B course. Is this a competitor, or is their course intended for another target group?

**van Ree:** Skilltrade provides training for survey personnel on a commercial basis, so there is a principal difference, which is never felt as competition. Furthermore, there is a fairly close relationship between Ocean Technology and Skilltrade, whereby plans for the next years are discussed openly with a mutual interest of providing knowledgeable and skilled hydrographic surveyors. There is also some exchange of lecturers and study materials.

**HN:** Are there sponsors, without whom your course wouldn't take place at its current standard?

**van Ree:** Formally, HBO level courses initiated and recognised by the Ministry of Education, should not be dependent on external financing. Still the fit between training program content – students' knowledge, skills, attitude – and requirements by

*»To me it is a natural thing for the professional discipline of hydrography with its international orientation to have an international body to stimulate, create and maintain the exchange of best practices«*

Rob van Ree

## Wärtsilä ELAC Nautik GmbH SEABEAM 3050 MEDIUM DEPTH MULTIBEAM SYSTEM

The **SeaBeam 3050** multibeam echo sounder collects bathymetric, corrected backscatter, side-scan and Water Column Imaging (WCI) data in medium depth over a wide swath in excess of 140 degrees, meeting all relevant survey standards. Due to its depth performance in combination with wide coverage, SeaBeam 3050 is the ideal hydrographic sensor for mapping the continental slope.

SeaBeam 3050 is WCI ready, no extra installation is needed. It includes a wide functional scope for storage and visualization of high-resolution WCI data that can be perfectly utilized for identifying any kinds of objects in the water column such as gas bubbles.

the professional field needs continuous attention. Exchanges with companies are plentiful. It may take a form like a company offering equipment of a previous generation, software licenses, friendly rates or financing expensive simulator hardware. Indeed you can say that a lot of the operational character of the course environment is made possible by the good working relationship with the professional field.

**HN:** Let's talk about you: What is a senior lecturer? Is it comparable to a professor in Germany?

**van Ree:** My function is best described by »senior lecturer«. I am heading the Ocean Technology team and have been teaching since 1994. In the Netherlands professor is an academic title.

**HN:** What does »ir« stand for? Is it a kind of engineer?

**van Ree:** »ir« stands for Dutch ingenieur, equal to MSc. The title is given to most graduates at each of the three Technical Universities in the Netherlands (Delft, Eindhoven and Twente). I have graduated at Delft University studying physical/mathematical geodesy.

**HN:** Which were the main positions in your life (in training and career)?

**van Ree:** I studied four years Physical Geography in Amsterdam, followed by 18 months Royal Netherlands Navy as navigation officer and the Hydrography course (BSc) in Amsterdam. Upon graduation I was employed by Shell International as an expatriate, stationed in London (1984–87). Back in Holland I combined a function as positioning specialist at Delft Geophysical and the

Geodesy study mentioned above. In 1992 I worked for Oceonics Intersite in Haarlem as reporting surveyor, party chief, survey manager and quality manager. In 1994 I also started as part-time lecturer at the Hydrography course, which became my full job in 1999. After Oceonics Intersite was dismantled I worked as a part-time consultant for Rijkswaterstaat and as researcher at the Royal Navy

training institute KIM in Den Helder.

**HN:** You are committed – presumably for years – to the Hydrographic Society Benelux (HSB) and the International Federation of Hydrographic Societies (IFHS). Moreover, you are IFHS chairman since last year. What is the motivating force for your extensive voluntary work?

**van Ree:** Since 1996 I have been board member as honorary treasurer of HSB and in 2004 I became one of the directors of the IFHS. Last November I succeeded DHyG chairman Holger Klindt in the chair of IFHS.

My motivation for continued activities in this role is clear: the position provides me with an optimal chance to connect students with corporate members (companies) and/or individuals with specific experience: the simplest way to jump start students in their relational network.

**HN:** The IFHS has had a lot of success with the Hydro conferences, however the *Hydrographic Journal* was discontinued, and there is not yet a second issue of the *IFHS News*. It seems that there are plenty of obstacles to be overcome – what do you see as the key challenges for IFHS in the future?

**van Ree:** The *Hydrographic Journal* didn't survive the transition into a high quality e-magazine. As I see it, the main reason was that all those involved, but one, did so as volunteers: with much dedication but unavoidably with full primary jobs as well. While the transition slowly progressed in the years 2004 to 2007, the paper version of the *Hydrographic Journal* was still published twice annually. However, the precarious balance of obtaining sufficient peer reviewed articles on highly interesting topics and the necessary advertisement revenues was disturbed in the transition process.

**HN:** Why is it not possible to get something off the ground?

**van Ree:** In the rapidly changing publishing world, with its continuous battle between print and screen, news items and in-depth articles, the second best option was chosen: to design a newsletter with contributions from all national societies joined under the IFHS umbrella. The first issue of *IFHS News* was presented at the beginning of 2014, already delayed by a number of months in relation to its intended publication date.

Two main reasons come to mind when trying to identify causes for the IFHS being unable to effectively produce a newsletter twice yearly as yet. One: the commitment by regional societies to produce the necessary content failed. In the planning phase the member societies agreed to forward their news items and one in-depth article well in advance of the publication date. It is a difficult and tedious job to keep asking regional societies for newsletter content. Two: while the layout had been agreed, the editorial effort from one issue to the next becomes much simpler. However, currently two people are strongly involved. I would like to see just one person in charge here.

**HN:** Is a holding corporation like IFHS still the right approach? What do you think about the international way forward?

**van Ree:** When we decided to scale down The Hydrographic Society with a central coordinating function into the IFHS with a much leaner objective, the common sense of having an international community was never an issue, just a natural thing to do. The aim was – and still is – to associate as many regional societies as possible,

»The IHO governs the legal obligation of countries to chart their coastal seas, the FIG deals with the scientific aspects of hydrography. Let the IFHS represent the free market and commercial aspects of international contracts«

Rob van Ree

if not all ... However, money was in the way. With the still relatively high annual budget it was no longer evident that every regional society was willing to pay the centrally agreed membership fees. Two main regional societies decided not to join IFHS, the United States and Canada. In the board we tried to reduce costs and subsequently the fees, but until today didn't manage to arrive at a fee low enough to lure THSoA and CHA into joining.

To me it is a natural thing for the professional discipline of hydrography with its international orientation to have an international body to stimulate, create and maintain the exchange of best practices. The IHO governs the legal obligation of countries to chart their coastal seas, the FIG (commission 4) deals with the scientific aspects of hydrography and its ties with marine geodesy, oceanography and perhaps geophysics. Let the IFHS represent the free market and commercial aspects of international contracts. Indeed Memoranda of Understanding have been signed between the three organisations.

Free enterprise would also include the awareness that ideally hydrographic professionals should have free access to every piece of shoreline worldwide. And as he/she is nearly always at work under some contractual agreement, the open exchange between countries of people, job opportunities and employment is cherished. Also the exchange of knowledge and best practices is part of the IFHS mission. This is especially visible in the long tradition of organising the Hydro conferences. As you know this year's edition will be in Cape Town, November 23–25, and next year the conference will return to Germany!

For the first time at Hydro14 in Aberdeen, but hopefully rapidly becoming a tradition, we now have a true world championship. It is about writing graduation theses. In a stepped election, IFHS member societies arrange a contest to appoint their annual winner. The winners partake in the international election, so there will be an international best graduate. This champion is invited to the next Hydro conference for the presentation of his/her results. The first winner, so champion of 2014, was Oliver Kümpel from Germany (see HN 99, p. 42).

The scope of the international cooperation is mainly to have a platform where regional societies as IFHS members, each represented by one so-called director, meet on a regular basis. This space allows me to invite groups of hydrographic surveyors to define some way of national affiliation and subsequently join the IFHS. Recently Italy and South Korea entered the IFHS, France has expressed its desire to do so.

**HN:** With the common events in Papenburg and on Terschelling we have seen that international cooperation can be successful on a small scale. The success inspires more bilateral activities, this is at

least the opinion of the DHyG board. Do you share this view?

**van Ree:** Of course, it was a great pleasure to be part of both events. The visit to Meyer's Werft in Papenburg was impressive. And the Waddenzee symposium at Terschelling again was highly successful. The Hydro conferences are also successful, attended by delegates from many countries. So a scope exists for events of both scales. By all means let us continue with this idea!

**HN:** The HSB offers an incredible amount of seminars with a lot of response. Unfortunately, not everything is on the web site. How do you manage to motivate lecturers as well as the audience?

**van Ree:** The only reason for not having everything on the web site is the nature of the material, which on occasion is left out for commercial purposes.

I never found it difficult to invite someone for a presentation of a part of his/her expertise. All that's needed is some sort of a theme. And so far we never forgot to invite our members ...

**HN:** How important is Luxemburg within the HSB?

**van Ree:** Good question! In fact I've never been able to ask them ...

**HN:** You are a HSB member as well as a DHyG member. When you compare the societies: What could DHyG learn from HSB? And what could HSB copy from DHyG?

**van Ree:** I don't know if we need to particularly learn from each other. What makes success in this matter, is that members feel satisfied by the exchange of knowledge and companionship. In the Benelux it is possible to have six or seven events of a few hours duration as distances are small. In the German situation distances are too large for that scheme, so the multi-day Hydrographentage are held instead.

**HN:** What would you like to do better?

**van Ree:** My challenge during this chairmanship is to get at least three more regional societies under the IFHS umbrella. We have invested in the *IFHS News*, let's get it to work. Let's team up and find our international way ahead! All it needs is a good humoured and inspired common view.

**HN:** What do you know without being able to prove it?

**van Ree:** All but a few shorelines worldwide are interconnected by the secretive and intriguing underwater world of which we still know so little. As humanity is expanding, it will do so by deploying more and more of the oceans for energy and food. The hydrographic profession will remain in a most useful position to guide the way. [⚓](#)

*»The exchange of knowledge and best practices is part of the IFHS mission. This is especially visible in the long tradition of organising the Hydro conferences«*

Rob van Ree

# Einen Peso für jede hydrographische Karte

Eine Rezension von LARS SCHILLER

In Juan Gabriel Vásquez' Roman *Das Geräusch der Dinge beim Fallen* kommt alles zusammen. In den verschiedenen Zeit- und Handlungsebenen des Buchs geht es um den Drogenhandel in Kolumbien, einen Mord, einen Flugzeugabsturz und um vieles mehr. Noch zudem kommen am Rande stereoskopische Luftaufnahmen vor und sogar eine hydrographische Karte wird erwähnt.

## Ein Flugzeugabsturz

Flugzeugabstürze üben seit jeher eine eigenartige Faszination aus – wohl wegen des Widerspruchs, dass das Flugzeug einerseits als sicherstes Verkehrsmittel gilt, andererseits aber jeder Unfall gleich mehrere hundert Opfer auf einen Schlag fordert.

Und dann ist da noch die Sache mit dem Flugschreiber. Der muss nach einem Absturz unbedingt gefunden werden. Denn in dieser Blackbox sind sowohl die im genauen zeitlichen Verlauf aufgezeichneten Flugdaten als auch die Stimmen aus dem Cockpit kurz vor dem Unfall sicher verwahrt. Bei der Rekonstruktion von Abstürzen steht mit den Aufzeichnungen eine verlässliche Datenquelle zur Verfügung. Das immerhin muss man dem Menschen mit seiner Technikgläubigkeit zugute halten: Er hat noch aus jedem Unglücksfall etwas gelernt und er versteht es, einmal begangene gravierende Fehler nicht zu wiederholen.

## Vordergrund und Hintergrund

Um einen Flugzeugabsturz geht es in Juan Gabriel Vásquez' Roman *Das Geräusch der Dinge beim Fallen* allerdings nur vordergründig. Das Buch zeichnet vielmehr das Portrait einer Generation, deren Leben in Kolumbien vom Drogenhandel bestimmt war. Es waren die achtziger und neunziger Jahre, die Zeit des mächtigen Drogenbarons Pablo Escobar, der einen kriminellen Drogenkrieg führte, dabei tausende Polizisten, unbestechliche Politiker, Richter und Journalisten töten ließ.

## Echte und heimliche Hauptfiguren

Escobar ist die heimliche Hauptfigur des Romans, denn ohne seine Untaten wäre die Geschichte anders verlaufen. Doch die eigentlichen Protagonisten des Romans sind der schweigsame Pilot Ricardo Laverde und der junge Juraprofessor Antonio Yammara. Die beiden haben sich beim Billardspiel kennengelernt. Yammara und die anderen Mitspieler wissen nur, dass der mysteriöse Laverde nach langer Haft gerade aus dem Gefängnis entlassen worden ist.

Bei einem Spaziergang durch die Altstadt Bogotá wenige Monate nach ihrer ersten Billardpartie werden Yammara und Laverde Opfer eines Attentats. Laverde, dem der Anschlag galt, kam dabei ums Leben; Yammara überlebte schwer verletzt.

## Laverdes Geheimnis

Der Überlebende, Yammara, kannte fortan nur noch das eine Ziel, nämlich hinter das Geheimnis von Ricardo Laverde zu kommen. Natürlich war der in die Drogenmenschenschaften verstrickt. Er war ein leidenschaftlicher Pilot, und als Pilot schmuggelte er Drogen in die USA.

Nach dem Unfall gelang es Yammara nicht mehr, in sein altes Leben als Professor zurückzufinden, und auch in seiner Beziehung entfremdete er sich zusehends von Lebensgefährtin und Tochter. Sinn vermochte er allein in der Spurensuche zu finden, die ihn schließlich nach La Dorada zum ehemaligen Landsitz Escobars führte und zu Laverdes Tochter Maya. Gemeinsam mit Maya gelang es, das Leben von Laverde halbwegs zu rekonstruieren.

## Stimmen aus dem Cockpit

Nach Laverdes Haftentlassung machte sich seine Frau Elena Fritts auf dem Weg zu ihm. Sie sollte mit dem Flugzeug anreisen. Neunzehn Jahre lang hatten sie sich nicht gesehen. Doch das Flugzeug erreichte sein Ziel nicht, es zerschellte an einem Berg.

Der Flugschreiber konnte gefunden werden. Und darauf sind die Geräusche aufgezeichnet, die beim Fallen entstehen. Mitsamt der verzweifelten Stimmen der Piloten.

»Höher, höher«, sagt der Kapitän.

»OK«, sagt der Kopilot.

Und der Kapitän: »Hoch, hoch, hoch.«

Wieder ertönt der Alarm.

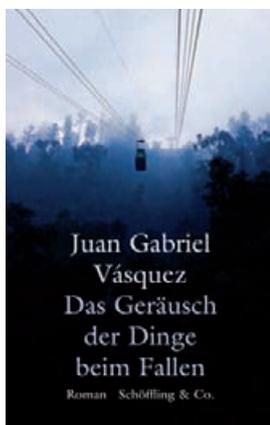
»Pull up«, sagt eine elektronische Stimme.

Man hört einen Schrei, der abbricht, oder etwas, was einem Schrei ähnelt. Man hört ein Geräusch, das ich nicht identifizieren kann, nie werde identifizieren können: ein Geräusch, das nicht menschlich ist oder allzu menschlich, das Geräusch der Leben, die gerade erlöschen, dazu das berstende Material« (S. 91).

Kurz bevor Laverde erschossen wurde, kam er in den Besitz dieser Tonbandaufnahme. Yammara fragte sich später: »War das möglich, konnte man die Aufnahme einer verunglückten Maschine anfordern und bekam sie, wie man, sagen wir, Unterlagen vom Katasteramt bekommt?« (S. 86).

## Und der Bezug zur Hydrographie

Mehr der Handlung soll in dieser Buchvorstellung nicht wiedergegeben werden, allein die Bezüge



Cover: © Schöffling & Co.

Juan Gabriel Vásquez  
*Das Geräusch der Dinge  
beim Fallen*;  
296 S., Schöffling & Co.,  
Frankfurt am Main 2014,  
22,95 €

zur Hydrographie und zur Geoinformation sollen noch aufgezeigt werden. Maya, die Tochter, und Yammara trugen immer mehr Einzelheiten über das Leben Laverdes zusammen – über sein Leben vor und nach dem Gefängnisaufenthalt.

Als Pilot musste Ricardo Laverde gut mit Karten umgehen können. Dieses Vermögen hatte er schon in der Schule unter Beweis stellen können:

»Ricardo hatte von jeher eine Schwäche für Landkarten gehabt. Er war stets ein guter Schüler gewesen (immer unter den ersten drei seiner Klasse), aber nichts lag ihm mehr als Landkarten, diese Übungen, bei denen der Schüler mit weichem Bleistift, Zeichenfeder oder Tuschestift auf Pauspapier oder manchmal auf Butterbrotpapier die Umrisse Kolumbiens nachzeichnen musste. (...) Während der gesamten Schulzeit bekam Ricardo nur einen Verweis, wenn Landkarten gezeichnet wurden, denn er war mit seiner doppelt so schnell fertig und verbrachte die restliche Schulstunde damit, die Landkarten seiner Kameraden zu zeichnen, für fünfzig Centavos, wenn es um die kolumbianischen Verwaltungsbezirke ging, für einen Peso, wenn es eine hydrografische Karte oder eine Temperaturkarte war« (S. 278–279).

Ein Peso ist heutzutage gerade mal den dreißigsten Teil eines Cents wert. So gesehen ist Kartenzeichnen nicht gerade eine verlockende Einnahmequel-

le. Wo aber das große Geld lockt, im Drogenhandel, läuft man Gefahr, kein Leben mehr zu haben – oder es hinter Gittern verbringen zu müssen.

Als Laverde nach neunzehn Jahren Gefängnis wieder Arbeit finden musste, suchte er dort, wo es Flugzeuge gab. Doch die Türen blieben für ihn verschlossen. Bis ihm plötzlich die rechte Erinnerung kam:

»Da kam ihm ein Gedankenblitz, und er stellte sich beim Geografischen Institut Agustín Codazzi vor. Sie unterzogen ihn einer Prüfung, und zwei Wochen später flog er mit einer zweimotorigen Commander 690A, an Bord der Pilot, der Kopilot, zwei Geografen, zwei Techniker und eine komplizierte Spezialausrüstung für Flugaufnahmen. (...) Frühmorgens startete er am Flughafen El Dorado und flog den kolumbianischen Luftraum ab, während die Kamera hinten Negative im Format 23 x 23 aufnahm, die nach langer Laborbehandlung und Klassifizierung in den Atlanten auftauchen würden, mit denen Tausende von Kindern lernen, welches die Nebenflüsse des Cauca sind und wo die westliche Kordillere beginnt« (S. 279).

Ein Kreis schloss sich, die Vorliebe für Karten und fürs Fliegen fanden zusammen, sein Leben hätte sich zum Guten wenden können, wenn, ja wenn er nicht wieder das Falsche getan hätte, und das kostete ihn das Leben. [📍](#)

#### Bisher erschienen:

John Vermeulen (HN 82),  
Theodor Storm (HN 83),  
Henning Mankell (HN 84),  
John Griesemer und  
Stefan Zweig (HN 85),  
Bernhard Kellermann (HN 86),  
Frank Schätzing (HN 87),  
Scott Huler (HN 88),  
Philipp Felsch (HN 89),  
T.C. Boyle (HN 90),  
Peter Høeg (HN 91),  
Bruce Chatwin (HN 92),  
Helmut Heißenbüttel (HN 93),  
Claudio Magris und  
Péter Esterházy (HN 94),  
Werner Schneider (HN 95),  
Jörg Schimmler (HN 96),  
Lars Gustafsson (HN 97),  
Judith Schalansky (HN 98),  
Christoph Ransmayr (HN 99),  
Alfred Andersch (HN 100)



# 40+

## YEARS OF HYDROGRAPHIC EXPERIENCE

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

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

Fugro OSAE GmbH  
+49 4212 239150  
info@fosae.de  
www.fugro.com  
www.fosae.de

# The dynamic Waddenzee

## Jointly organised symposium by HSB and DHyG

A report by ROB VAN REE

In February an inspiring event took place which was jointly organised by the Hydrographic Society Benelux (HSB) and the German Hydrographic Society (DHG). Members of both societies travelled to the island of Terschelling for a two-day workshop packed with presentations on the profession, standards and of course local surveying as the ever-moving sea-floor of the Wadden Sea has been the subject of research.

On 18th and 19th February an inspiring event took place between the two regional hydrographic societies. It was the third in a row, after Delfzijl in December 2011 and Papenburg in May 2013. During the Hydrographentag in Lübeck end of May 2014, the idea was born to invite members of the two neighbouring societies to a two-day event at the Maritime Institute Willem Barentsz on Terschelling. Gradually plans for the content developed. When in Lübeck Theresa Maierhofer presented her thesis on measuring seabed ripple transport off the coast of Texel, she agreed to repeat her performance in the Netherlands. From there the theme for the symposium was easily found: The dynamic Waddenzee. This would likely appeal to the hydrography students who were also invited to the symposium held in their training institute.

Guest speakers were found to present a most interesting variation of specialised views on the theme. This was on the second day. On the first day the program was built around seven maritime stakeholders from various applications and disciplines who were invited to give their educated guess for the development of hydrography in the next five to ten years. Each was allowed a pitch of ten minutes – a truly difficult task. Then HSB secretary Alain De Wulf presented the main results of a very recent employment enquiry among corpo-

rate HSB members. The full report will be made available on [hydrographicsocietybenelux.eu](http://hydrographicsocietybenelux.eu), as indeed will be most of the presentations. The series of pitches was followed by a forum discussion, whereby the speakers were triggered to address subjects evolving from their views expressed earlier.

The event was attended by 85 DHG/HSB members (and three from THSUK) and 65 students from the first three years of the Ocean Technology training program. Although the students didn't participate in the complimentary dinner on the Wednesday evening, there was an easygoing and open interaction between visitors and students, aiding the start of a professional network for many of the students.

The maritime stakeholders presenting their views were

- Captain RNLN M.C.J. (Marc) van der Donck, as Hydrographer of the navy leading the Hydrographic Office in The Hague;
- Mr Thomas Dehling, head of the Hydrographic Surveying Division at BSH, lecturer at HafenCity Universität Hamburg, chairman of the IHO working group on capacity building, and DHG board member;
- Dr. Peter Gimpel, Director of Survey Systems at L-3 Elac Nautik;

Maritime Institute Willem Barentsz on Terschelling



Students' presentation

- Mr B.R.J. (Ben) van Scherpenzeel, Director of Nautical Developments, Policy and Plans of Port of Rotterdam;
- Mr Lorentz Lievens, head of the Survey Department of GeoSea (DEME);
- Mr Aris Lubbes, Chief Scientist of Fugro Off-shore Survey Division;
- and Mr Michiel van de Munt, head of the Survey Division at Allseas.

Both in their pitches and in their contributions to the forum discussion the stakeholders expressed their high involvement with hydrography as the professional discipline we're all concerned with. For many students it was the first time to experience a direct contact with the industry, they had the opportunity to speak to the representatives of companies and organisations that form their reference for apprenticeships, thesis assignments and innovative developments.

On the second day seven presentations shed their light on the various hydrographic aspects related to the Wadden Sea. The underlying reason for the choice of this theme is the school's research program which addresses the prevention and damage control of oil spills threatening the sensitive Wadden Sea. From year to year 4th year students co-operate to answer many questions about hydrographic aspects of this problem.

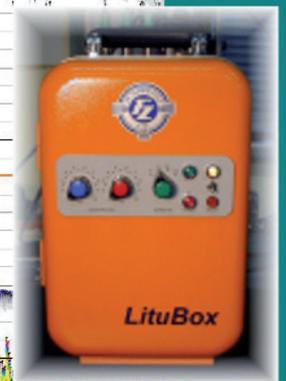
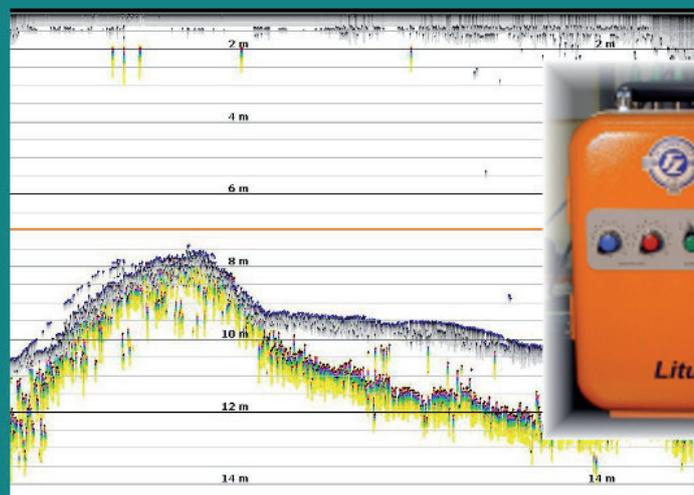
The guest speakers addressed changing seabed geomorphology at various scales (Ernst Lofvers); bathymetric surveying using multibeam echo sounder (Theresa Maierhofer) and LiDAR (airborne laser) (Ramona Baran); measuring current profiles with ADCP as well as surface currents over larger areas with radar mounted on light houses by Sicco Kamminga. Herman Peters gave an overview of governmental measurement campaigns in the Dutch Wadden Sea. And finally current modelling was addressed, both for open sea by Christian Maushake, and for areas with drying out tidal flats by Firmijn Zijl, including the aspect of validating such models with actual current measurements in order to put a quality figure to the predicted current values.

In time for all delegates to find their way home on the same day, the program ended by 4th year hydrography student Johan Zegers, who showed recent results of visualising the trajectory of an oil spill of a selectable quantity and viscosity, originating anywhere in the area, when moving by tide and wind. Apart from its usual objective to bring many colleagues together while focussing on some hydrographic theme, the symposium thus provided a very useful introduction to measuring in the marine environment for undergraduate students of the hydrographic training course at the Maritime Institute Willem Barentsz. [⚓](#)



## Echolote - Echographen für alle hydrographischen Vermessungsaufgaben

### Lotelektroniken für Computersysteme



# DHyG Student Excellence Award

## Die Exzellenzinitiative

für die Hydrographie

Setz Deinem Studium die Krone auf!

Mit dem DHyG Student Excellence Award zeichnet die Deutsche Hydrographische Gesellschaft Studierende aus, die sich in einer herausragenden Studienarbeit mit einem beliebigen Thema der Hydrographie auseinandergesetzt haben.

Der DHyG Student Excellence Award ist mit € 200 dotiert. Außerdem erhält der Preisträger freien Eintritt zum Hydrographentag, bei dem er einem Fachpublikum seine Arbeit vorstellen wird.

Wer den DHyG Student Excellence Award erhält, wird von der DHyG ins Rennen um den IFHS Student Award geschickt, der auf der Hydro-Konferenz im Herbst verliehen wird und der mit £ 1500 dotiert ist.

Mögliche Preisträger können jedes Jahr bis zum 30. März von den Hochschulen vorgeschlagen werden. Zur Bewerbung muss ein Fachbeitrag eingereicht werden, in dem der Studierende seine Arbeit vorstellt. Der betreuende Professor muss in einem Begleitschreiben die preiswürdigen Elemente der Arbeit aufzeigen.

Die eingereichten Fachbeiträge werden von einer Jury gesichtet. Der Preisträger wird bis zum 30. April benachrichtigt.

Alle eingereichten Fachbeiträge werden in den Hydrographischen Nachrichten veröffentlicht.



[www.dhyg.de](http://www.dhyg.de)

# Von glücklichen Hydrographen

## Preisverleihung beim Geodätischen Kolloquium

Nach der DHyG-Mitgliederversammlung am 21. Mai 2015 fand an der HCU in Hamburg das Geodätische Kolloquium statt, bei dem der DHyG-Beirat erstmals seinen Vortrag für die Nachwuchswerbung präsentierte. Mit dem Titel »Von glücklichen Hydrographen« soll Schülern und Bachelorstudenten ein Hydrographiestudium schmackhaft gemacht werden. Ganz sicher ein glücklicher Hydrograph war an diesem Tag Eike Barnefske, der mit dem *DHyG Student Excellence Award* ausgezeichnet worden ist. Er er-

### Nachwuchswerbung

Der DHyG-Beirat hat es sich zur Aufgabe gemacht, etwas für die Nachwuchswerbung zu tun. Egal auf welchem Feld – beileibe nicht nur in der Geoinformationsbranche – hört man die Klagen über den fehlenden Nachwuchs und über den Fachkräftemangel. Dabei gibt es überall auf der Welt immer mehr zu tun – auch in der Hydrographie. Doch die meisten Jugendlichen wissen das gar nicht. Woher auch? Sie haben keine Ahnung davon, welche spannenden Tätigkeiten auf sie warten.

Wie also lockt man den Nachwuchs? Und am besten noch erfolgreich? Wie transportiert man das richtige Image für den Beruf des Hydrographen? Auf diese Fragen hat der Beirat eine Antwort gesucht.

Das Resultat ihrer Suche haben drei Vertreter des achtköpfigen Beirats am 21. Mai beim Geodätischen Kolloquium an der HCU vorgestellt. Rund 50 Leute waren zu der Veranstaltung in das neue HCU-Gebäude in der HafenCity gekommen.

Ziel ist es, Abiturienten und Bachelorstudenten eine Idee davon zu vermitteln, was Hydrographie ist. Der Vortrag soll an Schulen und Hochschulen präsentiert werden, um potenzielle Studierende für das Fach zu interessieren – und damit indirekt natürlich auch für das Studium an der HCU.

### Der Mensch im Mittelpunkt, nicht die Technik

»Es war gar nicht so einfach«, sagte der Beiratsvorsitzende Peter Gimpel, »einen Vortrag auszuarbeiten.« Zwar habe jeder etwas von seiner Arbeit, von seinen Projekten, von seinen Erfahrungen beisteuern können, doch das drohte sehr schnell sehr technisch zu werden.

In allen Fachvorträgen, in allen Fachzeitschriften kriege man überwiegend höchst technische Bilder dargeboten, meinte Lars Schiller, der den ersten Vortragsteil übernommen hatte. Man sehe Abbildungen von Spezialgeräten, Diagramme mit Messwerten, Bilder vom Untersuchungsgegenstand, meist in Form von digitalen Geländemodellen – und auf jeden Fall in Fehlfarben. Doch nur ganz selten einmal sei ein Mensch bei der Arbeit zu sehen. Und genau das wollte der Beirat ändern.

Menschen sollten gezeigt werden, schließlich seien das die Protagonisten, man wolle ja Men-

schen, junge Leute, für die Hydrographie begeistern.

Mit zwei in sich geschlossenen Geschichten zeigten Peter Gimpel und Thomas Thies, wo überall Hydrographie eine durchaus gewichtige Rolle spielt, auch wenn man das im Alltag kaum bemerkt.

Peter Gimpel zeigte eindruckliche Aufnahmen des gewöhnlich Unsichtbaren unter Wasser. Bilder vom gewaltigen Festlandsockel der Kanaren, von untermeerischen Flüssen, von Gasblasen in der Wassersäule. Damit verdeutlichte er den Zuschauern den Unterschied zwischen dem Sehen mit den eigenen Augen und dem Sichtbarmachen mit Hilfe von Schall.

### Suche nach AF 447

Anschließend nahm der Beiratsvorsitzende das Publikum mit auf die Suche nach einem Flugzeug, das im Ozean abgestürzt ist. Anhand der Rekonstruktion des Air-France-Flugs AF 447, bei dem es im Juni 2009 auf dem Weg von Rio de Janeiro nach Paris zu einem Absturz im Atlantik kam, erfuhren die Zuhörer, was es bei der Suche nach Trümmerteilen im 4000 Meter tiefen Wasser alles zu beachten gilt, warum eine solche Suche so lang dauert, welcher Aufwand betrieben werden muss und wie viel das Ganze kostet.

hielt den Preis, den die DHyG seit 2014 für herausragende Abschlussarbeiten vergibt, für seine Untersuchung über Objektdetektion im Meeresboden.

Eike Barnefske (rechts) nimmt den *DHyG Student Excellence Award 2015* vom 2. Vorsitzenden Thomas Dehling in Empfang





## Sichere Navigation

Danach zeigte Thomas Thies, wie ein Ozeanriese von der Nordsee durch die Elbe in den Hamburger Hafen kommt – und was sichere Navigation mit Hydrographie zu tun hat. In der Art eines Logbuchs zeichnete er den typischen Reiseverlauf eines Containerschiffs nach.

Diverse Wegmarken zwischen der Deutschen Bucht und dem Liegeplatz nahm er zum Anlass, auf hydrographische Tätigkeiten hinzuweisen. Beispielsweise erklärte er Funktion und Unterhaltung eines Sedimentfangs bei Wedel, mit dem man versucht, einströmende Sedimentpartikel einzufangen, bevor sie in die Hafenbecken gelangen, wo sie sich sonst ablagern würden. Auch erwähnte er eine Klappstelle vor Helgoland, wo ausgebaggertes Material abgelagert wird. Dort fand bei der imaginierten Vorbeifahrt gerade ein Monitoring statt, bei dem Hydrographen mit Biologen, Sedimentologen und Hydrologen Hand in Hand arbeiteten. Überhaupt wurde im Vortrag immer wieder deutlich, dass verschiedene Disziplinen interagieren müssen.

Und noch ein Ausrufezeichen setzte der Redner: Nicht nur, dass Hydrographen neben ihrer Arbeit bei der Vermessung des Wasserkörpers auch mal einen Blick in den Untergrund riskieren, sie erfassen auch die angrenzenden Landbereiche. In den Worten von Thomas Thies: »Hydrographie hört an der Wasseroberfläche nicht auf!«

In den letzten Minuten des Vortrags wurden dann in einer Art Diaschau die Bilder der überwiegend glücklichen Hydrographen gezeigt (siehe die Bilder auf dieser Seite).

## DHyG Student Excellence Award

Ganz sicher ein glücklicher Hydrograph war an diesem Tag Eike Barnefske. In den Minuten nach dem Vortrag überreichte Thomas Dehling dem HCU-Studenten den *DHyG Student Excellence Award*. Ausgezeichnet wurde er für seine Bachelorarbeit zum Thema »Objektdetektion im Meeresboden unter Verwendung eines mechanisch und elektronisch verschwenkbaren parametrischen Echolotsystems«.

Das Ziel der Arbeit war es, Daten, die mit einem Sub-Bottom Profiler in der Kieler Bucht erhoben worden sind, auszuwerten und genauer zu untersuchen. Bei den Messungen wurde ein adaptiertes Verfahren eingesetzt, bei dem der Echolotschwinger in verschiedenen Winkeln verschwenkt wurde, um einen schrägen Schalleinfall auf das Sediment zu ermöglichen. In seiner Thesis arbeitete Herr Barnefske die Vor- und Nachteile dieses Ansatzes im Hinblick auf die Detektion eines vergrabenen Seekabels heraus.

Die Jury war von dem kreativen Ansatz sofort überzeugt und lobte die klar gegliederte Ausarbeitung. Vor allem ist es Herrn Barnefske gelungen, eine komplexes Thema auf das Wesentliche zu reduzieren und die Sachverhalte dennoch korrekt zu erläutern. Dies gelang ihm dann abermals, als er nach der Entgegennahme der Urkunde dem Publikum in einer Viertelstunde seine Arbeit vorstellte. [📍](#)



## OCEAN ENGINEERING IN DEPTH

### HYDROGRAPHIC SYSTEMS



MULTIBEAM



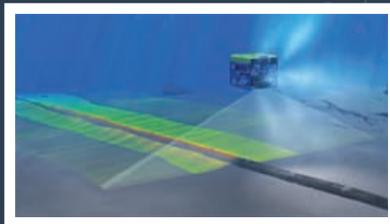
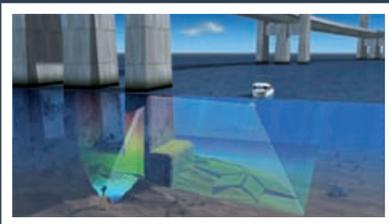
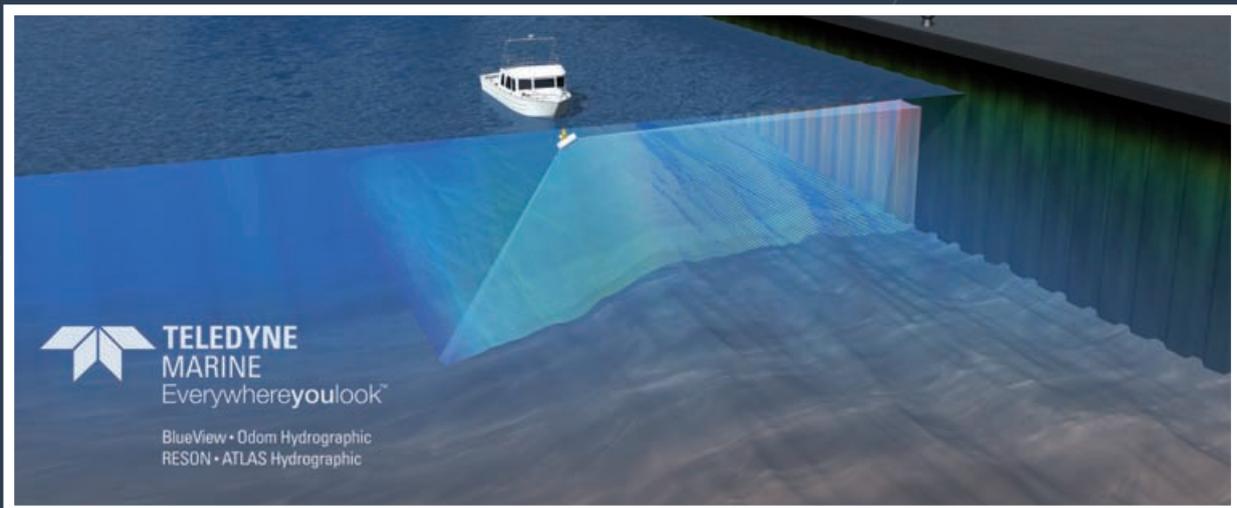
POSITION & MOTION



SIDE SCAN SONAR



SOFTWARE



# Präzise 3D Positionierung

## ... mit GNSS und optischen 3D Verfahren

Leica Geosystems ist mit nahezu 200 Jahren Erfahrung Pionier in der Entwicklung und Produktion von Vermessungsinstrumenten und Lösungen und gehört zu den Weltmarktführern in der Vermessung. Innovation, absolute Präzision und höchste Qualitätsansprüche kombiniert mit einem umfassenden Service- und Dienstleistungsangebot führen dazu, dass Fachleute auf Leica Geosystems vertrauen.

Die **GNSS Instrumente** von Leica Geosystems empfangen und verarbeiten die Signale der Navigationssysteme von GPS, GLONASS, **Galileo und BeiDou**. Mit diesen GNSS

Instrumenten sind Sie bis **über das Jahr 2020 hinaus für die Zukunft gerüstet ohne weitere Investitionsmittel einplanen zu müssen**.

Die **Totalstation** – MS50 MultiStation – liefert Ihnen ausgezeichnete Sensorintegration für **höchste Präzision** und Leistung bei voller Automatisierung der Messabläufe. Der revolutionäre Distanzmesser vereint die Vorteile des Phasenmessprinzips mit den Vorteilen der Zeitmessung. Die Messzeiten sind bis zu 50% schneller, was eine Datenrate bis zu 20 Hz ermöglicht.