Zeitschrift: Geomatik Schweiz : Geoinformation und Landmanagement = Géomatique Suisse : géoinformation et gestion du territoire = Geomatica Svizzera : geoinformazione e gestione del territorio

Herausgeber: geosuisse : Schweizerischer Verband für Geomatik und Landmanagement

Band: 111 (2013)

Heft: 5

Artikel: Shipborne Scanning : simultane 3D-Vermessung des Flussbettes und der Uferbereiche am Hochrhein durch Bathymetrie und mobiles Laserscanning

Autor: Kersten, Thomas P. / Böder, Volker / Schmidt, Frank

DOI: https://doi.org/10.5169/seals-323400

Nutzungsbedingungen

Die ETH-Bibliothek ist die Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften auf E-Periodica. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Zeitschriften und ist nicht verantwortlich für deren Inhalte. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern beziehungsweise den externen Rechteinhabern. Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen sowie auf Social Media-Kanälen oder Webseiten ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. Mehr erfahren

Conditions d'utilisation

L'ETH Library est le fournisseur des revues numérisées. Elle ne détient aucun droit d'auteur sur les revues et n'est pas responsable de leur contenu. En règle générale, les droits sont détenus par les éditeurs ou les détenteurs de droits externes. La reproduction d'images dans des publications imprimées ou en ligne ainsi que sur des canaux de médias sociaux ou des sites web n'est autorisée qu'avec l'accord préalable des détenteurs des droits. En savoir plus

Terms of use

The ETH Library is the provider of the digitised journals. It does not own any copyrights to the journals and is not responsible for their content. The rights usually lie with the publishers or the external rights holders. Publishing images in print and online publications, as well as on social media channels or websites, is only permitted with the prior consent of the rights holders. Find out more

Download PDF: 09.08.2025

ETH-Bibliothek Zürich, E-Periodica, https://www.e-periodica.ch

Shipborne Scanning – Simultane 3D-Vermessung des Flussbettes und der Uferbereiche am Hochrhein durch Bathymetrie und mobiles Laserscanning

Die genaue Kenntnis der Geometrie des Hochrheins (Flusssohle und Uferbereich) bildet eine grundlegende Voraussetzung u.a. für die Sicherheit der Schifffahrt, der Bauten und Infrastrukturen im und am Wasser und für die Beurteilung der Hochwassergefahr sowie für die Planung von Hochwasserschutzmassnahmen. Die durch Hochwasserereignisse verursachten morphologischen Veränderungen des Flusses erfordern zur Gefahrenabwehr eine periodische Vermessung des Hochrheins. Daher wurde dieser im Rahmen eines Pilotprojektes 2011 in vier ausgewählten Testgebieten (Basel, Koblenz, Eglisau und Rüdlingen) durch das Multi-Sensor Schiff der HafenCity Universität Hamburg vermessen, um das Potenzial einer simultanen 3D-Vermessung von Uferbereichen durch mobiles Laserscanning und des Flussbodens durch bathymetrische Methoden mit einem Fächerecholot aufzuzeigen. Dabei konnte nach der Systemkalibrierung eine Punktgenauigkeit von 2–3 cm über Wasser und ca. 10 cm unter Wasser erreicht werden. Die erfassten Punktwolken wurden anschliessend in die webbasierende GIS-Plattform des kantonalen Tiefbauamtes Basel-Stadt integriert. Aus den Erkenntnissen des Projekts wurde ein Konzept zur gemeinsamen, einheitlichen Flussvermessung und Datenhaltung für den Hochrhein entwickelt.

Thomas P. Kersten, Volker Böder †, Frank Schmidt

1. Einleitung

Die Kenntnis der Geometrie eines Gewässers und seiner Uferbereiche ist eine wichtige Grundlage für viele Anwendungen, für die der räumliche Bezug digitaler Informationen auf der Erdoberfläche und im Wasser in Form von dreidimensionalen Geodaten hergestellt wird. Diese Geodaten bilden die Grundlage für viele Planungen als massgebliche Voraussetzung für Standort- und Investitionsentscheidungen. Mit solchen Informationen können die Hochwassergefahr, die Sicherheit von Bauten und Infrastrukturen beurteilt sowie Hochwasserschutzmassnahmen und ökologische Massnahmen geplant werden. Der daraus resultierende stetig steigende Bedarf an solchen Geodaten erfordert eine effiziente Erfassung (aktuelle und kostengünstige Daten) und eine umfängliche Verfügbarkeit (schnell, einfach, flächendeckend und grossmassstäblich). Daher bieten sich für eine effiziente 3D-Datenerfassung mobile Sensorsysteme (Mobile Mapping Systeme) in der Luft (Flugzeug, Helikopter), auf dem Land (Fahrzeug) und auf dem Wasser (Schiff) an. Gerade die Erfassung und geometrische Modellierung von Flüssen durch hydrographische Verfahren stellen besondere Anforderungen dar.

In diesem Beitrag wird der Einsatz des mobilen hydrographischen Multi-Sensor-Schiffes der HafenCity Universität (HCU) Hamburg für Vermessungsarbeiten auf dem Hochrhein zwischen Basel und Schaffhausen im Jahr 2011 beschrieben. Mit diesem Multi-Sensor-Schiff wurden im Auftrag des Tiefbauamtes des Kantons Basel-Stadt in vier ausgewählten Testgebieten auf dem Hochrhein 3D-Geodaten über und unter Wasser durch Bathymetrie und mobiles Laserscanning simultan erfasst. Während die Uferlandschaften durch kinematisches terrestrisches Laserscanning vom Schiff aus erfasst werden, erfolgt die Bestimmung des Flussbodens durch hydroakustische Verfahren mit einem Fächerecholot. Als Bathymetrie, ein Teilgebiet von Hydrographie und Geodäsie, bezeichnet man die Vermessung der topographischen Gestalt von Fluss- und Meeresböden. Eine wesentliche Voraussetzung für die Integration von Navigations- (GNSS und Inertialsystem), hydrographischen (Fächerecholot) und weiteren Erfassungssensoren (Laserscanning und Kameras) in ein schiffsbasiertes Multi-Sensor-System bildet eine a priori Systemkalibrierung. Über diese Systemintegration und -kalibrierung sowie über erste Erfahrungen mit so einem Multi-Sensor-System im Rahmen einer Zusammenarbeit zwischen HafenCity Universität Hamburg, Hamburg Port Authority und dem Ingenieurbüro dhp:i in Hamburg wurde bereits berichtet (Böder et al. 2010, Kersten et al. 2011).

2. Testgebiete Hochrhein

Als Hochrhein wird der zwischen Bodensee (Stein am Rhein) und Basel gelegene Abschnitt des Rheins mit einer Strecke von insgesamt 160 Kilometern bezeichnet. In diesem Abschnitt des Flusses wurden vier Testgebiete auf dem Rhein in Basel, bei Eglisau, in Koblenz und in Rüdlingen (Abb. 1) mit einer gesamten Strecke von ca. 17 Kilometer ausgewählt, die eine unterschiedliche topographische Charakteristik im Flussbett und in den Uferbereichen aufweisen (Abb. 1). Die Topographie der Uferpartien innerhalb der vier Testgebiete besteht aus urbanen, industriellen und natürlichen Landschaften. Für die Planung der Schiffskurse lagen Angaben über Tiefeninformationen nur beim Wasserkraftwerk vor, so dass der relativ geringe Tiefgang des HCU-Vermessungs-

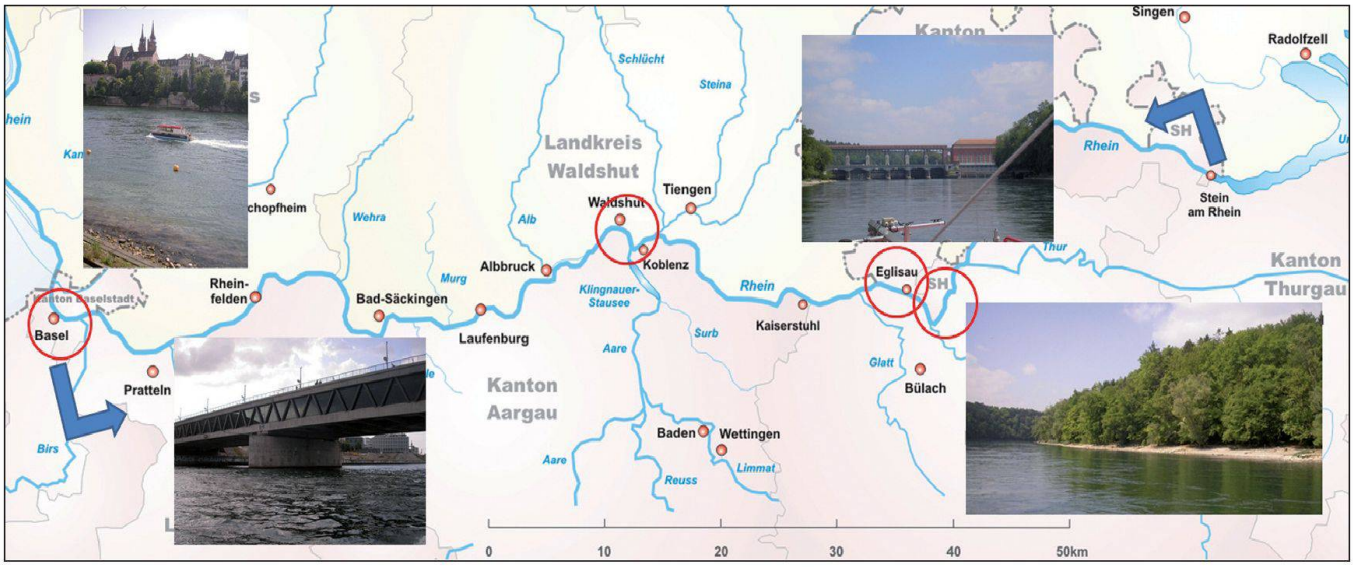

Abb. 1: Räumliche Verteilung und topographische Charakteristik der Testgebiete am Hochrhein für das Multi-Sensor-Schiff der HCU Hamburg.

schiffes bei der Aufnahme unbekannter Gewässer vorteilhaft ist, aber immer noch gewisse Risiken bei der Befahrung unbekannter Tiefen birgt.

3. Das Multi-Sensor-Schiff der HafenCity Universität Hamburg

Das in diesem Pilotprojekt eingesetzte Multi-Sensor-Schiff «Level-A» (siehe Abb. 2 Mitte) ist ein Aluminiumboot und wird in Forschung und Lehre an der HCU Hamburg eingesetzt. Das Boot ist etwa 7,50 m lang und 2,50 m breit. Die «Level-A» zeichnet sich durch einen relativ geringen Tiefgang (etwa 0,5 m) für Anwendungen im Flachwasserbereich (Flüsse, Seen, Küste) aus und ist daher auch für die Aufnahme der flachen Bereiche des Hochrheins bestens geeignet. Das System ist durch den modularen Aufbau, der modernen hydrographischen Sensorik (Echolote, Magnetometer, Strömungsmesser etc.), die mit anderen Sensoren kombiniert werden kann, flexibel und wirtschaftlich nutzbar.

Das moderne Multi-Sensor-System auf der «Level-A» war wie folgt ausgestattet (Abb. 2 links): Terrestrischer Laserscanner Riegl VZ-400 (max. Reichweite ca. 500 m bei 42 000 Punkten/Sekunde) zur 3D-Datenerfassung über Wasser, Fächerecholot Reson SeaBat 8101 (Öffnungswinkel nach Systemerweiterung 210° quer und 1,5° längs zur Schiffslängsachse) zur Strukturerfassung unter Wasser, RTK-System Leica GNSS 1200 zur kinematischen Positionsbestimmung von Laserscanner und Echolot sowie Inertiale Messeinheit (IMU) ixBLUE PHINS (Genauigkeit für Heading 0.034° und für Roll/Pitch 0.01°) zur Bestimmung der Lagewinkel und zur Stützung von GNSS. Die Raumvektoren zwischen den einzelnen Sensorsystemen wurden durch geodätische Messverfahren bei Installation des Systems im Schiffskoordinatensystem bestimmt. Dabei bezog der 2-Frequenz GPS-Empfänger die Daten der Referenzstation von dem Korrekturdatendienst Swiss Positioning Ser-

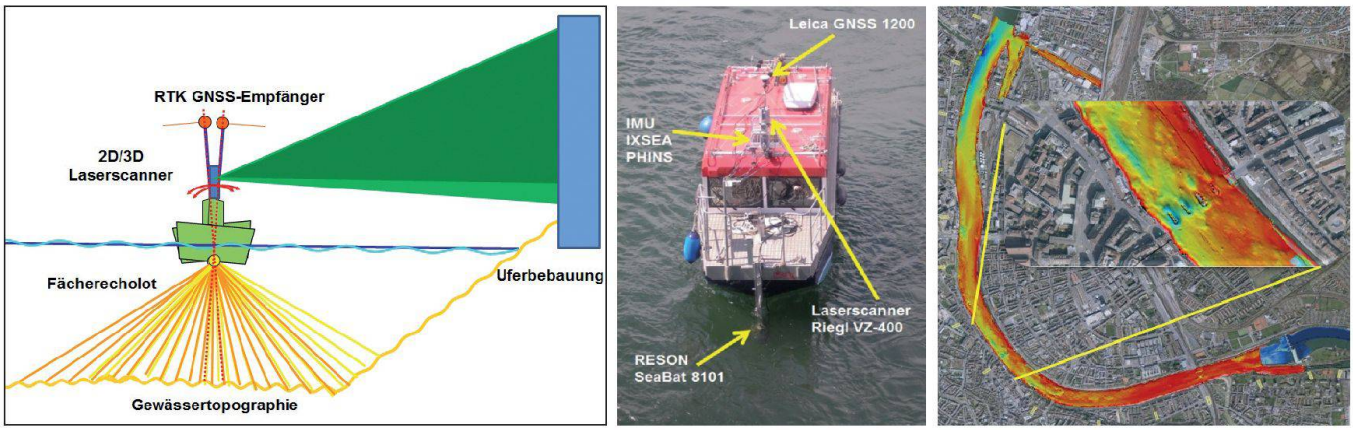

Abb. 2: Schematischer Aufbau (links) und Foto des Multi-Sensor-Schiffes Level-A der HCU Hamburg (Mitte) und Visualisierung der erfassten bathymetrischen Daten in Basel.

vice (swipos) der schweizerischen Landesvermessung. Die Verknüpfung der Sensoren an Bord zu einem integrierten System erfolgte über LAN und RS-232 Verbindungen. Die Zeitsynchronisation wurde wie bisher über einen PPS-Puls realisiert, der von den an Bord befindlichen GNSS-Sensoren generiert wurde. Bei einer Fahrtgeschwindigkeit von 3 m/s und einer maximalen Aufzeichnungsrate von 40 Hz durch das Fächerecholot Reson SeaBat 8101 wird alle 7,5 cm ein Streifen mit jeweils bis zu 141 beams aufgenommen, was maximal 5640 Messungen pro Sekunde entspricht. Basierend auf der Positionsbestimmung der GNSS-Antenne wurden die Messungen des Laserscanners und des Fächerecholots mit Hilfe der Lagewinkel und der Raumvektoren in das übergeordnete Koordinatensystem transformiert. Die Funktionsweise der Sensoren und weitere technische Spezifikationen sind in Böder et al. (2010) und in Kersten et al. (2011) beschrieben. Die Systemkalibrierung eines solchen Multi-Sensor-Schiffes wird in Thies (2011) ausführlich beschrieben. Die Daten können in verschiedenen Auswerteprogrammen verarbeitet werden, jedoch wurde im Rahmen dieses Pilotprojektes das an Bord der «Level-A» vorhandene Programm QINSy genutzt, in dem für die problemlose Einbindung des Riegl VZ-400 ein Treiber verfügbar war. Die Datenübertragung zum Rechner erfolgte über eine LAN-Schnittstelle.

4. Datenerfassung auf dem Hochrhein und Ergebnisse

Die Datenerfassung der vier Testgebiete auf dem Hochrhein durch Bathymetrie und mobiles Laserscanning erfolgte vom 28. April bis 5. Mai 2011 mit dem Vermessungsschiff Level-A der HCU Hamburg. Vor der ersten Aufnahme und nach jedem Übersetzen des Schiffes in das nächste Messgebiet wurde das Sensorsystem anhand von aufgenommenen Daten mit der Software QPS QINSy kalibriert. Je nach Breite und Tiefe des Rheins wurden zur Erfassung des Flussbettes mit dem am Bug des Schiffes angebrachten Fächerecholot 10–20 Profile mit einer jeweiligen Überdeckung von ca. 50% gefahren. Dabei wurden eine Auflösung von ungefähr 10 Punkten/m² und eine Punktgenauigkeit von ca. 10 cm erreicht. Abb. 2 (rechts) zeigt die erfassten bathymetrischen Daten vom Testgebiet Basel. Der Laserscanner Riegl VZ-400 war auf dem Dach des Schiffes so angebracht, dass die Scanprofile um 900 zur Schiffsachse gedreht (= 2700) auf der Backbordseite erfasst wurden. Mit dieser Konfiguration wurde jeweils das nördliche und südliche Rheinufer mehrfach erfasst, wobei die Messprofile aus unterschiedlichen Distanzen zum Uferbereich gescannt wurden. Teilweise erfolgte das Scanning simultan zur Fächerecholotaufzeichnung, teilweise aber auch separat. Anschliessend wurde das Ufer mit dem Scanner bei einem Winkel von 225° und 315° nochmals komplett erfasst, um durch die leichte Drehung des Scanners gerade die Gebäudeecken besser aufnehmen zu können. Brücken wurden zusätzlich durch Parallelprofile gescannt. Insgesamt wurden durch das mobile Laserscanning durchschnittlich 300 Punkte/m² aufgenommen, die eine Punktgenauigkeit von ca. 5 cm aufweisen. Zur Überprüfung der Genauigkeit wurden auch im Uferbereich platzierte Passpunkte verwendet, die meistens eine deutlich geringere Abweichung von 2–3 cm hatten. Eine exemplarisch durchgeführte visuelle Genauigkeitsanalyse von drei gescannten Profilen hat Abweichungen von 2–3 cm (Abb. 3 links) gezeigt. Beim Übergang von den Fächerecholotdaten zu den Laserscanningdaten hat sich gezeigt, dass die Aufnahme mit einem Öffnungswinkel von 90° beim Fächerecholot eine Datenlücke von 50 cm verursachte (Abb. 3 rechts). Hier wäre ein Öffnungswinkel von 105° als Einstellung beim Fächerecholot Reson SeaBat 8101 optimal gewesen.

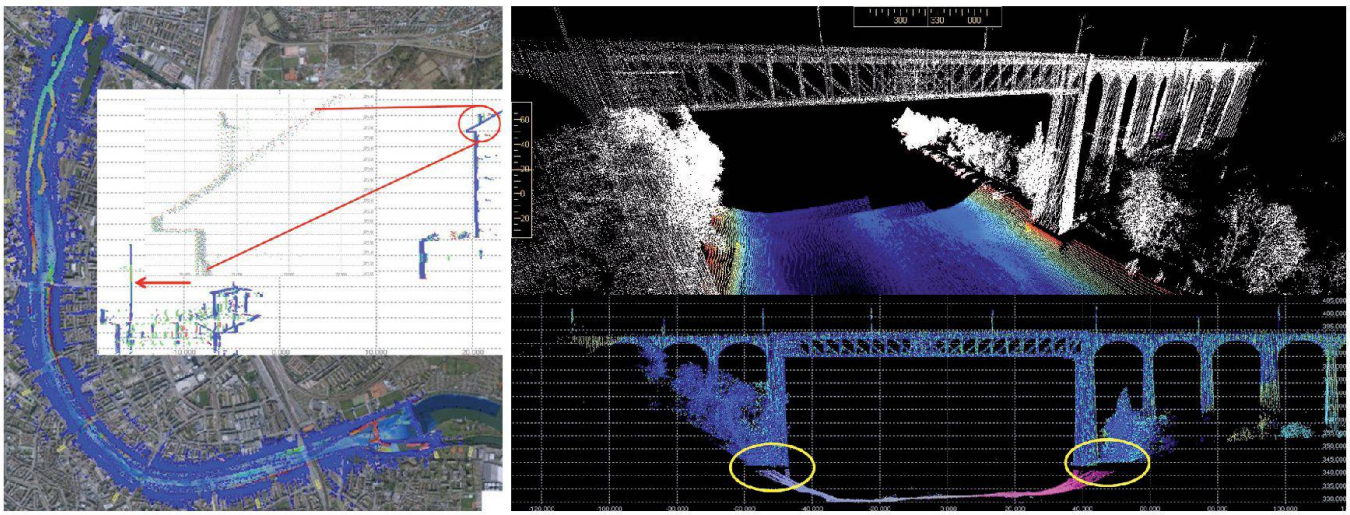

Abb. 3: Darstellung der aufgenommenen Laserscanning-Daten vom Rhein in Basel und visuelle Genauigkeitsanalyse von drei gescannten Profilen mit Abweichungen von 2–3 cm (links) sowie Fächerecholot-Daten und Laserscanningdaten von der Eisenbahnbrücke über den Rhein bei Eglisau ZH mit einer Datenlücke von 50 cm durch den verwendeten Öffnungswinkel von 90° (besser 105°) beim Fächerecholot (rechts).

5. Fazit und Ausblick

Bei der Datenerfassung in den vier Testgebieten des Hochrheins konnte eine erfolgreiche Systemintegration eines terrestrischen Laserscanners in das hydrographische Multi-Sensor-System an Bord der Level-A umgesetzt werden. Nach einer Kalibrierung der Sensoren konnten für die Laserscanning-Punktwolke der Uferbereiche hohe Genauigkeiten von 2–3 cm in Echtzeit erreicht werden, wobei die Genauigkeit sehr von einer guten Positions- und Lagewinkelbestimmung (durch GNSS und besonders durch das inertiale Messsystem) abhängt. Die generierten Punktwolken über und unter Wasser wurden anschliessend in das webbasierte Informationssystem des kantonalen Tiefbauamtes Basel-Stadt integriert, in der viele weitere Daten (Orthophotos, airborne Laserscanningdaten usw.) zusammengefasst sind. So sind die erhobenen Vermessungsdaten zentral verwaltet und für interessierte Nutzer einfach zugänglich.

Gestützt auf die Erfahrungen beim simultanen Einsatz von Fächerecholot und mobilem Laserscanning auf einem Schiff im Rahmen dieser Pilotstudie aus dem Jahr 2011 wird das Bundesamt für Umwelt (BAFU) zusammen mit weiteren Partnern beider Länder (betroffene Kantone, deutsche Bezirksregierung und Hochrheinkraftwerke) ein Konzept für die künftige Vermessung und Datenhaltung am Hochrhein erarbeiten und konkretisieren. Das Tiefbauamt des Kantons Basel-Stadt arbeitet ausserhalb des Kantonsgebietes im Auftrag des Bundesamtes für Umwelt. Es hat dabei vom BAFU als Fachspezialist Vermessung das Mandat für die Projektleitung, die Qualitätssicherung und die Datenhaltung erhalten. Die erstmalige komplette Vermessung des Hochrheins soll nach dem erstellten Konzept im Jahr 2014 und 2015 erfolgen. Eine periodische Vermessung des Hochrheins soll alle 15 bis 20 Jahre oder nach grossen Hochwasserereignissen mit markanten morphologischen Veränderungen durchgeführt werden.

Schlussbemerkung

Durch ein tragisches Schiffsunglück am 31. August 2012 kamen Prof. Dr.-Ing. Volker Böder und der Kapitän des Schiffes Hajo Lüken bei Vermessungsarbeiten auf dem Rhein in Basel ums Leben (Basler Zeitung 2012, Schiewe 2012). Der wissenschaftliche Mitarbeiter und der Masterstudent konnten sich bei diesem Unglück wie durch ein Wunder retten. Das Vermessungsboot «Level-A» der HafenCity Universität Hamburg wurde bei diesem Unfall zusammen mit der technischen Ausrüstung völlig zerstört. Mit diesem Artikel sollen die hervorragenden Arbeiten im Projekt Hochrhein unter der Leitung von Prof. Dr.-Ing. Volker Böder gewürdigt werden.

Literatur:

Basler Zeitung 2012. Eine Person kommt beim Schiffsunglück im Rhein ums Leben. http://bazonline.ch/panorama/vermischtes/Eine-Person-kommt-beim-Schiffsunglueck-im-Rhein-ums-Leben/story/23875895, 31.08.2012.

Böder, V., Kersten, Th., Hesse, C., Thies, Th., Ehm, M. & A. Sauer, 2010. Scannen unter und über Wasser durch Sensorintegration von GNSS/IMU, Echolot und terrestrischem Laserscanner. GNSS 2010 – Vermessung und Navigation im 21. Jahrhundert – Beiträge zum 100. DVW-Seminar am 4. und 5. Oktober 2010 in Köln, Schriftenreihe des DVW, Band 63, Wissner-Verlag, Augsburg, pp. 193–212.

Kersten, Th., Böder, V., Thies, Th., 2011. Integration eines terrestrischen Laserscanners in ein hydrographisches Multi-Sensor-System für die kinematische Datenerfassung über und unter Wasser. AVN – Allgemeine Vermessungs-Nachrichten, 10/2011, pp. 330–335.

Schiewe, J., 2012. HafenCity Universität Hamburg trauert um Prof. Dr.-Ing. Volker Böder. Geomatik Schweiz, Persönliches/Personalia, Heft 10, S. 506.

Thies, T. 2011. A Vessel-Based Mobile Mapping System – From Sensor Integration to Multipurpose Products. Unveröffentlichte Masterarbeit an der HafenCity Universität Hamburg, Januar.

Thomas P. Kersten, Volker Böder †
HafenCity Universität Hamburg
Geomatik
DE-22297 Hamburg
Thomas.Kersten@hcu-hamburg.de

Frank Schmidt
Tiefbauamt Basel-Stadt
Wallstrasse 22
CH-4001 Basel
Frank.Schmidt@bs.ch