

G. Kutschera; R. Schwermann; J. Blankenbach; G. Heller; F.-W. Bolle

RiverView – räumlich und zeitlich hochaufgelöste Gewässerdatenerfassung

Das Verbundvorhaben RiverView hat zum Ziel, einen ganzheitlichen Ansatz für ein gewässerzustandsbezogenes Monitoring und Management zu entwickeln.

Das vom Bundesministerium für Bildung und Forschung (BMBF) im Rahmen der Fördermaßnahme „Regionales Wasserressourcen-Management für den nachhaltigen Gewässerschutz in Deutschland (ReWaM)“ im Förderschwerpunkt „Nachhaltiges Wassermanagement (NaWaM) im Rahmenprogramm FONA³“ geförderte Verbundvorhaben RiverView hat zum Ziel, erstmals einen holistischen Ansatz zur Erfassung von Gewässerdaten über und unter Wasser umzusetzen. Der Hintergrund ist, dass die Intensivierung der Nutzung unserer Gewässer auf der einen Seite und die Anforderungen der EG-Wasser-rahmenrichtlinie auf der anderen Seite eine genaue Überwachung ihres hydromorphologischen und -chemischen Zustands erfordern. Dies ist mit den bestehenden Messsystemen nur bedingt möglich und mit hohen Kosten verbunden. In RiverView wird nun erstmals die Verknüpfung von modernen Methoden der Vermessung über und unter Wasser mit 360°-Panoramabildern und bildgebenden Unterwasservermessungen gemeinsam mit hydromorphologischen, -chemischen und physikalischen Gewässerdaten raum-zeitlich durchgehend erfasst und für die Aufgaben der Wasserwirtschaft bereitgestellt.

In Testbefahrungen erfüllte die Mapping-Sensorik grundsätzlich die in der Planungsphase aufgestellten Erwartungen. Die erforderliche Positionierungsgenauigkeit zur Georeferenzierung der Bild- und Gewässerdaten kann mit den eingesetzten Systemen gewährleistet werden. Weiterentwicklungen fokussieren sich derzeit auf geeignete Filtermethoden zur Multisensorfusion von GNSS-, IMU- und Bilddaten, die Nutzung eines geodätischen Tachymeterinstrumentes für das Bootstracking sowie den Einsatz einer Unterwasserkamera in Kombination mit dem Triangulationsverfahren zur Aufnahme der Gewässersohle in sehr flachen Gewässern.

Das Gesamtsystem trägt wesentlich zur objektiven und qualifizierten Erfassung und Bewertung von zeitlich und räumlich hochaufgelösten Informationen im Rahmen wasserwirtschaftlicher Anwendungen bei.

Der Hintergrund

Die Europäische Wasserrahmenrichtlinie (EG-WRRL) sieht vor, dass regulär 2015, jedoch bis spätestens 2027, nach drei Maßnahmenzyklen, alle Gewässer in einen guten ökologischen und chemischen Zustand überführt werden. Die Feststellung des Zustands beschränkt sich bislang auf einzelne festgelegte Standorte an Fließgewässern. Bei der Wahl eines geeigneten Messstandortes sollten stoffliche und hydraulische Belastungen in einem Gewässerabschnitt repräsentativ erfasst werden. Trotz des erheblichen Aufwands, der bei der Implementierung der Monitoringvorgaben betrieben wurde, liegen für 40 % der berichtspflichtigen Gewässer in der Europäischen Union keine ausreichenden Daten für eine Zustandsbewertung vor /1/.

Für die Erhebung der Gewässerstrukturgüte findet, insbesondere für kleinere Gewässer, das Übersichtsverfahren der Länderarbeitsgemeinschaft Wasser /2/ Anwendung, bei dem die Erhebungsgrößen über Luftbilder und bestehende Datenbanken klassifiziert werden.

Häufig fehlen dabei Informationen, die eine Bewertung der Erhebungsgrößen unter der Wasseroberfläche zulassen. Überstehende Vegetation und geringe Sichttiefen erschweren sowohl beim Übersichtsverfahren als auch bei der Kartierung vor Ort eine objektive Einschätzung /3/.

Das durch das Bundesministerium für Bildung und Forschung im Rahmen der Fördermaßnahme ReWaM geförderte Projekt RiverView setzt an diesen Wissens- und Erkenntnisdefiziten an, um anhand von unterschiedlichen Mess- und Untersuchungsansätzen mit mobilen, bootgestützten Mess- und Erfassungssystemen Informationen zu den Gewässern über und unter der Wasseroberfläche bereit zu stellen.

Mit dem Verbundprojekt kommt damit erstmals ein holistischer Ansatz für ein gewässerzustandsbezogenes Monitoring und Management zum Einsatz, der die zielgerichtete systematische Erhebung von Gewässerdaten ermöglicht und auf fünf Säulen basiert:

1. einem modularen, ferngesteuerten oder autonomen Messkatamaran (RiverBoat) als Trägerplattform für
2. hydrophysikalische und -chemische Messsensoren (RiverDetect) und

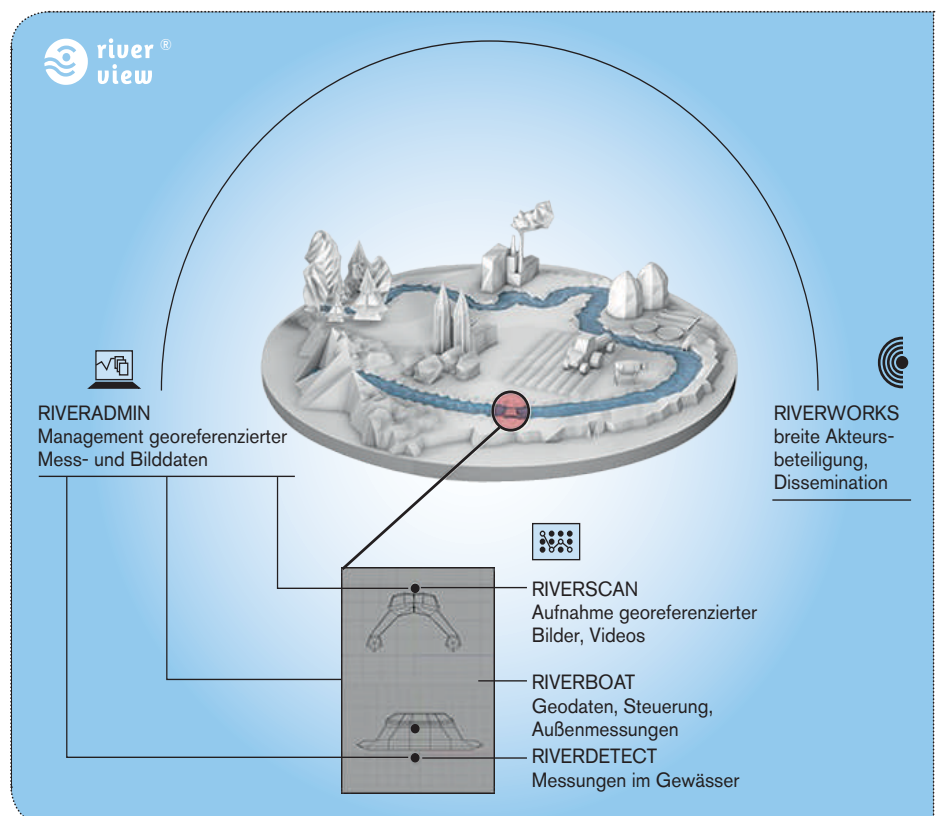


Bild 1 Ganzheitlicher Ansatz von RiverView

Quelle: FiW e.V.



Bild 2 RiverBoat mit Kameragestell und Zwei-Antennen- GNSS Quelle: FiW e.V.

wird durch die ganzheitliche Datenerfassung gefördert.

Die Trägerplattform – RiverBoat

Die Trägerplattform bildet ein autonom operierender Messkatamaran mit einer Länge von etwa 1,6 m, einer Breite von etwa 1,2 m und einem Gewicht von 35 kg, die durch die Projektpartner EvoLogics GmbH und GeoDV GmbH entwickelt wurde (Bild 2). Bei nur 15 cm Tiefgang wird durch das nahezu vollständige Eintauchen der Schwimmkörper eine hohe Stabilität der Plattform im Wasser erreicht. Die beiden Schwimmkörper sind jeweils mit einem 450 W starken Elektromotor ausgestattet, der über zwei Batteriepacks gespeist wird und bei normalem Messbetrieb mit einer Geschwindigkeit von 1,0 m/s mindestens zehn Stunden betrieben werden kann. Das RiverBoat ist ausgestattet mit einem Seitensichtsonar und einem Single-Beam Echolot für die akustische Aufnahme der Gewässersohle. Die Position und räumliche Orientierung des Bootes wird mit Hilfe einer Überwasser-Mapping-Plattform, die vom Geodätischen Institut der RWTH Aachen (gia) entwickelt wird, bestimmt. Die Kernkomponenten der Plattform sind ein Zwei-Antennen-GNSS (Global Navigation Satellite System)-System, eine Inertialmess-einheit (Inertial Measurement Unit, IMU) und ein Panoramakamerasystem (vgl. Abschnitt Sensorik der Überwasser-Mapping-Plattform). Zwischen den beiden Schwimmkörpern wird eine Multiparametersonde der Firma SEBA Hydrometrie GmbH & Co. KG befestigt, um Wasserqualitätsparameter wie Temperatur, Sauerstoffgehalt, pH-Wert, Leitfähigkeit, Redoxpotenzial und Trübung kontinuierlich während der Messfahrt zu erfassen. Über einen Trailer, der an dem RiverBoat befestigt werden kann, wird eine INN (Impuls-Neutron-Neutron)-Sonde der Firma DBM mitgeführt, mit der die Zusammensetzung

des Gewässeruntergrunds bis in mehrere Meter Tiefe kontinuierlich erfasst werden kann. Zwischen dem RiverBoat und dem Messrechner besteht eine ständige Funkverbindung, wodurch die Datenübertragung in Echtzeit möglich ist. Zudem dient der Messrechner der Überwachung von autonomen Messfahrten auf Basis der GNSS-Position. Derzeit wird die Trägerplattform um eine Unterwasser-Mapping-Einheit, bestehend aus einer Unterwasserkamera und einem Linienlaser, erweitert, um die Gewässersohle in sehr flachen Gewässerbereichen ergänzend zu den Echolot-Daten erfassen zu können (vgl. Abschnitt Erfassung der Gewässersohle in Flachwasserbereichen). Die auf der Trägerplattform eingesetzte Technik ist modular, wodurch eine Skalierbarkeit des Gesamtsystems ermöglicht wird. Während vor allem für die Untersuchung von kleinen Gewässern das RiverBoat im Vordergrund des Projekts steht, kann zur Untersuchung größerer Gewässer ein bemanntes Boot verwendet werden, auf dem sowohl die Überwasser-Mapping-Einheit als auch die hydrophysikalischen und -chemischen Messsensoren installierbar sind.

Bestehende Verfahren zur Aufnahme der Ober- und Unterwasserstrukturen

Es existieren verschiedene Einzelverfahren zur Aufnahme der Gewässerstrukturen kleiner und mittlerer Gewässer, die auf unterschiedlichen Messtechniken basieren, wobei für manche Verfahren bis zu drei verschiedene Messmöglichkeiten verwendet werden können. So nutzt Airborne Hydromapping ein LiDAR (Light Detection and Ranging)-System zur Datenerfassung /4/. Beim River Surveyor werden hingegen akustische Verfahren verwendet /5/ und bei SAMBA (Smartphone-based aquatic monitoring robotic platform) werden die Daten kamera-

3. eine optische und sonarbasierte 360°-Gewässerscanning-Einheit (RiverScan).
4. Die umfangreichen Gewässerdaten werden in ein Geodatenbanksystem (RiverAdmin) überführt und über
5. verschiedene Schnittstellen (RiverApp, RiverView®-Portal) den Endnutzern aus Wasserwirtschaft, Industrie, Verwaltung und Bevölkerung zur Verfügung gestellt (RiverWorks) (vgl. Bild 1).

Das Projektziel ist eine durchgehende Aufnahme des Gewässers und Gewässerumfelds, um darauf aufbauend positive Entwicklungen am Gewässer zu erreichen. Das Messsystem erlaubt eine zeitlich und räumlich deutlich höher aufgelöste Datendichte als in der EG-WRRL gefordert und verbessert durch die bildgebenden Verfahren die nachvollziehbare Gewinnung von Erkenntnissen oberhalb und unterhalb des Wasserspiegels. Die Integration von Gewässer, Gewässerumfeld und Naturraum Gewässer



Bild 3 Panorama aus den Einzelbildern der Panoramakamera von RiverView

Quelle: gia



Bild 4 Beispiel für eine bildbasierte Punktwolke von RiverView

Quelle: gja

basiert erfasst /6/. Im Vergleich dazu geschieht die Datenerfassung bei RiverScan über Kameras und LiDAR /7/. Die Verfahren Riverwatch und RiverView erfassen Daten mit Hilfe von allen drei Messtechniken /8/. Eine Besonderheit von RiverView ist die zusätzliche Datenerfassung per Kamera. Die durch die 360°-Panoramakamera erzeugten Bilder (Bild 3) und der daraus mittels Structure from Motion (SfM) (vgl. u. a. /11/) generierten Punktwolken (Bild 4) erlauben in Kombination mit einer Inertialmesseinheit auch ohne lückenlose GNSS-Verfügbarkeit eine exakte Vermessung von Gewässerabschnitten. Außerdem werden Parameter zur Bestimmung der Wasserqualität gemessen und über eine INN-Sonde wird die Zusammensetzung des Untergrundes unter der Gewässersohle aufgenommen.

In der Praxis der Wasserverbände und Wasserbehörden kommen diese Verfahren jedoch selten zum Einsatz. Vielmehr wird die Gewässersohle mittlerer und kleiner Gewässer mit Hilfe herkömmlicher tachymetrischer und/oder GNSS-basierter Verfahren durch einen Messtrupp aufgenommen (Bild 5).

Die Vorteile des Verfahrens liegen in einer hohen Genauigkeit und der Möglichkeit der Erfassung der landseitigen Uferzonen, unabhängig von Verkrautung und Bewuchs. Die Nachteile sind eine langsame Messgeschwindigkeit, eine geringe Dichte der Messpunkte und die Begrenzung auf Wassertiefen bis max. 2 m, da bei größeren Wassertiefen und Fließgeschwindigkeiten das Gefährdungspotenzial steigt; eine hohe räumliche Auflösung kann somit nicht kosteneffizient erreicht werden.

Spatio-temporale Datenerfassung mit dem RiverBoat

Sensorik der Überwasser-Mapping-Plattform

Die wesentlichen Bestandteile der Überwasser-Mapping-Plattform setzen sich aus dem omnidirektionalen Mehrkameranensystem, einem GNSS-Doppelantennensystem für die Absolutpositionierung und einer Inertialmesseinheit (IMU) zusammen (Bild 6). Ergänzt werden die Komponenten um einen lüfterlosen Embedded Industrie-PC mit einem Intel Core i5-Prozessor (NANO-001N5350) für Gerätesteuerung und Datenaufzeichnung.

Das Herzstück der Sensorik bildet das Panoramakamerasystem Ladybug 5 der Firma Point Grey Inc., das aus insgesamt sechs Einzelkameras mit je 4,4 mm Brennweite besteht. Diese sind so angeordnet, dass jeder zeitsynchron ausgelöste Aufnahmesatz ca. 90 % der Ufer- und Gewässerumgebung erfasst. Die sechste Kamera bildet den Zenitbereich ab, so dass in überwachsenen Gewässerabschnitten auch die Vegetation „über Kopf“ dokumentiert wird. Die Auflösung der bildgebenden Sensoren beträgt jeweils 5 MP und die Aufnahmefrequenz kann bis zu 10 Bildern/Sekunde betragen.

Die Georeferenzierung der Bild- und Gewässerdaten erfolgt in erster Linie mit Hilfe des GNSS-Positionierungssystems der Firma Javad, bestehend aus einem Receiver SigmaDG3D und zwei Antennen GrAnt-G3T. Das System benutzt Code- und Trägerphasendaten von GPS-, GLONASS- und (zukünftige) GALILEO-Satelliten für die Positions-



Bild 5 Vermessungstechniker mit Reflektor

Quelle: GEO-DV GmbH

bestimmung und kann im RTK (Real Time Kinematik)-Modus mit bis zu 5 Hz betrieben werden. Zusätzlich liefert das PPS (Pulse per Second)-Signal der GNSS-Einheit die gemeinsame Zeitbasis für alle aufgezeichneten Daten. Für die GNSS-Korrekturdaten können eine eigene Referenzstation oder Korrekturdatendienste, wie der im Projekt verwendete präzise Echtzeitdienst AXIO-NET PED¹, genutzt werden.

Bei der Unterfahrung von Brücken oder in Gewässerabschnitten mit starker Baumvegetation ist die direkte Georeferenzierung durch GNSS häufig gestört. In diesen Fällen dient das MEMS (Micro-electro-mechanical Systems)-basierte Inertialmesssystem MTI-

¹ <http://www.axio-net.eu/>

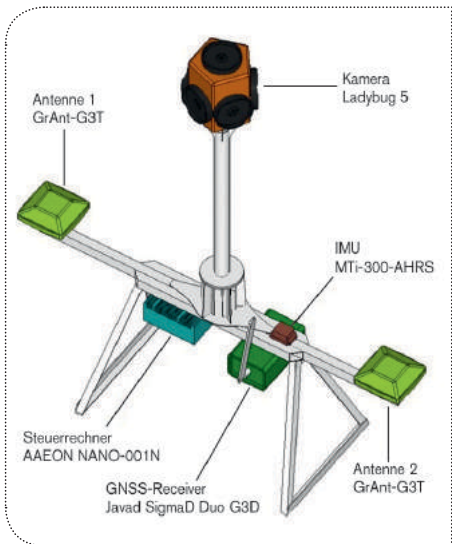


Bild 6 Überwasser-Mapping-Plattform mit den wesentlichen Komponenten der Sensorik

Quelle: gia

300-AHRS der Firma Xsens zur Überbrückung der Signalausfälle. Die IMU ist für die trägheitsbasierte Bestimmung von Relativposen mit je drei Accelerometer und Gyrometern ausgerüstet und als so genanntes Attitude Heading Reference System (AHRS) konzipiert. Dies bedeutet, dass der *yaw*- bzw. *heading*-Winkel (Ψ), der die Fahrtrichtung anzeigt, sich auf Magnetisch-Nord als Nullrichtung bezieht und damit im Prinzip jederzeit die absolute (rotatorische) Lage des Sensors im Raum bestimmt ist. Die beiden Lagewinkel (*roll* Φ und *pitch* Θ) liefert der von der IMU detektierte Lotvektor aus der Erdbeschleunigung. Aufgrund des starken Driftverhaltens können mit der IMU nur kurze Zeitabstände von maximal 15 bis 20 Sekunden überbrückt werden.

Die eingesetzten Sensorkomponenten wurden vor dem Hintergrund der projektseitigen Anforderungen an die Referenzierungsgenauigkeit gewählt. Aus wasserwirtschaftlicher Sicht muss bei der Verortung der Bild- und Gewässergütedaten im Regelfall eine Genauigkeit in der Lage von wenigen Dezimetern (ca. 0,2 bis 0,5 m) und in der Höhe von einigen Zentimetern (2 bis 5 cm) sichergestellt sein, was bei RiverView gegeben ist. Wenn in einzelnen Situationen Messaufgaben mit höherer Genauigkeit gefordert sind (z. B. die Ermittlung der Höhe eines Einleiters), werden die entsprechenden Aufnahmen in einem kleinen, lokalen Bildverband orientiert und stehen dann für zentimetergenaue photogrammetrische Messungen zur Verfügung.

Kalibrierung der Überwasser-Mapping-Plattform

Damit die aufgezeichneten Daten in einem einheitlichen Bezugssystem räumlich referenziert werden können, müssen die gegenseitige Lage und Ausrichtung der zuvor be-

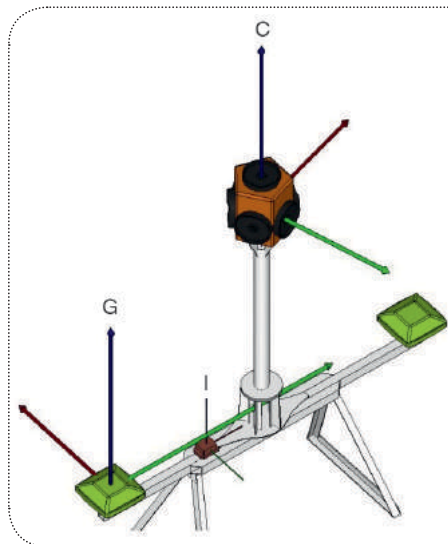


Bild 7 Koordinatensysteme der Multisensorplattform (C: Kamerasystem, G: GNSS-Antennensystem, I: IMU-System)

Quelle: gia

schriebenen Sensoren zueinander bestimmt sein, d. h. das Multisensorsystem muss kalibriert sein. Mathematisch betrachtet beinhaltet die Kalibrierung, dass die Transformationen (Leverarm und Misalignment) zwischen den drei Koordinatensystemen C, G und I der Einzelsensoren Kamera, GNSS und IMU wechselseitig bekannt sind (Bild 7). Das Koordinatensystem der Panoramakamera C nimmt in diesem Zusammenhang die Funktion des zentralen Body-Systems ein, auf das alle Transformationen bezogen werden. Für weitere Details zur Kalibrierung und dem zugrundeliegenden funktionalen Modell sei an dieser Stelle auf /10/ verwiesen. Gegenwärtig wird an der Ergänzung des Modells mit stochastischen Filtermethoden (Kalman-Filter) gearbeitet.

Terrestrische Georeferenzierung

Die im vorausgegangenen Kapitel beschriebenen Restriktionen hinsichtlich der Georeferenzierung in abgeschatteten Bereichen entsprechen auch den Erfahrungen aus der Praxis, da mittels reinem GNSS nur ca. 60 bis 70 % der Vermessung bzw. der Georeferenzierung von kleinen und mittleren Fließgewässern abgedeckt werden können.

Bild 8 zeigt ein Beispiel einer Befahrung der GEO-DV GmbH, bei der trotz eines linearen Kurses die Aufnahmen des Sidescan-Sonars nicht nutzbar sind, da die GNSS-Positionen aufgrund des eingeschränkten Empfangs springen, so dass die Georeferenzierung des Sonars unzureichend ist und die Sonarbilder verzerrt werden.

Im Rahmen des RiverView-Projekts wurde mit dem Projektpartner EvoLogics GmbH auf Basis des Tachymetertrackings eine Lösung dieses Problems erarbeitet, die in der Praxis erprobt wurde und sehr gute Ergebnisse geliefert hat. Die Lösung basiert auf

der Nutzung eines geodätischen Tachymeterinstruments, das Pseudo-NMEA-Daten erzeugt und über eine RS232-Schnittstelle ausgibt.

Bei längerem Ausfall des GNSS-Empfangs aufgrund von Abschattungen erfolgt eine automatische Umschaltung im RiverBoat von GNSS zur Tachymeterstation. Die Voraussetzung ist, dass das Tachymeterinstrument im Messbereich eingerichtet wurde und im Trackingmodus läuft.

Die Daten im Pseudo-NMEA-Protokoll werden über einen RS232-Ethernetadapter direkt via WLAN des RiverBoats im Prozessor mit den Tiefendaten des Sonars gespeichert. Wenn der GNSS-Empfang wieder ausreichend ist, erfolgt automatisch die Umschaltung zurück zum GNSS. Während des Trackings kann auch im Autopilotmodus weiter navigiert werden.

Durch die lückenlose Georeferenzierung auch über Zeitabschnitte von mehr als 15 bis 20 Sekunden können alle mit dem RiverBoat erfassten Daten mit einer hohen Lagegenauigkeit gespeichert und visualisiert werden. Bild 9 zeigt ein Beispiel der Gewässersohle mit einer hohen Datendichte unterhalb einer Brücke.

Die beschriebene Technologie nutzt die vorhandene Kommunikationsinfrastruktur des Gesamtsystems, wodurch die Zusatzkosten vergleichsweise gering sind.

Erfassung der Gewässersohle in Flachwasserbereichen

Bathymetrische Messdaten von Fließgewässern werden in der Wasserwirtschaft für unterschiedliche Fragestellungen, wie z.B. die Erstellung hydrodynamischer Modelle, benötigt. In kleinen und mittleren Fließgewässern werden in der Regel terrestrisch vermessene Querprofile verwendet, aus denen durch Interpolation ein digitales Geländemodell des Wasserlaufs (DGM-W) erzeugt wird. Die Güte hängt hierbei von der Gewässerstruktur und der Anzahl der Querprofile ab.

In größeren Gewässern werden i.d.R. Echolote eingesetzt, die Hochspannungs-Impulse erzeugen. Diese werden über einen Geber in Schallsignale gewandelt, die von einem Boot aus nach unten gesendet und vom Boden reflektiert werden. Echolote können jedoch nicht in flachen Gewässern eingesetzt werden, die Mindestwassertiefe beträgt ca. 40 cm.

Um auch in kleinen, flachen Fließgewässern ein räumlich hochaufgelöstes DGM-W zu erstellen, werden derzeit der Einsatz einer Unterwasserkamera und eines Linienlasers an der Trägerplattform untersucht.

Die Unterwasserkamera (Firma OneButton, PanoView Kamera, 8 MP, 1,1 mm effektive Brennweite) wird dazu so am Messboot befestigt, dass sie annähernd Nadiraufnahmen der Gewässersohle mit einer Frequenz von 30 Hz liefert. Sofern es die Gewässertrübung zulässt, kann bei ausreichender Texturierung



Bild 8 Georeferenzierte Sidescan-Aufnahme an einer Spreerbrücke

Quelle: GEO-DV GmbH

des Gewässergrunds aus den Bildfolgen der Unterwasserkamera ein Oberflächenmodell mit Hilfe des SfM-Verfahrens abgeleitet werden.

Durch die im Rahmen einer Kalibrierung bekannte Ausrichtung der Unterwasserkamera relativ zur Mapping-Plattform, lassen sich neben Relativhöhen auch Absoluthöhenmodelle erzeugen.

Bei nicht ausreichender Texturierung der Gewässersohle kann das SfM-Verfahren – zumindest punktuell – fehlschlagen. Es wird daher zusätzlich der Einsatz eines Linienlasers erprobt. Der Laser wird so am Boot befestigt, dass eine Laserlinie auf den Gewässergrund projiziert und von der Unterwasserkamera erfasst wird. Durch die An-

wendung des Laser-Triangulationsverfahrens (vgl. u.a. /11/) kann nach Kalibrierung des Systems ein Höhenprofil aus der Laserlinie generiert werden. Infolge der Bewegung des Bootes aggregieren sich die kontinuierlich aufgezeichneten Profile zu einem Höhenmodell.

Mehrwert für wasserwirtschaftliche Anwendungen

Mit der Entwicklung des RiverView-Verfahrens ergeben sich erhebliche Vorteile gegenüber den traditionellen Messverfahren. Zur Dokumentation kurzfristiger Entwicklungen, wie zum Beispiel nach Hochwasserereignissen oder infolge von Renaturierungs-

maßnahmen an Gewässern, ist eine hohe räumliche und zeitliche Auflösung sowohl der Mess- als auch der Bilddaten für einen visuellen Vergleich von großer Bedeutung und kann durch RiverView® realisiert werden.

Die Über- und Unterwasser-Mapping-Einheit trägt somit zu einer objektiven und qualifizierten Erfassung der Strukturparameter und einer hochaufgelösten Gewässersohle bei. Durch die raumzeitliche Verknüpfung der Gewässerstrukturparameter mit der Gewässerhydraulik und der Gewässergüte wird ein ganzheitliches Bild des Gewässers erzeugt und Wechselwirkungen können identifiziert und abgebildet werden. Die mit dem Verfahren gewonnenen Daten tragen maßgeblich zum System- und Prozessverständnis der Gewässer bei und bieten eine optimale Grundlage für die Gewässerüberwachung und Maßnahmenplanungen in und an Gewässern.

Fazit und Ausblick

Im Rahmen des BMBF-Projekts RiverView wird die Grundlage für ein nachhaltiges Gewässermanagement geschaffen. Der auf der Vielseitigkeit der eingesetzten Messtechnik basierende holistische Ansatz von RiverView vereint die gleichzeitige Aufnahme von georeferenzierten 360°-Panoramabildaufnahmen, hydrophysikalischen und -chemischen Messwerten, Über- und Unterwassertopographie sowie die Überwachung von Gewässergüteparametern. Mit dem Über-

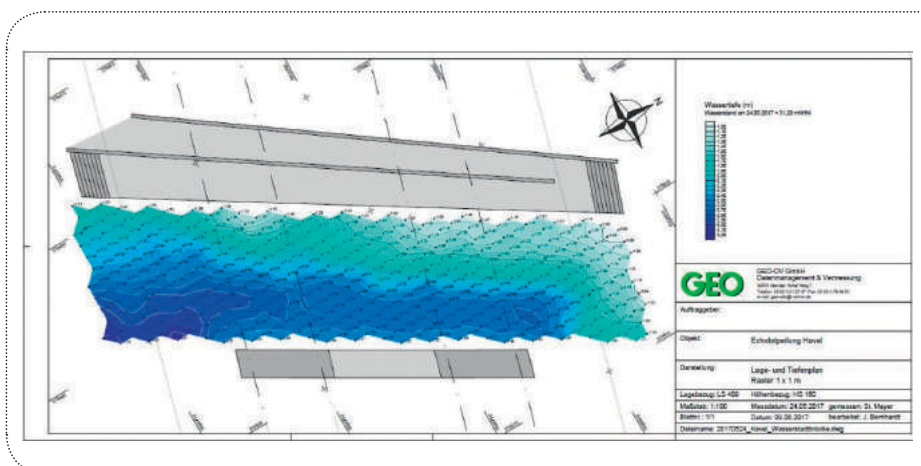


Bild 9 Gewässersohle der Havel unter einer Brücke in Berlin

Quelle: GEO-DV GmbH

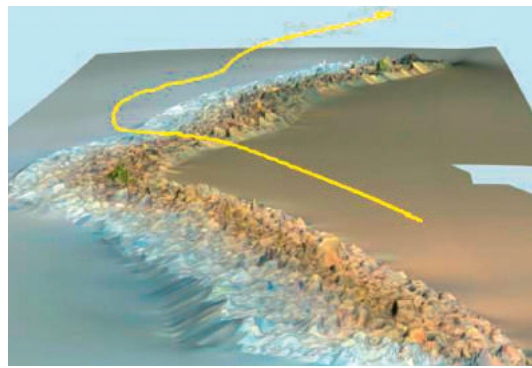
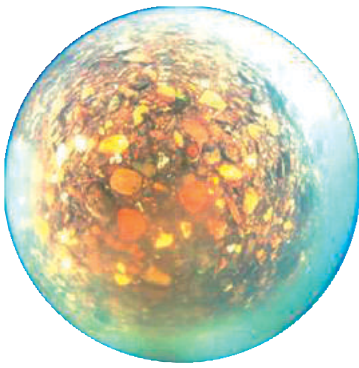


Bild 10 Bild der Unterwasserkamera (links) und mittels SfM abgeleitetes Höhenmodell der Gewässersohle

Quelle: gia

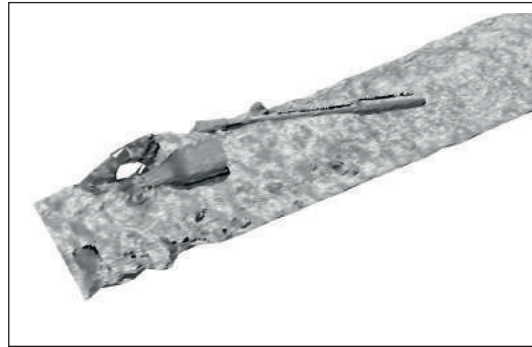


Bild 11 Kamerabild mit projiziertem Linienlaser (links) und mittels Lasertriangulation abgeleitetes Höhenmodell der Gewässersohle

Quelle: gia

wasser- und Unterwasser-Mapping ist eine durchgehende Erfassung des Gewässers und Gewässerumfelds möglich.

In den Testbefahrungen (u. a. auf der Lippe) erfüllte die Mapping-Sensorik grundsätzlich die in der Planungsphase aufgestellten Erwartungen. Die erforderliche Positionierungsgenauigkeit zur Georeferenzierung der Bild- und Gewässerdaten kann mit dem System gewährleistet werden. Die Weiterentwicklungen der Mapping-Plattform fokussieren sich derzeit auf die Implementierung geeigneter Filtermethoden zur Multisensorfusion von GNSS-, IMU- und Bilddaten zur Verbesserung der Genauigkeit und Verfügbarkeit der Positionslösung. Des Weiteren wurde durch die Nutzung eines Tachymeterinstruments eine Alternative zur Georeferenzierung der erfassten Daten in GNSS-abgeschatteten Bereichen im Rahmen erster Testfahrten erfolgreich durchgeführt. Bezüglich der Aufnahme der Gewässersohle in flachen Gewässern sind die ersten Ergebnisse des Einsatzes der Unterwasserkamera und des Triangulationsverfahrens vielversprechend. In Folgeuntersuchungen soll daher die Leistungsfähigkeit dieses Verfahrens genauer evaluiert werden.

Danksagung

Die Autoren danken den Projektpartnern vom Forschungsinstitut für Wasser- und Ab-

fallwirtschaft an der RWTH Aachen (FiW) e. V., Geodätischen Institut und Lehrstuhl für Bauinformatik und Geoinformationssysteme (gia) der RWTH Aachen University, Institut für Wasserbau und Wasserwirtschaft der RWTH Aachen University, GEO-DV, DBM – Dr. Buckup e. K., EvoLogics GmbH und SEBA Hydrometrie GmbH & Co. KG sowie den Praxispartnern Wasserverband Eifel-Rur (WVER), Emschergenossenschaft und Lippeverband (EGLV).

Das Verbundprojekt ist Teil der BMBF-Fördermaßnahme „Regionales Wasserressourcen-Management für den nachhaltigen Gewässerschutz in Deutschland“ (ReWaM) im Förderschwerpunkt „Nachhaltiges Wassermanagement“ (Na-WaM).

Das Förderkennzeichen lautet 033W022.

LITERATUR

- /1/ EU Kommission (2015): COMMUNICATION FROM THE COMMISSION TO THE EUROPEAN PARLIAMENT AND THE COUNCIL The Water Framework Directive and the Floods Directive: Actions towards the ‚good status‘ of EU water and to reduce flood risks /* COM/2015/0120 final */
- /2/ Länderarbeitsgemeinschaft Wasser (Herausgeber) (1999). Gewässerstrukturgütekartierung in der Bundesrepublik Deutschland: Verfahren für kleine und mittelgroße Fließgewässer

- /3/ Hunger, S.; Karrasch, P.; Wessollek, C. (2016): Evaluating the potential of image fusion of multispectral and radar remote sensing data for the assessment of water body structure. In SPIE Remote Sensing, International Society for Optics and Photonics, 999814-999814-11
- /4/ Airborn Hydromapping GmbH (2017): Airborne Hydro Mapping – A technical revolution to cover our waters; www.ahm.co.at; zuletzt geprüft am 14. 7. 2017
- /5/ Sontek (2015): A new perspective to the notion of measuring open channel hydraulics; http://www.sontek.com/productsdetail.php?RiverSurveyor-S5-M9-14; zuletzt geprüft am 30. 6. 17
- /6/ Wang, Y.; Tan, R.; Xing, G.; Wang, J.; Tan, X.; Liu, X. (2015): Samba: A Smartphone-Based Robot System for Energy-Efficient Aquatic Environment Monitoring; Proceedings of the 14th International Conference on Information Processing in Sensor Networks; Pages 262-273
- /7/ RiverScan (2015): Technology; http://www.riverscan.com/technology; zuletzt geprüft am 30. 1. 17
- /8/ Pinto, E.; Marques, F.; Mendonca, R.; Santana, P. & Barata, J. (2014): An Autonomous Surface-Aerial Marsupial Robotic Team for Riverine Environmental Monitoring: Benefiting from Coordinated Aerial, Underwater, and Surface Level Perception; in Proc. of the IEEE International Conference on Robotics and Biomimetics (ROBIO)
- /9/ El-Sheimy N. (2005): An overview of mobile mapping systems. In: FIG Working Week 2005 and GSDI-8, Cairo, Egypt
- /10/ Effkemann C.; Schwermann R.; Blankenbach J. (2017): Kalibrierung und Navigation eines Überwasser-Mapping-Systems für die Erfassung von bildhaften und sensorischen Gewässerparametern. In: Lienhart W. (Hrsg.) Ingenieurvermessung 17. Beiträge zum 18. Internationalen Ingenieurvermessungskurs, Graz, 2017. Wichmann-Verlag, Heidelberg
- /11/ Luhmann, Th.; Robson, S.; Kyle, S.; Boehm, J. (2014): Close-Range Photogrammetry and 3D Imaging, 2nd Edition. De Gruyter, Berlin/Boston

KONTAKT

Dr.-Ing. Gesa Kutschera

Dr.-Ing. Friedrich-Wilhelm Bolle

Forschungsinstitut für Wasser- und Abfallwirtschaft an der RWTH Aachen (FiW) e. V.
Kackertstraße 15 - 17 · 52072 Aachen

Univ.-Prof. Dr.-Ing. Jörg Blankenbach

Dr.-Ing. Raimund Schwermann

Geodätisches Institut
Lehrstuhl für Bauinformatik & Geoinformationssysteme der RWTH Aachen University
Mies-van-der-Rohe-Straße 1 · 52074 Aachen

Dipl.-Ing. Gerd Heller

GEO-DV GmbH
Hoher Weg 7 · 39576 Stendal