

HENRY

Hydraulic Engineering Repository

Ein Service der Bundesanstalt für Wasserbau

Conference Proceedings, Published Version

Bundesanstalt für Gewässerkunde (Hg.)

Geodätische Beiträge zum Systemverständnis für Bundeswasserstraßen und sonstige Gewässer. Kolloquium am 10./11. Mai 2017 in Koblenz

BfG-Veranstaltungen

Verfügbar unter/Available at: <https://hdl.handle.net/20.500.11970/107657>

Vorgeschlagene Zitierweise/Suggested citation:

Bundesanstalt für Gewässerkunde (Hg.) (2017): Geodätische Beiträge zum Systemverständnis für Bundeswasserstraßen und sonstige Gewässer. Kolloquium am 10./11. Mai 2017 in Koblenz. Koblenz: Bundesanstalt für Gewässerkunde (BfG-Veranstaltungen, 1/2017). https://doi.org/10.5675/BfG_Veranst_2017.1.

Standardnutzungsbedingungen/Terms of Use:

Die Dokumente in HENRY stehen unter der Creative Commons Lizenz CC BY 4.0, sofern keine abweichenden Nutzungsbedingungen getroffen wurden. Damit ist sowohl die kommerzielle Nutzung als auch das Teilen, die Weiterbearbeitung und Speicherung erlaubt. Das Verwenden und das Bearbeiten stehen unter der Bedingung der Namensnennung. Im Einzelfall kann eine restriktivere Lizenz gelten; dann gelten abweichend von den obigen Nutzungsbedingungen die in der dort genannten Lizenz gewährten Nutzungsrechte.

Documents in HENRY are made available under the Creative Commons License CC BY 4.0, if no other license is applicable. Under CC BY 4.0 commercial use and sharing, remixing, transforming, and building upon the material of the work is permitted. In some cases a different, more restrictive license may apply; if applicable the terms of the restrictive license will be binding.

Verwertungsrechte: Alle Rechte vorbehalten

1/2017



Veranstaltungen

Geodätische Beiträge zum Systemverständnis für
Bundeswasserstraßen und sonstige Gewässer

Kolloquium am 10./11. Mai 2017 in Koblenz

Koblenz, Mai 2017

Impressum

Herausgeber: Bundesanstalt für Gewässerkunde
Am Mainzer Tor 1
Postfach 20 02 53
56002 Koblenz
Tel.: +49 (0)261 1306-0
Fax: +49 (0)261 1306 5302
E-Mail: posteingang@bafg.de
Internet: <http://www.bafg.de>

Druck: Druckerei des BMVI, Bonn

ISSN 1866 – 220X

DOI: 10.5675/BfG_Veranst_2017.1

Zitiervorschlag:

Bundesanstalt für Gewässerkunde (Hrsg.): Geodätische Beiträge zum Systemverständnis für Bundeswasserstraßen und sonstige Gewässer. Kolloquium am 10./11. Mai 2017 in Koblenz. – Veranstaltungen 1/2017, Koblenz, Mai 2017, 70 S.;
DOI: 10.5675/BfG_Veranst_2017.1

Inhalt

Geodätische Beiträge zum Systemverständnis für Bundeswasserstraßen und sonstige Gewässer.....	4
Integrierter Raumbezug.....	5
Bernd Krickel	
Das Bundeswasserstraßen-Festpunktfeld der WSV heute und morgen.....	9
Matthias Adam	
125 Jahre Hauptnivellement – die Entwicklung zu einem modernen geodätischen Pegelwesen	12
Astrid Sudau	
Satellitenaltimetrie – neue Technologien und neue Anwendungen	16
Jürgen Kusche	
Anforderungen an UAS für geodätische Anwendungen an Gewässern.....	18
Michael Cramer	
Bildbasierte Berechnung von Punktwolken und True Orthophotos.....	28
Konrad Wenzel	
Inland ENC-Ausrüstungsverpflichtung auf Binnenschiffen	31
Hans-Uwe Vetterlein	
Aufbau eines Schilfkatasters am Main-Donau-Kanal (MDK).....	37
Stefan Trach	
Moderne Methoden zur Einmessung von Vermessungsschiffen.....	41
Thore Oliver Overath	
Optimierte Positions- und Lagebestimmung für die Tiefenmessung mit HydrOs.....	44
Volker Schwieger, Thomas Artz, Annette Scheider, Aiham Hassan, Thomas Brüggemann, Marc Breitenfeld und Harry Wirth	
Sicherstellung der Schiffbarkeit in verschlickten Ästuargebieten.....	48
Martin Krebs	
Möglichkeiten der Vermessung in hydroakustisch schwierigen Gebieten.....	52
Robert Weiß	
PAUSS-H (Hydrographie): Die zukünftige hydrographische Auswertesoftware der WSV.....	57
Thomas Brüggemann, Werner Stich und Jürgen Theiner	
PAUSS-B (Bautechnik): Realisierung eines IT-Systems zur bautechnischen Auswertung hydrographischer Daten.....	63
Thomas Brudy-Zippelius und Bernhard Kuchmann	
Building Information Modeling – Neue Möglichkeiten für den Betrieb und die Unterhaltung von Verkehrsbauwerken.....	66
Jörg Blankenbach und Ralf Becker	

Geodätische Beiträge zum Systemverständnis für Bundeswasserstraßen und sonstige Gewässer

Die Bundeswasserstraßen stellen eine substanzielle Komponente der deutschen Verkehrsinfrastruktur dar. Hier steht aus geodätischer Sicht häufig die Verkehrssicherung zur Gewährleistung von Sicherheit und Leichtigkeit der Schifffahrt im Vordergrund. Gleichzeitig gelten für sie, wie auch für sonstige Gewässer, die Erfordernisse eines ganzheitlichen Ansatzes zur fachlich modernen, wirtschaftlichen und ökologisch ausgewogenen Unterhaltung und Bewirtschaftung. Von steigender Relevanz hierbei ist die anwendungsneutrale koordinatenbezogene Beschreibung eines Gewässers als Gesamtsystem aus Gewässersohlen, Wasserwechselzone, Vorländern mit Bauwerksbestand und Vegetation.

Der Geodäsie kommt dabei die Aufgabe zu, den instationären Zustand zu erfassen und konsistent zu modellieren sowie anforderungsgerechte Geodaten bereitzustellen. Dies beinhaltet die Einbindung in übergeordnete Referenzsysteme, die Beobachtung des Gewässerzustandes und der Topographie sowie die Beschreibung der Interaktion zwischen den Subsystemen der Gewässer. Dadurch können die Ursachen der Veränderung verstanden und Aussagen zu zukünftigen Zuständen getroffen werden.

Im Rahmen der Veranstaltung sollen aktuelle Entwicklungen, Realisierungen und Nutzerprodukte mit Gewässerbezug vorgestellt und diskutiert werden. Sie richtet sich vor allem an Nutzer und Produzenten von Geodaten in der Wasserstraßen- und Schifffahrtsverwaltung, aber auch der Bundes- und Länderverwaltungen der Geodäsie, des Wasserbaus, der Wasserwirtschaft und der Ökologie sowie an Forschungsinstitutionen.

Integrierter Raumbezug

Bernd Krickel

1 Einleitung

Das Plenum der Arbeitsgemeinschaft der Vermessungsverwaltungen der Länder der Bundesrepublik Deutschland (AdV) hat am 21. September 2016 den Beschluss gefasst, einen neuen geodätischen Raumbezug einzuführen. So kommt der Prozess zum Abschluss, der 2004 mit der „Strategie für den einheitlichen Raumbezug des amtlichen Vermessungswesen“ seinen Anfang genommen hat.

2 Geodätische Grundnetzpunkte

Basierend auf dieser Strategie der AdV wurden die Geodätischen Grundnetzpunkte eingeführt, die im Sinne eines integrierten Raumbezugs erstmalig alle geodätischen Messgrößen (Lage bzw. 3D-Position, physikalische Höhe und Schwere) auf einem Punkt vereinen. In bundesweiten Messkampagnen wurden in der Folge Koordinaten höchster Güte für die Geodätischen Grundnetzpunkte und Referenzstationspunkte des Satellitenpositionierungsdienstes *SAPOS*[®] bestimmt. Zudem wurden das Deutsche Haupthöhennetz und das Deutsche Hauptschwerenetz erneuert.

3 Komponenten des neuen Raumbezugs

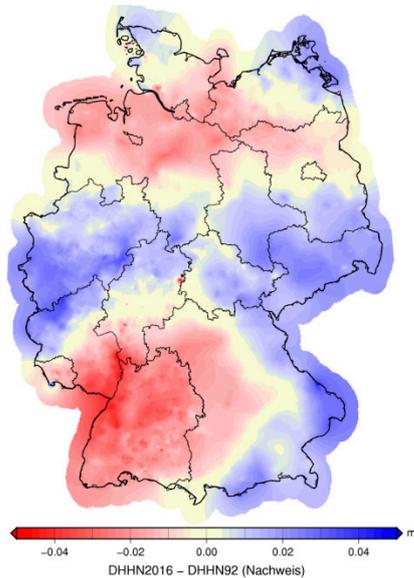
Der neue amtliche Raumbezug wird über mehrere Komponenten realisiert. Ihnen liegen zeitlich aufeinander abgestimmte Messkampagnen zugrunde, die einerseits in die Bestimmung der Grundnetzpunkte eingeflossen sind, andererseits die Anschlusspunkte für die Einbindung örtlicher Vermessungen liefern.

3.1 Lage

Im Jahr 2008 wurde eine bundesweite GNSS-Messkampagne mit hochgenauen satellitengeodätischen Messungen auf *SAPOS*[®]-Referenzstationen und den Geodätischen Grundnetzpunkten durchgeführt. Ihre Auswertung führte zu einer neuen Realisierung des Europäischen Terrestrischen Referenzsystems in Deutschland, dem deutschen Referenznetz (ETRS89/DREF91), Realisierung 2016, die am 1. Dezember 2016 eingeführt wurde und die bisherige Realisierung 2002 ersetzt.

3.2 Höhe

Das Nivellementnetz 1. Ordnung wurde zwischen 2006 und 2012 bundesweit komplett neu vermessen. Es bildet die Grundlage für das Deutsche Haupthöhennetz 2016 (DHHN2016) und löst die z. T. 40 Jahre alten Datengrundlagen des DHHN92 ab.



Die Höhen im DHHN2016 weisen gegenüber den Höhen im DHHN92 großräumige Unterschiede von ca. ± 3 cm auf. Die neuen Höhen der Festpunkte werden in allen Landesvermessungsbehörden bis zum 30. Juni 2017 als amtliche Höhen eingeführt. Die Bezeichnung der Höhen lautet „Höhen über Normalhöhen-Null (NHN) im DHHN2016“.

Abb. 1:

Höhenwertänderungen vom DHHN92 zum DHHN2016
(Quelle: <http://www.adv-online.de/Geodaetische-Grundlagen/DHHN2016/>)

3.3 Schwere

Das Schwerefestpunktfeld wurde in den Jahren 2009/2010 durch Absolut-Schweremessungen ergänzt und validiert. Diese erweiterte Schweredatenbasis bildet das Deutsche Hauptschwerenetz 2016 (DHSN2016) und ersetzt das DHSN96 bei gleichbleibendem Schwereniveau. Anschließend wurden im Land- und Meeresbereich zur Schließung von Datenlücken flächenhafte Relativschweremessungen integriert.

3.4 Quasigeoid

Die Ergebnisse der bereits aufgeführten Messkampagnen flossen in die Berechnung einer verbesserten Version des Quasigeoids. Das „German Combined QuasiGeoid 2016 (GCG2016)“ ist u. a. konsistent zum DHHN2016 und löst das bisherige GCG2011 ab. Somit können physikalischer Höhen aus satellitengestützten Messungen mit einer Genauigkeit von ca. 1 cm im Flachland, ca. 2 cm in Gebirgsregionen und ca. 5 cm im Meeresbereich abgeleitet werden.

4 Nutzung des integrierten Raumbezugs

Die Nutzung des neuen einheitlichen integrierten Raumbezugs bietet die Vorteile einer länderübergreifenden Konsistenz der Messgrößen. Dabei ist *SAPOS*[®] der Garant für die Einbettung in den einheitlichen amtlichen Raumbezug. Um diese Vorteile auch bei Höhenmessungen nutzen zu können, ist eine Transformation der eigenen Datenbestände mittels HOETRA2016 vom DHHN92 nach DHHN2016 zwingend erforderlich. Durch Einbindung des neuen GCG in die *SAPOS*[®]-Dienste können GNSS-Messungen und nivellitische Höhenmessungen mit hoher Genauigkeit ineinander überführt werden.

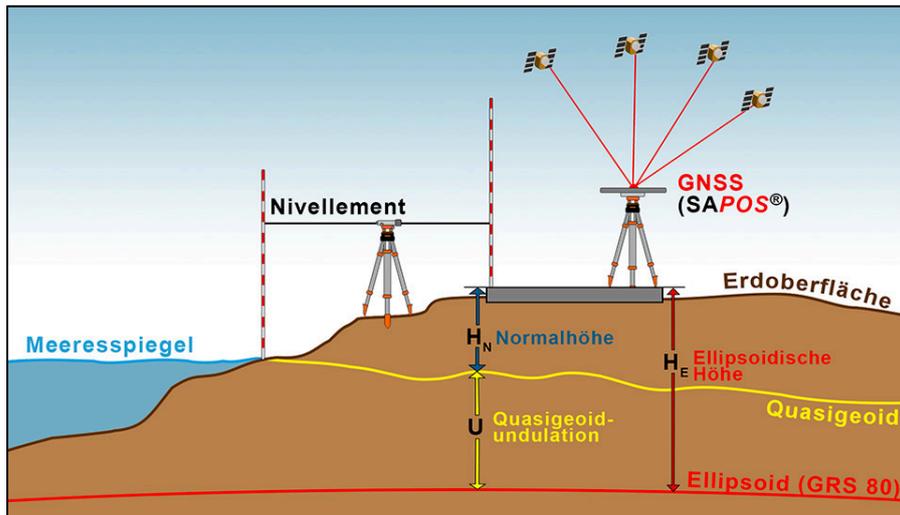


Abb. 2: Höhenbestimmung mittels Nivellement und GNSS-Methoden

5 Zusammenfassung und Ausblick

Mit dem neuen integrierten Raumbezug 2016 steht bundesweit eine einheitliche geodätische Basis zur Verfügung, die dem Einsatz hochgenauer satellitengestützter Messverfahren gerecht wird. Er ist zudem die präzise Basis für neuentwickelte kombinatorische Messverfahren, die rationellere Aufgabenerledigungen ermöglichen.

Literatur

- AdV (2014): Richtlinie für den einheitlichen integrierten geodätischen Raumbezug des amtlichen Vermessungswesens der Bundesrepublik Deutschland, Stand 25.04.2014.
<http://www.adv-online.de/AdV-Produkte/Festpunkte>
- AdV (2016): Infoblatt „Raumbezug 2016“, <http://www.adv-online.de/Geodaetische-Grundlagen/DHHN2016/>
- FELDMANN-WESTENDORFF, U., G. LIEBSCH, M. SACHER, J. MÜLLER, C.-H. JAHN, W. KLEIN, A. LIEBIG, K. WESTPHAL (2016): Das Projekt zur Erneuerung des DHHN: Ein Meilenstein zur Realisierung des integrierten Raumbezugs in Deutschland, zfv 5/2016
- HECKMANN, B., G. BERG, S. HEITMANN, C.-H. JAHN, B. KLAUSER, G. LIEBSCH, R. LIEBSCHER (2015): Der bundeseinheitliche geodätische Raumbezug – integriert und qualitätsgesichert, zfv 3/2015, S. 180-184
- KRICKEL, B., E. KURTENBACH, J. RIECKEN (2016): Neuer Raumbezug 2016 für NRW, NÖV NRW, 02/2016, S. 19-27



Kontakt:

Dr.-Ing. Bernd Krickel

Bezirksregierung Köln

Geobasis NRW

Muffendorfer Str. 19-21

53177 Bonn

Tel.: 0221/ 147-4200

E-Mail: bernd.krickel@brk.nrw.de

1989-1995

Studium der Geodäsie an der Universität Bonn

1996-1998

Referendariat in Rheinland-Pfalz

1998-2003

Wissenschaftlicher Mitarbeiter am Geodätischen
Institut der Universität Bonn

2003-2007

Fachbereichsleiter am Landesvermessungsamt
NRW in Bonn-Bad Godesberg

seit 2008

Dezernent bei der Bezirksregierung Köln (nach
Integration des Landesvermessungsamtes als Ge-
obasis NRW) in Bonn-Bad Godesberg

Projektbearbeitung in der Landesvermessung:

2005-2009: Einführung einer mobilen, netzbasierten
Erfassungsplattform für die Topographi-
sche Informationserhebung (TIM.NRW)

2009-2012: Einführung einer zentralen ALKIS-Verfah-
renslösung für den landesweiten Sekundär-
datenbestand des Geodatenzentrum Liegen-
schaftskataster NRW

seit 2015: Einführung des neuen Raumbezugs 2016
und Entwicklung neuer kombinatorischer
Messansätze zur Erstellung eines Boden-
bewegungskatasters NRW

Das Bundeswasserstraßen-Festpunktfeld der WSV heute und morgen

Matthias Adam

Die Wasserstraßen- und Schifffahrtsverwaltung des Bundes (WSV) unterhält ein eigenes ufernahes Bundeswasserstraßen-Festpunktfeld (BWP-Feld), das gemäß VV-WSV 2601 „Geodätische Grundlagen und Ordnungssysteme“ an die amtlichen Netze der Landesvermessung angeschlossen ist. In den letzten Jahren sind u. a. Veränderungen beim amtlichen Raumbezug, bei Mess- und Auswerteverfahren und insbesondere auch bei der Ausstattung mit VKLP-Personal festzustellen. Um das vorhandene BWP-Feld zukunftssicher aufzustellen, wurde eine Projektgruppe mit der Aufgabe eingerichtet, ein Fachkonzept zu erstellen, in dem Maßnahmen festgelegt werden, mit dem das derzeitige Festpunktfeld der WSV weiterentwickelt wird. Es soll künftig in fachlicher, betrieblicher und wirtschaftlicher Hinsicht den Anforderungen für eine korrekte und optimierte Aufgabenerledigung genügen.

In der Projektgruppe sind Vertreter der Orts-, Mittel- und Oberbehörden vertreten. Die Projektmitglieder bringen unterschiedliche Spezialkenntnisse aus ihrem beruflichen Aufgabengebiet in die Projektarbeit ein. Mitglieder der Projektgruppe sind:

Sandra Gadau, WSA Emden

Dr. Astrid Sudau, Bundesanstalt für Gewässerkunde

Matthias Adam, GDWS, Hannover

Holger Martin, WSA Berlin

Martin Schrölkamp, WSA Duisburg-Meiderich

Cornelius Zschunke, GDWS, Magdeburg

Für die Erstellung des Fachkonzeptes wurde eine Projektstruktur und Arbeitspakete gewählt, das Projekt gliedert sich in die nachfolgenden 6 Phasen:

- > PP_01 Projektphase: Projektmanagement
- > PP_02 Projektphase: Ist-Analyse der Ausgangssituation
(Auswertung und Analyse bestehender Vorgaben und Unterlagen)
- > PP_03 Projektphase: Ist-Erfassung und Bedarfsermittlung an das BWP-Feld
(Ist-Erfassung und Bedarfsermittlung durch die Beteiligung der WSV)
- > PP_04 Projektphase: Bestandsaufnahme und Analyse der amtlichen geodätischen Infrastruktur und deren Auswirkung auf die WSV und BfG
- > PP_05 Projektphase: Auswertung aller Ist-Erfassungen und der Bedarfsermittlung von PP_03 (aktuelle Anforderungen an das BWP-Feld ermitteln)
- > PP_06 Projektphase: Erstellen eines Soll-Konzeptes
(Optimierung des BWP-Feldes aus technischer, fachlicher und wirtschaftlicher Sicht unter Berücksichtigung der vorgegebenen geodätischen Infrastruktur und der interdisziplinären Anforderungen)

Von der Projektgruppe wurde eine sehr umfassende und umfangreiche Ist-Analyse und Auswertungen aller Ist-Erfassungen und Bedarfsermittlungen an das Bundeswasserstraßen-Festpunktfeld erfolgreich und abschließend bearbeitet. Im Rahmen der Ist-Analyse der Ausgangssituation wurden Gesetze, Verwaltungsvorschriften, Konzepte und QZ-Beschlüsse, untersucht, analysiert und auf Fachkonzeptrelevanz hin bewertet. Hierzu gehörten u. a. Aussagen des Überregionalen Fachkonzeptes 67 – Vermessungsaufgaben Land, das Geodatenzugangsgesetz, das Bundesgeoreferenzdatengesetz mit zugehöriger Technischen Richtlinie, die VV-WSV 2601, die DIN-Normen DIN 18709-6 und DIN EN ISO 19111, die AdV-Richtlinie für den einheitlichen integrierten geodätischen Raumbezug vom 25.04.2014 und exemplarisch für Bundeslandregelungen der Raumbezugserlass Niedersachsens vom 15.10.2014.

Anforderungen unterschiedlicher Nutzerkreise an das BWP-Feld wurden aufgrund einer Differenzierung bzw. Komplexität von Fragen mittels individueller Interviewfragen und Kurzinterviews ermittelt. Diese fanden bei WSÄ mit unterschiedlichen Aufgabenschwerpunkten und in den Fachbereichen – Schifffahrt – Sachbereich 2 und Neubau – Außenbezirke – Gewässerkunde und Hydrologie – Peilwesen – Vermessung (inkl. einer Kartenstelle und Neubau) statt.

Die Projektphasen PP_01 bis PP_05 sind erfolgreich abgeschlossen und in Einzeldokumenten nachgewiesen. Die sehr umfangreichen Erkenntnisse und Ergebnisse aus der Ist-Analyse sind im Fachkonzept (Entwurf) und den zugehörigen Einzeldokumenten detailliert dokumentiert.

Die insbesondere durch Kurzinterviews in den Dienststellen und Fachbereichen erfasste Ist-Situation stellt einen sehr großen Mehrwert sowohl für die Erstellung des Soll-Konzeptes als auch für die Zukunft dar.

Nach Abschluss der Ist-Analyse und Auswertungen aller Ist-Erfassungen und Bedarfsermittlungen an das Bundeswasserstraßen-Festpunktfeld wird aktuell das Soll-Konzept (PP_06) erstellt.



Kontakt:

Dipl.-Ing. Matthias Adam

Generaldirektion Wasserstraßen
und Schifffahrt

Dezernat Vermessung, Liegen-
schaften, Geodaten

Am Waterlooplatz 5

30169 Hannover

Tel.: 0511/ 9115 3453

E-Mail:

matthias.adam@wsv.bund.de

Jahrgang 1962

Ausbildung

1983-1989

Studium der Geodäsie an der Leibniz-Universität
Hannover

1990-1992

Vorbereitungsdienst für den höheren vermessungs-
technischen Verwaltungsdienst beim Regierungs-
präsidenten Detmold

Beruflicher Werdegang

1992

Kreis-Vermessungsassessor beim Kreis Paderborn

1993-2004

Neubauamt für den Ausbau des Mittellandkanals in
Hannover

Seit 2004

Wasser und Schifffahrtsdirektion Mitte /
Generaldirektion Wasserstraßen und Schifffahrt,
Standort Hannover

125 Jahre Hauptnivellement – die Entwicklung zu einem modernen geodätischen Pegelwesen

Astrid Sudau

1 Realisierung eines einheitlichen Höhenbezuges für Pegel und Wasserstände

Pegelbeobachtungen (Wasserstände) sind die Grundlage einer Vielzahl von verschiedenen Anwendungen, wobei die Hauptaufgaben im Bereich der Gewährleistung von Sicherheit und Leichtigkeit der Schifffahrt sowie wasserbaulichen und wasserwirtschaftlichen Planungen liegen. Darüber hinaus dienen Wasserstände und Durchflüsse der Dokumentation des Istzustandes der Gewässer als Grundlage für fachübergreifende Betrachtungen von Ökosystemen (LAWA 1997 a). In zunehmendem Maße gewinnen die Wasserstandsbeobachtungen Bedeutung für die Klimaforschung (z. B. Meeresspiegelanstieg, Hochwasserszenarien). Für die Analyse langfristiger Wasserstandsänderungen sind neben hochwertigen Wasserstandsbeobachtungen auch geodätische Informationen von entscheidender Bedeutung. Tektonische und anthropogen bedingte Vertikalbewegungen der Erdoberfläche führen zu vertikalen Pegelbewegungen, die teilweise Größenordnungen von einigen mm/a annehmen können. Häufig überlagern sich vertikale Landbewegungen und Wasserstandsänderungen, was Fehlinterpretationen zur Folge hat. Nicht erkannte Vertikalbewegungen werden als langfristige Wasserstandsänderungen interpretiert bzw. reale hydrologische Änderungen werden nicht erkannt. Durch die Vielzahl der verschiedenen Aufgaben von Pegeln ergeben sich multifunktionale Anforderungen an die Pegel und i. d. R. ist die zeitliche und/oder örtliche Vergleichbarkeit der Wasserstandsbeobachtungen eine zwingende Voraussetzung. Dies hat zur Folge, dass der Höhe und dem Höhenbezug eines Pegels (Pegelnullpunktes) eine entscheidende Bedeutung zukommt (SUDAU & WEIB 2013). Diese hohen Anforderungen an einwandfreie Höhengrundlagen wurden bereits im 19. Jahrhundert erkannt. „Im Jahre 1891 wurde mit dem „Bureau für die Hauptnivellements und Wasserstandsbeobachtungen“ eine Zentralstelle für die Ausführung von Präzisionsnivellements für gewässerkundliche Zwecke entlang der Wasserstraßen, zur einheitlichen Überwachung des Pegelwesens und zur wissenschaftlichen Auswertung der Pegelbeobachtungen eingerichtet. 1928 wurde das Bureau mit der 1902 gegründeten „Landesanstalt für Gewässerkunde“ zur „Landesanstalt für Gewässerkunde und Hauptnivellements“ vereinigt.“ (MHD 1957). 1949 erfolgte die Gründung der „Forschungsanstalt für Gewässerkunde“ in Bielefeld, die später in „Bundesanstalt für Gewässerkunde (BfG)“ umbenannt wurde und seit 1952 ihren Sitz in Koblenz hat (BEHRENS 2013). Auch heute noch obliegt dem Referat Geodäsie der BfG die Durchführung der Hauptnivellements an den Bundeswasserstraßen. Zum Zwecke der örtlichen und zeitlichen Vergleichbarkeit von Wasser-

ständen müssen diese auf einen einheitlichen Höhenreferenzrahmen bezogen werden. Aus diesem Grund werden im Rahmen der Hauptnivellements die Pegel – gemäß der Pegelvorschrift (LAWA 1997 b) – an das Höhenreferenzsystem der Landesvermessung angeschlossen. Darüber hinaus wird durch die Hauptnivellements der amtliche geodätische Raumbezug in Form eines Rahmenhöhenetzes für die Wasserstraßen- und Schifffahrtsverwaltung (WSV) ufernah realisiert und bereitgestellt.

2 Techniken und Verfahren

Neben den klassischen geometrischen Nivellements wurden bei exponierten Pegeln (z. B. im Küstenvorfeld) bis Ende der 1990er-Jahre die Anschlüsse an die amtlichen Höhenreferenzsysteme mittels hydrostatischer Nivellements durchgeführt. Da die hydrostatische Messausrüstung des niederländischen Rijkswaterstaats nicht mehr zur Verfügung steht, bleibt als einzige Möglichkeit eine satellitengestützte Höhenbestimmung und -überwachung von Pegeln mit dem Global Navigation Satellite System (GNSS). Die BfG hat seit 2008 damit begonnen, wichtige Pegel der WSV im Bereich der Deutschen Bucht und der Ästuare mit permanent arbeitenden GNSS-Systemen auszustatten (Abb. 1). Inzwischen umfasst das BfG-GNSS-Messnetz 28 Pegelstationen der WSV und wird kontinuierlich bedarfsorientiert erweitert (s. Abb. 2). Die erfassten Beobachtungsdaten werden zusammen mit den Beobachtungsdaten vergleichbarer GNSS-Pegelstationen im Bereich der Nord- und Ostsee in Zusammenarbeit mit dem Bundesamt für Kartographie und Geodäsie (BKG) ausgewertet. Originäres Ergebnis der Auswertung sind Höhen und Höhenänderungen der Pegel in einem globalen Referenzsystem. Für die an diesen Pegeln erfassten Wasserstandsdaten ist somit eine grenzüberschreitende Vergleichbarkeit möglich. Das permanente Höhenmonitoring der Pegel erlaubt zudem die Ableitung von Vertikalbewegungen und somit die Abspaltung der „tektonischen Komponente“ des Meeresspiegelanstieges. Darüber hinaus können derartig georeferenzierte Wasserstandsdaten im Küstenbereich mit anderen satellitengestützten Messverfahren, zum Beispiel der Satellitenaltimetrie im Hochseebereich, kombiniert werden und somit zu einem besseren Systemverständnis des Küstenvorfeldes beitragen. Zur Vergleichbarkeit mit den Wasserstandsmessungen an Pegeln im Binnenbereich werden die Höhen der GNSS-Pegel im Rahmen der Auswertung auch in den amtlichen Höhenreferenzrahmen transformiert.



Abb. 1: GNSS-Station Pegel Dwarsgat (Außenweser)
(Fotos: Weiß, BfG)

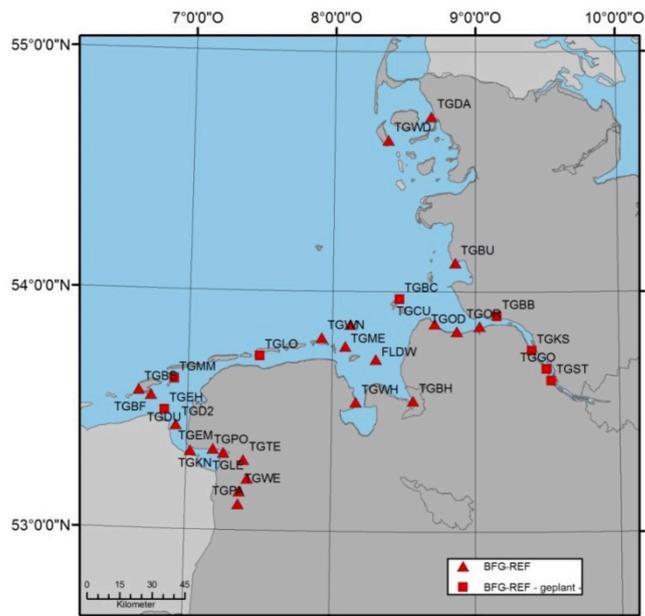


Abb. 2: BfG-GNSS-Messnetz (Stand Mai 2017)

Literatur

- BEHRENS, J. (2013): Schwerpunkte des referates Geodäsie in den letzten 35 Jahren. In: Bundesanstalt für Gewässerkunde (Hrsg.): Geodätische Arbeiten für Bundeswasserstraßen. Kolloquium am 5./6. Februar 2013 in Koblenz. - Veranstaltungen 8/2013, Koblenz, August 2013, S. 5-19, DOI:10.5675/BfG_Veranst_2013.8
- LAWA - Länderarbeitsgemeinschaft Wasser und Bundesministerium für Verkehr (1997 a): Pegelvorschrift – Stammtext, Kulturbuchverlag Berlin GmbH
- LAWA - Länderarbeitsgemeinschaft Wasser und Bundesministerium für Verkehr (1997 b): Pegelvorschrift – Anlage C – Anweisung für das Festlegen und Erhalten der Pegel in ihrer Höhenlage, Kulturbuchverlag Berlin GmbH
- MHD (1957): Höhen über NN von Festpunkten und Pegeln an Wasserstraßen – Die Elbe, Teil I, Vorheft, Meteorologischer und Hydrologischer Dienst der Deutschen Demokratischen Republik – Hauptamt für Hydrologie, Lizenz 556 – A – 2087/57/DDR/100 – Deutscher Zentralverlag Berlin
- SUDAU, A., R. WEIß (2013): Geodäsie und Pegel – gestern und heute. In: Bundesanstalt für Gewässerkunde (Hrsg.): Geodätische Arbeiten für Bundeswasserstraßen. Kolloquium am 5./6. Februar 2013 in Koblenz. - Veranstaltungen 8/2013, Koblenz, August 2013, S. 20-32, DOI:10.5675/BfG_Veranst_2013.8



Kontakt:

Dr.-Ing. Astrid Sudau

Bundesanstalt für Gewässerkunde

Am Mainzer Tor 1

56068 Koblenz

Tel.: 0261/ 1306-5287

E-Mail: sudau@bafg.de

Jahrgang 1957

Ausbildung

1976-1981

Studium der Geodäsie an der Rheinischen Friedrich-Wilhelms-Universität in Bonn

1983-1985

Vorbereitungsdienst für den höheren vermessungstechnischen Verwaltungsdienst beim Regierungspräsidenten Münster

1994

Promotion zum Dr.-Ing. an der Rheinischen Friedrich-Wilhelms-Universität in Bonn

Beruflicher Werdegang

1981-1982

Wissenschaftliche Mitarbeiterin im Geodätischen Institut der Rheinischen Friedrich-Wilhelms-Universität in Bonn

1982-1983

Wissenschaftliche Mitarbeiterin beim Meetkundige Dienst van de Rijkswaterstaat (Department of Marine Geodesy) in Delft, Niederlande

1985-1991

Wissenschaftliche Mitarbeiterin im Geodätischen Institut der Rheinischen Friedrich-Wilhelms-Universität in Bonn

Seit 1991

Wissenschaftliche Mitarbeiterin in der Bundesanstalt für Gewässerkunde, Referat Geodäsie; Ansprechpartnerin für den Aufgabenbereich „Geodätische Referenzsysteme und Geokinetik“

Satellitenaltimetrie – neue Technologien und neue Anwendungen

Jürgen Kusche

Zusammenfassung

Das geodätische Messverfahren der Satellitenaltimetrie wird seit vielen Jahren bereits für die Vermessung der Meeresoberfläche aus dem Weltraum eingesetzt, so beispielsweise für die Bestimmung des marinen Geoides, der Meerestopographie, von Gezeitenmodellen oder des Meeresspiegelanstiegs.

Bei der konventionellen Satellitenaltimetrie wird die Meereshöhenbestimmung durch Laufzeitmessungen in Mikrowellenbändern realisiert: Aus der Laufzeit des an der Meeresoberfläche reflektierten Pulses lassen sich der Abstand vom Satelliten aus bestimmen, während sich aus der Form des reflektierten Pulses Informationen über Windgeschwindigkeit und Wellenhöhe innerhalb eines „Footprints“ von einigen km gewinnen lassen. In den letzten Jahren haben verbesserte Auswerteverfahren die Anwendungsmöglichkeiten der Altimetrie deutlich erweitert, so für den Küstenbereich, für Gewässer wie Flüsse, Seen, Reservoirs und Überflutungsflächen, aber auch für die Ableitung von vertikalen Landbewegungen und für die Bodenfeuchte.

Hinzu kommt, dass mit einer neuen Generation von Satellitenaltimetern ein Paradigmenwechsel zu deutlich höherer räumlicher Auflösung erfolgt: Mit der Cryosat-2-Mission (seit 2010) und der Sentinel-3A-Mission (seit 2016) erlaubt die sogenannte Delay-Doppler-Technik erstmals die Ableitung von Messungen mit ca. 300 m räumlicher Auflösung. Das Verfahren wird auch als SAR-Altmetrie bezeichnet, das Messprinzip ist aber von abbildenden SAR-Systemen deutlich zu unterscheiden.

Der Vortrag wird Messprinzipien und Datentypen erläutern, und das Potenzial der geschilderten Entwicklungen wird an ausgewählten Beispielen demonstriert.



Kontakt:

Prof. Dr.-Ing. Jürgen Kusche

Universität Bonn

Institut für Geodäsie und

Geoinformation

Nußallee 17

53115 Bonn

Tel.: 0228/ 73 26 29

E-Mail: kusche@geod.uni-bonn.de

Prof. Dr.-Ing. Jürgen Kusche hat in Bonn Geodäsie studiert und leitet seit 2009 die Professur für Astronomische, Physikalische und Mathematische Geodäsie an der Universität Bonn. Nach seiner Promotion und Postdoc-Zeit arbeitete er fünf Jahre an der Technischen Universität Delft (Niederlande) in den Abteilungen für Geodäsie und Erdbeobachtung/ Luft- und Raumfahrttechnik.

2006-2009 leitete er am Helmholtz-Zentrum GFZ-Deutsches Geoforschungszentrum Potsdam die Sektion für Gravimetrie und Schwerefeld der Erde.

2008-2014 koordinierte er das DFG-Schwerpunktprogramm „Massentransporte und Massenverteilungen im Erdsystem“.

Seine Forschungsinteressen liegen in den Bereichen Erdsystemforschung, Schwerefeld und Meeresspiegel.

Anforderungen an UAS für geodätische Anwendungen an Gewässern

Michael Cramer

1 Einleitung

Die Verwendung von unbemannten Flugsystemen (unmanned airborne system UAS, heute oftmals mit Drohnen bezeichnet) für geodätische Fragestellungen hat sich etabliert. Man findet derartige Systeme im Bereich der klassischen 3D-Kartierung von Gebieten oder Objekten beschränkter Größe, vor allem dann, wenn es sich um eine zeitnahe Erfassung zur Dokumentation von Veränderungen handelt. Neben klassischen Kamerasystemen werden auch Laser-scanner eingesetzt. Weitere Anwendungen ergeben sich im Bereich des Monitorings u. a. auch für fernerkundliche Aufgaben z. B. in der Landwirtschaft, wobei Multi- bzw. Hyper-spektral-Daten genutzt werden.

Bei der geometrischen Datenerfassung werden die Anforderungen an die Flugparameter und Sensorik fast ausschließlich über die gewünschte Objektraumgenauigkeit definiert. Diese liegt für klassische Geländeerfassungen oftmals im Bereich von 5-10 cm. Daher werden Bodenpixelgrößen (ground sampling distance GSD) von 2-5 cm realisiert, davon ausgehend, dass die 3D-Punktbestimmung im Bereich von 1-3 pix genau erfolgen kann. Ausschlaggebend hierfür ist die Qualität der Georeferenzierung, i. d. R. realisiert in einer Bündeltriangulation, basierend auf bekannten Objektrauminformationen und ggf. mit zusätzlicher Sensorik zur direkten Trajektorienbestimmung. Für höhere Objektraumgenauigkeiten im Bereich von 1 cm oder besser ist zusätzlich auch die Qualität der Kamera und deren Auflösungs-potenzial zu beachten. Vereinfachend kann gesagt werden, dass mit steigenden Anforderungen an die Objektraumgenauigkeit auch die Anforderungen an das Gesamtaufnahmesystem steigen.

Prinzipiell gelten die obigen Anforderungen allgemein, also auch für Anwendungen an Gewässern – mit der Besonderheit, dass hier oftmals stark linear ausgedehnte Strukturen (Korridore) zu erfassen sind. Mögliche Anwendungsszenarien sind z. B. die Erfassung von

- > Uferlinien (Korridor)
- > Uferböschungskanten/Deichen bzw. Deichkanten (Korridor)
- > lokalen Veränderungen wie Erosion, Rutschungen, Anlandungen, Bühnenfelder (je nach Projekt Korridor, bzw. flächenhafte Ausdehnung)
- > Gewässervorlandtopographien (je nach Projekt Korridor, bzw. flächenhafte Ausdehnung)
- > Bauwerken (flächenhafte bzw. lokale Ausdehnung)

Die Erfassung von Korridoren macht lange Flugstreifen erforderlich – eine aus photogrammetrischer Sicht anspruchsvolle Blockkonfiguration. Hinzu kommt die Wasseroberfläche, die als Bildtextur keine Verknüpfungspunktmessung zulässt. Gegebenenfalls finden sich für den Fall besonders klarer Gewässer teilweise Verknüpfungspunkte auf dem Gewässergrund (zumindest in Flachwasserzonen), welche im Rahmen der 2-Medien-Photogrammetrie zu berücksichtigen wären.

Der Schwerpunkt dieses Beitrags liegt auf den photogrammetrischen Verfahren der Bildorientierung und 3D-Objektpunktbestimmung, unter besonderer Berücksichtigung der linienhaften bzw. Korridorstrukturen bei Gewässeranwendungen (Kapitel 2). Kapitel 3 fokussiert auf die Wahl einer entsprechenden Kamera. Lasersensoren, u. U. für bathymetrische Anwendungen und sonstige Systeme zur UAV-Datenerfassung (UAV unmanned aerial vehicle) werden hier nicht behandelt.

2 Lineare Photogrammetrie

Die klassische Bündeltriangulation beruht auf der gleichzeitigen Bestimmung der Neupunktkoordinaten, der Orientierungselemente und ggf. weiterer Unbekannter ausgehend von der Verknüpfungspunktmessung einander überlappender Bilder. Der photogrammetrische Block, bestehend aus mehreren benachbarten Bildstreifen, ist die übliche Konfiguration. Das Genauigkeitsverhalten ist bekannt und vielfach erprobt. Die Auswertung von einzelnen Flugstreifen ist ein Sonderfall dieser Konfiguration und wird heutzutage manchmal mit sog. „linearer Photogrammetrie“ bezeichnet (TOURNADRE et al. 2015). Derartige Anordnungen sind vor allem dann von Interesse, wenn ein Korridor mit möglichst wenig Flugaufwand erfasst werden soll.

2.1 Segmentweise Befliegung

Die fehlende Überdeckung mit benachbarten Flugstreifen führt zu einer deutlich schlechteren Blockstabilität, die üblicherweise mit vielen Passpunkten entlang der Flugstreifen kompensiert werden muss. Nur wenige Modelle können für hohe Genauigkeiten passpunktfrei überbrückt werden. Die Fehler nehmen mit zunehmendem Abstand von den Passpunkten zu. Bei einem nur am Streifenanfang und -ende mit Passpunkten besetzten Flugstreifen sind in der Streifenmitte die maximalen Fehler zu erwarten. Üblicherweise wird durch die Verwendung von direkt gemessenen GNSS-Projektionszentrumskordinaten eine signifikante Reduktion der Passpunktanzahl im Objektraum erzielt. Die ausschließliche Messung genauer Projektionszentrumskordinaten durch differenzielles GNSS ist bei einzelnen Flugstreifen aufgrund der fehlenden Verknüpfung mit benachbarten Flugstreifen nicht ausreichend. Dieses wirkt sich vor allem quer zur Flugrichtung aus (siehe Abb. 1, oben). Üblicherweise behilft man sich (auch im UAS-Umfeld) damit, eine Trasse nicht nur mit einem einzelnen Flugstreifen, sondern mit mindestens zwei sich überlappenden Streifen zu erfassen.

Der UAV-Hersteller senseFly schlägt z. B. vor, eine längere Trasse in kleinere Segmente zu unterteilen, die dann jeweils mit drei Flugstreifen überflogen werden (GERVAIX 2017). Das Unterteilen in Segmente ist auch deswegen notwendig, da aktuell eine UAV-Befliegung nur innerhalb des Sichtbereichs des Steuerers unternommen werden darf (z. Zt. noch keine Flüge beyond-line-of-sight (BLOS)). Bei drei Überflügen pro Abschnitt befindet sich das UAV

dann immer automatisch am Endpunkt des jeweiligen Segments und kann so direkt den neuen Trassenteil weiterfliegen. Dieses mehrfache Überfliegen bringt einen erhöhten Flugaufwand mit sich, führt durch die Verknüpfung zwischen den Streifen aber zu einer Stabilisierung des Blocks. Werden GNSS-Projektionszentrumskoordinaten eingeführt – viele der aktuellen UAVs sind mit (z. T. real-time) differenziellen GNSS-Empfängern ausgestattet – erlaubt dies die zusätzliche Reduktion der Passpunkte am Boden. Letztlich nähert man sich so aber der klassischen flächenhaften Blockgeometrie an.

2.2 Direkt gemessene GNSS/Inertial-Daten

Die Aufweitung von Flugtrassen zu Blöcken mit mindestens zwei Flugstreifen ist für die spezielle Anwendung an Gewässern unter Umständen nicht zielführend. Bei einer Befliegung von Uferlinien lassen sich nur landseitig Verknüpfungen finden, ein zusätzlicher Streifen, der überwiegend Wasserflächen abdeckt, trägt nicht zur Stabilisierung des Blocks bei. Eine Stabilisierung eines einzelnen Flugstreifens kann daher alternativ nur über die zusätzliche direkte Messung von GNSS/Inertial-Orientierungswinkeln erfolgen, die damit neben den (GNSS-) Projektionszentrumskoordinaten die vollständige Orientierung des Sensors im Raum festlegen. Entsprechende GNSS/Inertial-Systeme sind auf dem Markt verfügbar und z. T. auch Bestandteil von kommerziellen UAS.

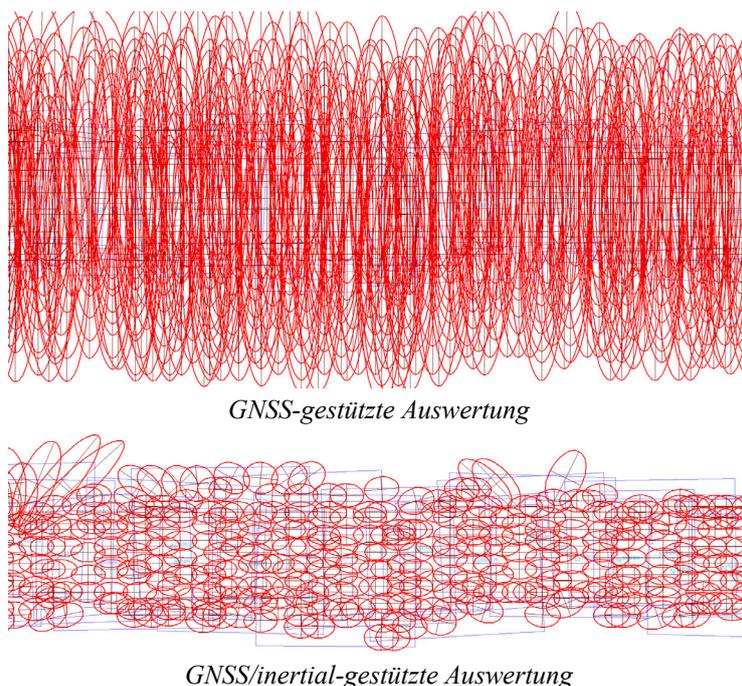


Abb. 1: Darstellung der horizontalen Fehlerellipsen an den Objektpunkten in der Mitte eines Flugstreifens aus 350 Bildern. Dargestellt ist der Einfluss von direkt beobachteten GNSS- (Position) bzw. GNSS/Inertial-Orientierungselementen (Position und Orientierung der Kamera).

Abbildung 1 zeigt anhand einer Simulation den Einfluss von GNSS/Inertial-Orientierungswinkeln auf die Genauigkeit der 3D-Objektpunktgenauigkeit im Vergleich zu einer GNSS-gestützten Auswertung. Dargestellt sind die horizontalen Fehlerellipsen in der Mitte eines

langen Flugstreifens, bestehend aus 350 Bildern. Nur am Anfang und Ende des Streifens sind Passpunkte vorgesehen. Die im Rahmen der Simulation angenommenen Genauigkeiten für die GNSS/Inertial-Orientierungselemente betragen $0,025^\circ$ für die Winkel und $0,04$ m für die Positionen. Diese Werte sind angelehnt an die Spezifikationen des von Applanix speziell für UAV-Anwendungen konzipierten APX-15 UAV GNSS/Inertial-Systems (MIAN et al. 2016). Hier werden die Genauigkeiten (post-processing) mit $0,02$ - $0,05$ m für die Positionierung bzw. $0,025^\circ$ (Roll, Nick) - $0,08^\circ$ (Kurs) für die Winkel spezifiziert. Deutlich erkennt man bei der ausschließlichen Verwendung von GNSS-Projektionszentrumskoordinaten die sehr stark quer zur Flugrichtung deformierten Fehlerellipsen. Durch Hinzunahme der Winkelbeobachtungen lässt sich dieser Effekt komplett beseitigen. Man erhält eine über den ganzen Streifen hinweg konsistente Genauigkeit in der Objektpunktbestimmung. Die Simulation geht dabei davon aus, dass die Gesamtsystemkalibrierung (Kamera und Boresight-Kalibrierung) perfekt bekannt ist, was im Vorfeld zu garantieren ist, da ein photogrammetrischer Streifen für die Kalibrierung eines Kamerasystems nicht hinreichend ist.

2.3 Erweiterte Orientierungskonzepte

Relative AT

Üblicherweise werden die GNSS/Inertial-Orientierungselemente als gewichtete, direkt gemessene Beobachtungen in die Bündelausgleichung eingeführt. Wie bereits oben angedeutet, ist dafür die vorab durchgeführte Gesamtsystemkalibrierung von Wichtigkeit, vor allem für Korridor Anwendungen, in denen nicht alle Parameter (z. B. Boresight-Winkel) aus den Flugdaten geschätzt werden können. Werden alternativ nicht die absolut gemessenen GNSS/Inertial-Positionen und -Winkel als Beobachtungen für das Projektionszentrum eingeführt, sondern nur die Änderungen der Orientierungsparameter zwischen zwei Aufnahmestandpunkten betrachtet, so fallen durch die Differenzbildung konstante Offsets, wie die Fehlansrichtung zwischen Kamera- und Koordinatenachsen der Inertialeinheit und GNSS-Offsetkorrekturen heraus. Das Konzept derartiger relativer Beobachtungen – sog. relative AT (BLAZQUEZ & COLOMINA 2011) – beruht auf der Annahme, dass GNSS/Inertial-System und Kamera den gleichen Orientierungsänderungen unterliegen, wenn sich die Offsets zwischen Kamera, GNSS-Antenne und Inertialeinheit nicht ändern.

Die empirischen Untersuchungen in BLAZQUEZ & COLOMINA 2011 zeigen, dass die Verwendung von relativen GNSS/Inertial-Beobachtungen zu vergleichbaren bzw. genaueren Ergebnissen bei der 3D-Objektpunktbestimmung führt (im Vergleich zur klassischen GNSS/inertial-gestützten AT, alternativ integrierte Sensororientierung ISO). Für das hier diskutierte Gewässerszenario sind zudem die gesteigerte Robustheit und die durch den reduzierten Modellierungsaufwand vereinfachte GNSS/inertial-gestützte AT von Vorteil.

Fast AT

Die direkte Messung von GNSS/Inertial-Orientierungselementen und deren Berücksichtigung im Rahmen der GNSS/inertial-gestützten AT hat den Vorteil, dass im Prinzip nur noch sehr wenige Verknüpfungspunkte zu messen sind. Die (relative) Orientierung der benachbarten Bilder ist durch die direkt gemessenen Orientierungsparameter vorgegeben. Aus diesen Überlegungen ergibt sich das von BLAZQUEZ & COLOMINA (2012) vorgestellte Verfahren der sog. Fast AT, in dem nur für wenige Bereiche innerhalb eines photogrammetrischen Bildverbands

Verknüpfungen gemessen werden. Die verbleibenden Bilder werden ausschließlich über GNSS/Inertial-Daten orientiert. Das Konzept ist in Abb. 2 skizziert – im Vergleich dazu die Anordnung für die klassische integrierte Sensororientierung. Die Fast AT verzichtet auf die herkömmliche Messung von Verknüpfungspunkten. Damit ist auch keine automatische Punktübertragung mehr notwendig, was vor allem für schlecht texturierte Bereiche Vorteile bringt. Die einzigen Bildpunktmessungen sind die Koordinaten von den wenigen vorhandenen Passpunkten. Eine durchgängige Überlappung der benachbarten Bilder innerhalb der Flugstreifen ist damit auch nicht mehr notwendig. Dieses ist in der Abbildung durch fehlende Bilder in den jeweiligen Flugstreifen angedeutet.

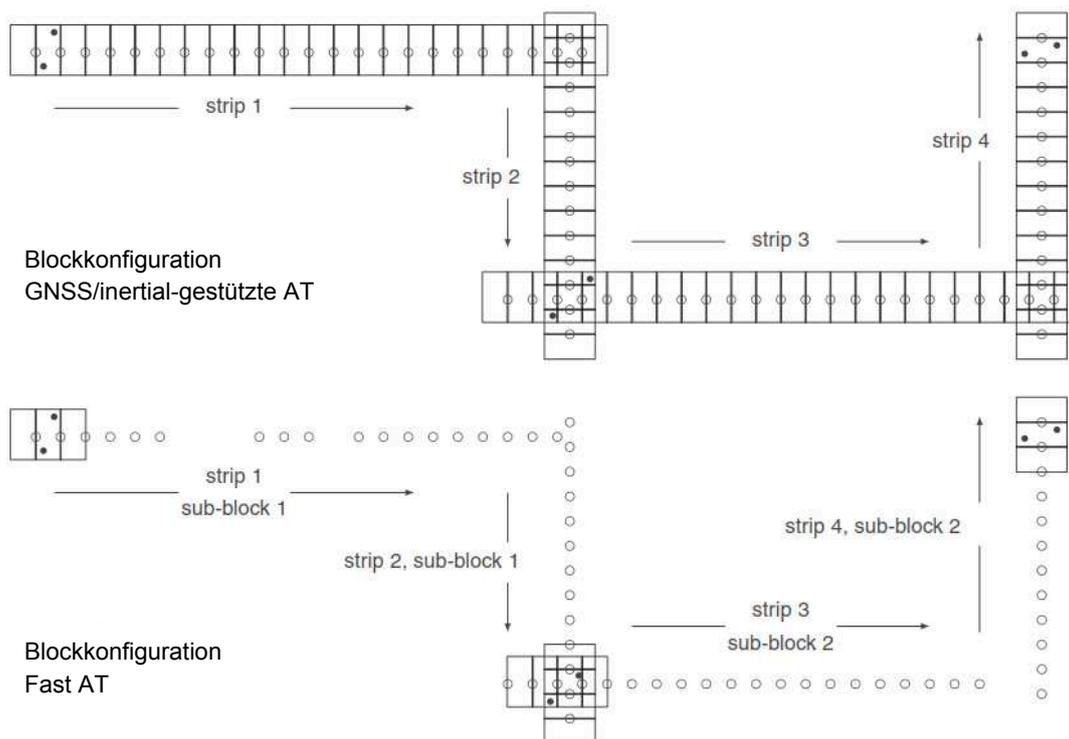


Abb. 2: Konzept der Fast AT im Vergleich zur herkömmlichen GNSS/inertial-gestützten AT (Grafik: Blazquez & Colomina 2012). Dargestellt sind die Bilder mit den direkt gemessenen Elementen der äußeren Orientierung (Kreise) und die Passpunkte (schwarze Punkte).

Die Untersuchungen von BLAZQUEZ & COLOMINA (2012) zeigen, dass die Fast AT trotz des vereinfachten Verfahrens ca. 90 % der Genauigkeit der vergleichbaren integrierten Sensororientierung erzielt.

Kinematische Passpunkte

Ein interessanter Ansatz, der ebenfalls für die Aufnahme von Trassen konzipiert wurde, ist das sogenannte mapKITE Mobile Mapping System (MOLINA et al. 2017, MOLINA et al. 2016), ein duales System bestehend aus einer Flug- und Fahrzeugkomponente. Abbildung 3 zeigt die beiden Systemteile und den Ausschnitt eines Bildes der UAV-Kamera, die das Landfahrzeug mit dem kodierten Signal auf dem Dach abbildet. Das UAV verfügt über einen

geodätischen Mehrfrequenz-GNSS-Empfänger, optional ergänzt um weitere inertielle Sensoren. Über die automatische Verfolgung des kodierten Signals wird das UAV ähnlich einem Fesselballon an das sich bewegende Fahrzeug gekoppelt. Zusätzlich wird die Position dieses Signals über ein GNSS/Inertial-System im Fahrzeug permanent mit hoher Genauigkeit gemessen, so dass das Signal gleichzeitig als kinematischer Passpunkt dient. Damit können für die Auswertung eines einzelnen Bildstreifens im Prinzip Passpunkte in beliebiger Anzahl zur Verfügung gestellt werden – mit der Besonderheit, dass der Passpunkt sich in seiner Position kontinuierlich bewegt. Im Unterschied zu klassischen statischen Passpunkten wird der kinematische Passpunkt allerdings nur in einem einzelnen Bild gemessen. Über den definierten Signaldurchmesser wird neben der Punktmessung zusätzlich eine Maßstabsbeobachtung geliefert. Die Auswertung erfolgt dann in einer erweiterten integrierten Sensororientierung.



Abb. 3: mapKITE Mobile Mapping System bestehend aus der Flugplattform (Quadrocopter Spyro-4, UAVision (Portugal)) und dem terrestrischen Fahrzeug mit Messausrüstung. Das kodierte Signal dient als kinematischer Passpunkt. Das Bild rechts zeigt einen Ausschnitt aus dem Bild der UAV-Kamera mit dem kinematischen Passpunktsignal (Fotos: P. Molina, Castelldefels).

Erste empirische Tests des mapKITE Konzepts werden in MOLINA et al. (2017) dokumentiert. Die Trassenbefliegung einer Straße (nur ein einzelner Flugstreifen) wurde einerseits klassisch, basierend auf einer realistischen Passpunktconfiguration, und alternativ mit dem mapKITE Konzept mit kinematischen Passpunkten ausgewertet. Für den mapKITE Ansatz konnte eine höhere Genauigkeit der 3D-Objektpunktbestimmung im Vergleich zur klassischen Auswertung erreicht werden. Die Genauigkeit der Standardauswertung ergibt sich in Abhängigkeit von der Passpunktanzahl und kann durch Hinzunahme weiterer Passpunkte gesteigert werden, dieses steht aber in keinem Verhältnis zum erforderlichen Aufwand.

Das hier für den terrestrischen Einsatzfall vorgestellte Konzept lässt sich problemlos auf Wasserwege übertragen: Der kinematische Passpunkt ist auf einem Schiff zu installieren, welches ggf. dem Uferverlauf in entsprechendem Abstand folgt. In diesem Fall könnte das mapKITE Konzept auch mit der eben vorgestellten Fast AT kombiniert werden, um die Problematik der Verknüpfungspunktmessung auf Wasserflächen zu umgehen.

3 UAV-optimierte Kamera

Bisherige UAS sind oftmals mit Digitalkameras ausgestattet, wie sie oftmals auch für normale Consumeranwendungen hergestellt werden. Die maximale mögliche Zuladung (Nutzlast bzw. maximales Abfluggewicht) eines UAV ist eine kritische Komponente, die dazu führt, dass bevorzugt kleine, kompakte Kameras zur Verwendung kommen.

Ist eine Befliegung mit eher unkonventioneller Blockgeometrie (z. B. einzelne Flugstreifen für Korridoranwendungen) notwendig, muss eine bestmöglich vorkalibrierte Kamera gefordert werden, da der photogrammetrische Streifen eine vollständige Selbstkalibrierung der Kamera während der Befliegung nicht zulässt. Im Idealfall wird diese Kamera in unmittelbarem zeitlichen und räumlichen Zusammenhang über einem Testgebiet vorab kalibriert und diese Parameter dann übernommen. Für derartige Anwendungen sind Kameras mit möglichst stabiler Kamerageometrie zu bevorzugen. Unter Umständen können hier proprietäre Kameras mit fest eingebauter Optik und festem Fokus auf unendlich vorteilhaft sein, alternativ speziell für diese Anwendungen entwickelte Kameras. Eine stabile und möglichst gut kalibrierbare Kamera ist auch hinsichtlich der späteren Kombination mit Verfahren der direkten bzw. integrierten Sensororientierung notwendig (siehe Kapitel 2) – in diesem Kontext spielt die Gesamtsystemkalibrierung eine wichtige Rolle.



senseFly S.O.D.A.



DLR Berlin micro MACS
(Prototyp)



IGN Paris camlight
(Prototyp)

Abb. 4: Für UAV-Anwendungen optimierte Kamerasysteme
(Fotos: Fa. senseFly, DLR, IGN Paris).

Aktuelle, vor allem auch für UAV-Anwendungen vorgesehene Kameras zeigt Abb. 4: Die Firma senseFly hat auf der INTERGEO 2016 eine speziell für den Einsatz in UAVs konzipierte Kamera vorgestellt, die sog. senseFly S.O.D.A.: Sensor Optimized for Drone Applications. Diese Kamera wird zwar nicht als metrische Kamera – in Anlehnung an die früheren (analogen) Messkammern – bezeichnet, berücksichtigt aber diverse Eigenschaften, die für UAV-Anwendungen vorteilhaft sind, u. a. Festbrennweite, Zentralverschluss, kompaktes und gekapseltes Gehäuse. Ähnliche Entwicklungen finden sich bei der Firma Delair-Tech, wo die ursprünglich vom IGN Paris entwickelte UAV-Kamera camlight als Produkt kommerzialisiert wird. Am DLR Berlin läuft parallel die Fortentwicklung der UAV-Kamera micro MACS. Schon etwas länger am Markt verfügbar ist das PhaseOne iXU System, welches als photogrammetrische Kamera für UAVs propagiert wird, jedoch vom Volumen und Gewicht her deutlich über den zuvor erwähnten Systemen liegt und nur bedingt auf einer UAV-Plattform mit unter 5 kg Abfluggewicht zu integrieren ist.

Die umfassende Untersuchung von derartigen Kameras im Vergleich mit den bisherigen Systemen steht noch aus. Neben den typischen geometrischen Genauigkeitsvergleichen mittels Testflügen und Kontrollpunktvergleichen, sollte auch das Auflösungspotenzial dieser Kameras untersucht werden. Die geometrische Auflösung ist vor allem für hochgenaue und damit hochauflösende Anwendungen von Bedeutung, wie die in der Einleitung erwähnten Monitoringanwendungen im ingenieurtechnischen Umfeld. Das Auflösungspotenzial hängt unmittelbar mit der radiometrischen Qualität der Kamera zusammen. Eine gute Radiometrie ist auch für die Verknüpfungspunktmessung in texturarmen Bereichen von Vorteil. Eine Zusammenstellung von UAV-Kameras gibt PRZYBILLA (2017). Erste empirische (z. T. vergleichende) Untersuchungen zur Qualität optimierter UAV-Kameras finden sich u. a. in CRAMER et al. (2017) bzw. KRAFT et al. (2016).

4 Zusammenfassung

Dieser Kurzbeitrag beleuchtet diverse Fragestellungen im Umfeld von UAV-Anwendungen für Gewässer. Aufgrund der im Regelfall stark linearen Strukturen ist die Integration von GNSS/Inertial-Systemen guter Qualität in der Flugplattform in Kombination mit dem abbildenden Sensor in mehrfacher Hinsicht hilfreich. Die Möglichkeit der direkten Messung der Elemente der äußeren Orientierung reduziert die Anforderungen an die Verknüpfungspunktmessung, was vor allem für die anspruchsvollen Texturen wie dichter Vegetation und Wasserflächen im Uferbereich hilfreich ist. Modifizierte Verfahren zur Sensororientierung wie das vorgestellte Fast AT Verfahren machen die Verknüpfungspunktmessung in bestimmten Bereich ganz obsolet. Das mapKITE Verfahren löst die Forderung nach vielen Passpunkten durch sog. kinematische Passpunkte. Die Verwendung relativer GNSS/Inertial-Beobachtungen reduziert die Anforderungen an die Boresight-Kalibrierung und erlaubt eine robustere Auswertung. Die Wahl der richtigen Kamera ist von besonderer Bedeutung, da die aus photogrammetrischer Sicht kritischen Blockkonfigurationen keine optimale Selbstkalibrierung erlauben. Je stärker die Bedeutung der direkt gemessenen Sensororientierung in der Auswertung, umso wichtiger ist auch die Stabilität der Kamera.

Literatur

- BLAZQUEZ, M. & I. COLOMINA (2011): ISPRS Journal of Photogrammetry and Remote Sensing 67 (2012) 120-133, doi:10.1016/j.isprsjprs.2011.11.003
- BLAZQUEZ, M. & I. COLOMINA (2012): Fast AT: A simple procedure for quasi direct orientation, ISPRS Journal of Photogrammetry and Remote Sensing 71 (2012) 1–11, doi:10.1016/j.isprsjprs.2012.04.005
- CRAMER, M., H.-J. PRZYBILLA, H. MEIßNER & K. STEBNER (2017): Kalibrierung und Qualitätsuntersuchungen UAV-basierter Kamerasysteme, DVW e.V. (Hrsg.): Unmanned Aerial Vehicles 2017 (UAV 2017). DVW-Schriftenreihe, Band 86/2017, Wißner-Verlag, Augsburg, 2017, S. 67-84.
- GERVAIX (2017): The senseFly S.O.D.A. genesis, eingeladene Präsentation auf Jahrestagung DGPF Würzburg, Sondersitzung UAV-metric camera, 9. März 2017

- KRAFT, T., M. GEBNER, H. MEIBNER, M. CRAMER, M. GERKE & H.-J. PRZYBILLA (2016): Evaluation of a metric camera system tailored for high-precision UAV applications, *Int. Arch. Photogramm. Remote Sens. Spatial Inf. Sci.*, XLI-B1, 901-907, doi:10.5194/isprs-archives-XLI-B1-901-2016
- MIAN, O., J. LUTES, G. LIPA, J. J. HUTTON, E. GAVELLE & S. BORGHINI (2016): Accuracy assessment of direct georeferencing for photogrammetric application on small unmanned aerial platforms, *Int. Arch. Photogramm. Remote Sens. Spatial Inf. Sci.*, XL-3/W4, 77-83, doi:10.5194/isprs-archives-XL-3-W4-77-2016
- MOLINA, P., M. BLÁZQUEZ, J. SASTRE & I. COLOMINA (2016): mapKITE: A new paradigm for simultaneous aerial and terrestrial geodata acquisition and mapping. *Int. Arch. Photogramm. Remote Sens. Spatial Inf. Sci.*, XLI-B1, 957-962, doi:10.5194/isprs-archives-XLI-B1-957-2016
- MOLINA, P., M. BLÁZQUEZ, D. A. CUCCI & I. COLOMINA (2017): First Results of a Tandem Terrestrial-Unmanned Aerial mapKITE System with Kinematic Ground Control Points for Corridor Mapping. *Remote Sens.* 2017, 9, 60, doi:10.3390/rs9010060
- PRZYBILLA, H.-J. (2017): Kameras für UAS – Eine Marktübersicht, DVW e.V. (Hrsg.): Unmanned Aerial Vehicles 2017 (UAV 2017). DVW-Schriftenreihe, Band 86/2017, Wißner-Verlag, Augsburg, 2017, S. 51-66.
- TOURNADRE, V., M. PIERROT-DESEILLIGNY & P. H. FAURE (2015): UAV linear photogrammetry, *Int. Arch. Photogramm. Remote Sens. Spatial Inf. Sci.*, XL-3/W3, 327-333, doi:10.5194/isprsarchives-XL-3-W3-327-2015



Kontakt:

Dr. Michael Cramer

Universität Stuttgart

Institut für Photogrammetrie (ifp)

Geschwister-Scholl-Str. 24D

70174 Stuttgart

Tel.: 0711/ 685 4118

E-Mail:

michael.cramer@ifp.uni-stuttgart.de

1987-1993

Studium Vermessungswesen (Diplom) an der
Universität Stuttgart

2000

Dissertation: Genauigkeitsuntersuchungen zur
GPS/Inertial-Datenintegration in der Aerophoto-
grammetrie

1993-1996

Wissenschaftlicher Mitarbeiter im Sonderfor-
schungsbereich Hochgenaue Navigation an der
Universität Stuttgart

seit 1996

Wissenschaftlicher Assistent am Institut für Photo-
grammetrie (ifp), Universität Stuttgart, zuletzt als
Akademischer Oberrat

Projektbearbeitung (u. a.):

2004-2007: EuroSDR-Projekt: Network Digital
Camera Calibration

2007-2010: DGPF-Projekt: Evaluierung digitaler
Luftbildkameras

2006-2010: EuroSDR-Projekt: EuroDAC² – Eu-
ropean Digital Camera Calibration
and Certification

Bildbasierte Berechnung von Punktwolken und True Orthophotos

Konrad Wenzel

1 Einleitung

Digitale Oberflächen- und Geländemodelle sind eine Datengrundlage für verschiedene Aufgaben in der Gewässerkunde. Die Erfassung solcher Modelle erfolgt heute insbesondere luftgestützt entweder über Laserscanning oder Photogrammetrie. Im Bereich der Photogrammetrie hat insbesondere die Entwicklung von Methoden zur Dichten Bildzuordnung eine neue Qualität hinsichtlich Datendichte und Zuverlässigkeit ermöglicht. So kann vollautomatisch für jedes erfasste Pixel ein 3D Punkt ermittelt werden. Neben der geometrischen Information wird auch die radiometrische Information erhalten. Damit sind Punktwolken und Oberflächenmodelle aus Dichter Bildzuordnung eine wesentliche Datengrundlage für automatische Auswertungen, welche zusätzlich von der hohen Verfügbarkeit von Luftbilddaten hinsichtlich Abdeckung, Auflösung und Befliegungshäufigkeit profitieren.

2 SURE Software

Die SURE Software (ROTHERMEL et al. 2012, WENZEL et al. 2013) stellt ein Verfahren der Dichten Bildzuordnung zur automatischen Berechnung von Punktwolken, Oberflächenmodellen, True Orthophotos und vermaschten Modellen dar. Neben Bilddaten können auch Punktwolken aus Laserscanning hinzugezogen werden. Das Verfahren ist weltweit in Forschung, öffentlichen Institutionen und bei privaten Befliegungsfirmen insbesondere für großflächige Luftbildverarbeitung im Einsatz. In Deutschland wird die Software beispielsweise derzeit von acht Landesvermessungen verwendet. Zu den Anwendern gehören aber auch forstwirtschaftliche Institutionen, staatliche Vermessungsbehörden im Ausland wie die Länder Schweden oder die Türkei, als auch verschiedenste private Firmen im Luftbildsektor weltweit.

Eine wesentliche Herausforderung für die automatische Bestimmung von 3D Information für jedes Pixel ist die Identifikation korrespondierender Pixel in überlappenden Bildern. Durch die hohe Mehrdeutigkeit der Farbinformation sind Verfahren notwendig, um den Suchraum einzuschränken und somit zuverlässig korrespondierende Pixel zu ermitteln. In der SURE Software wird eine Erweiterung des *Semi Global Matching* (SGM) Verfahrens (HIRSCHMÜLLER 2005) eingesetzt, welches sich insbesondere dadurch auszeichnet, dass es das Mehrdeutigkeitsproblem über eine angenäherte globale Optimierung löst und dabei auch Kanten sauber erhält. Die Weiterentwicklung *tSGM*, die an der Universität Stuttgart entwickelt wurde

und in SURE eingesetzt wird, erweitert den SGM Algorithmus unter anderem um einen hierarchischen Ansatz, der es ermöglicht, sehr hochauflösende Bilder mit starken Tiefenvarianzen (beispielsweise auch Oblique Bilder) zu verarbeiten. Rechenzeit und Speicherverbrauch werden zudem minimiert, um eine Produktion von Luftbildern mit praxisnaher Rechenzeit auf handelsüblicher Hardware zu ermöglichen. Die 3D Punktinformation wird in SURE nicht nur aus einzelnen Stereomodellen bestimmt, sondern erfolgt aus der Durchführung eines Strahlenschnitts über mehrere Stereomodelle simultan. Dadurch können Ausreißer eliminiert und das Rauschen verringert werden.

SURE umfasst darüber hinaus Funktionen zur automatischen Rasterisierung und Interpolation von Oberflächenmodellen. Darüber hinaus können True Orthophotos berechnet werden, die insbesondere von der pixelweisen Tiefeninformation und der scharfen Kantenabbildung profitieren und damit eine vollautomatische True Orthophoto-Produktion ohne manuelle Kantenmessung oder Seamline Editierung ermöglichen. Auch vermaschte Dreiecksflächen können produziert werden, die insbesondere davon profitieren, dass die Oberflächentopologie erhalten bleibt und dass die Textur mit voller Auflösung überlagert werden kann – auch wenn die Geometrie beispielsweise auf ebenen Flächen durch wenige Dreiecke komprimiert repräsentiert wird. Die genannten Funktionen können auch in Kombination mit Laserscanning Daten, beispielsweise zur Auffüllung von Beobachtungslücken, eingesetzt werden.

3 Zusammenfassung und Ausblick

Die Dichte Bildzordnung ermöglicht die Berechnung von Punktwolken und Oberflächenmodellen aus überlappenden Bilderverbänden mit einer hohen Dichte von einem Punkt pro Pixel und radiometrischen Informationen. Durch die regelmäßige Luftbildbefliegung in den meisten Ländern entsteht eine hohe Verfügbarkeit und Datenaktualität, die beispielsweise für die Auswertung von Zeitreihen und Veränderung im offenen Terrain, Kataster oder Forstbestand eingesetzt werden. Die SURE Software stellt eine vollautomatische Softwarelösung dar, die ohne Vorkenntnisse auf handelsüblicher Hardware eine Berechnung solcher Oberflächen- daten aus den Luftbildern und deren Orientierungsdaten ermöglicht – unter Erhaltung von geometrischen Details und radiometrischer Informationen für die weitere Auswertung.

Literatur

- HIRSCHMÜLLER, H. (2005): Accurate and efficient stereo processing by semi-global matching and mutual information. In *Computer Vision and Pattern Recognition, 2005. CVPR 2005. IEEE Computer Society Conference on* (Vol. 2, pp. 807-814). IEEE.
- ROTHERMEL, M., K. WENZEL, D. FRITSCH & N. HAALA: (2012): SURE: Photogrammetric surface reconstruction from imagery. In *Proceedings LC3D Workshop, Berlin* (Vol. 8).
- WENZEL, K., M. ROTHERMEL, N. HAALA & D. FRITSCH (2013): SURE–The ifp software for dense image matching. In *Photogrammetric week* (Vol. 13, pp. 59-70).



Jahrgang: 1986

2005-2010
Studium Geodäsie und Geoinformation an der
Universität Stuttgart

2011-2014
Wissenschaftlicher Mitarbeiter am Institut für
Photogrammetrie, Universität Stuttgart

seit 2013
Geschäftsführer und Gründer von nFrames,
(seit 2014 nFrames GmbH)

2016
Promotion an der Universität Stuttgart

Kontakt:

Dr. Konrad Wenzel

nFrames GmbH

Kornbergstr. 36

70176 Stuttgart

Tel.: 0711/ 997 887 52

E-Mail: konrad.wenzel@nframes.com

Inland ENC-Ausrüstungsverpflichtung auf Binnenschiffen

Hans-Uwe Vetterlein

Genaue Seekarten und entsprechende Navigationsausstattungen, wie Kompass, Logge, Lot und Uhr sind Grundvoraussetzungen für eine sichere Navigation.

Nach dem Unglück der TITANIC und der damit zusammenhängenden Tragödie im Jahre 1911 gründete sich 1913 die „International Convention for the Safety of Life at Sea“ – SOLAS (Internationales Übereinkommen zum Schutz des menschlichen Lebens auf See). In seiner fünften Version von 1974 – die derzeit international gültig ist – wurde u. a. festgelegt, dass an Bord von seegängigen Schiffen eine von der jeweiligen Behörde herausgegebene aktuelle Seekarte vorhanden sein muss. Hier sind regelmäßig die Positionen und Kurse der aktuellen Fahrt einzutragen.

Mit der Entwicklung der Informationstechnologie wurde es möglich, die papierne Seekarte durch elektronische Seekarten abzulösen. Das international genormte System dahinter – Electronic Chart Display and Information System (ECDIS) – wurde 1995 von der IMO zugelassen. Jetzt wurde es möglich, Änderungen ebenfalls elektronisch in die aktuelle Version der elektronischen Seekarte zu integrieren.

Auf Binnenschiffen war eine Ausrüstungsverpflichtung mit Kartenwerken nicht gefordert. Die Schiffsführer haben durch entsprechende Patentprüfungen die Streckenkenntnis der zu befahrenden Routen nachgewiesen. Trotzdem gab es zur Unterstützung der Schiffsführung verschiedene Kartenwerke an Bord von Binnenschiffen, u. a. die von der WSV herausgegebene BWK 10.

Mit dem Projekt ARGO aus dem Jahr 2003 verfolgte man in der WSV das Ziel, in ablade-relevanten Engpassstellen dem Schiffsführer auf Binnenschiffen ein Navigationswerkzeug zur Verfügung zu stellen, das ihm ermöglicht, „dreidimensionale“ Informationen für die Navigation zu nutzen. Gemeint ist hier die neben der zweidimensionalen Kartendarstellung die zusätzliche Darstellung von Tiefeninformationen, bezogen auf den aktuellen Wasserstand. Grundlage für dieses Navigationswerkzeug war ECDIS – in diesem Fall erweitert um zusätzliche binnenrelevante Informationen. Im Zuge einer europäischen und später internationalen Standardisierung entstand der Inland ECDIS-Standard, heute in der Version 2.3 in Europa verbindlich.

Inland ECDIS kann im Navigationsmodus oder im Informationsmodus verwendet werden. Der Navigationsmodus bedeutet die Verwendung mit Verkehrsinformationen durch Radar. Durch den Anschluss des Inland AIS-Gerätes an das Inland ECDIS können die Radarinformationen identifiziert werden, das Radarecho eines Schiffes erhält somit einen Namen. Inland ECDIS im Navigationsmodus sind als Radargeräte zertifiziert.

Beim Inland ECDIS im Informationsmodus werden keine Verkehrsinformationen des Radars genutzt, hier liefert das Inland AIS die Verkehrsinformation nur durch das entsprechende AIS-Symbol.

Seit 2003 werden in der WSV auf der Grundlage des jeweils aktuellen Inland ECDIS-Standards elektronische Binnenschiffahrtskarten (Inland ENC) produziert und veröffentlicht. Die für eine Anzeige der Inland ENC erforderlichen Inland ECDIS (Elektronisches Binnenschiffahrtskartendarstellungs- und Informationssystem) basieren auf dem gleichen Inland ECDIS-Standard. Somit ist eine firmenneutrale Gerätewelt entstanden, die an Bord der Binnenschiffe Einzug gehalten hat.

Man unterscheidet Inland ECDIS-Softwareprodukte – diese funktionieren auf handelsüblichen WINDOWS-PC – und Inland ECDIS-Geräte, also integrierte Systemkonfigurationen.

Gemäß der RIS-Richtlinie 2005/44/EG vom 30.09.2005 ist das Inland ECDIS ein „Fahrwasserinformationssystem“. Mit Hilfe der in eine Karte eingetragenen Informationen sowie zusätzlicher Informationen zum Fahrgebiet dient es zur Information des Schiffsführers und zur Unterstützung bei Navigationsentscheidungen.

Bisher hatten Binnenschiffe, die ein Radargerät an Bord nutzen, dieses System zur Beurteilung der Verkehrslage, also zur Unterstützung bei der Navigation, insbesondere bei unsichtigem Wetter.

Mit der seit dem 23.12.2016 auch in der Binnenschiffahrtsstraßenordnung hinterlegten Verpflichtung, auf allen Binnenschiffen (außer Kleinfahrzeugen) ein Inland AIS in Verbindung mit einem Inland ECDIS an Bord zu haben und dieses entsprechend der Vorgaben auch zu nutzen, wurde jedes Binnenschiff mit einem weiteren System zur Beurteilung der Verkehrslage ausgestattet. Nun hat der Schiffsführer die Möglichkeit, auch über den Bereich, der nicht mehr vom Radar abgedeckt wird, Verkehrsinformationen zu erhalten.

Im Zusammenspiel mit dem Binnenschiffahrtfunk ergibt sich für den Schiffsführer eine deutliche Steigerung der Informationsbereitstellung zur Verkehrslage, was sich in einer (hoffentlich) sicheren Navigation niederschlägt.

Das Inland ECDIS ist somit die Schnittstelle der Informationsbereitstellung zwischen Behörde und Schiffsführer, also die Darstellungsebene für River Information Services (Binnenschiffahrtsinformationsdienste) an Bord der Binnenschiffe.

Wichtig ist nur, dass das System immer aktuell und verfügbar ist. Dazu ist eine aktuelle, von der WSV erstellte und herausgegebene Binnenschiffahrtsstraßenkarte (Inland ENC) erforderlich. **Diese wurde hiermit zur Ausrüstungsverpflichtung auf Binnenschiffen.**

Was beinhalten die elektronischen Binnenschiffahrtskarten (Inland ENC)?

Als Mindestinhalte müssen laut Inland ECDIS-Standard folgende Informationen in der Karte enthalten sein:

- > Uferlinie (bei Mittelwasser)
- > Uferbauwerke (z. B. Buhnen, Leitwerke, Parallelwerke – alle Einrichtungen, die als Gefahr für die Schifffahrt angesehen werden)
- > Umrisse der Schleusen und Wehre
- > Fahrrinnengrenzen (falls vorhanden)
- > isolierte Gefahrenstellen in der Fahrrinne unter Wasser

- > isolierte Gefahrenstellen in der Fahrrinne über Wasser
(z. B. Brücken, Freileitungen ...)
- > offizielle Schifffahrtszeichen (z. B. Tonnen, Baken, Lichtzeichen, Tafelzeichen ...)
- > Wasserstraßenachse mit Kilometer- und Hektometerangaben

Die Kartenstellen der WSV haben auf Grundlage vorhandener Datenbestandswerke, z. B. DBWK2 oder Grafikpool und mittels entsprechender Softwaretools Inland ENC produziert. Diese entsprechen dem Inland ECDIS-Standard 2.3. Alle Bundeswasserstraßen der Netzkategorie A, B und teilweise C sind abgedeckt.

In allen Inland ENC sind die o. a. Mindestinhalte an Informationen enthalten. Zusätzlich sind Informationen in der Inland ENC hinterlegt, die von den Kartenstellen als erforderlich gehalten wurden. Hier sind z. B. Brückenbilder und Schleusenbetriebszeiten, die als jpg oder XML-Daten den Inland ENC beigegeben werden und in der Inland ENC als Attributinformation zu den entsprechenden Objekten hinterlegt sind. So lassen sich diese Informationen in einem Inland ECDIS an der dem Fahrtverlauf entsprechenden Stelle darstellen.

Ebenfalls haben einige Kartenstellen die ausgewählten Objekte mit dem RIS-Index versehen, der es ermöglicht, Fahrwasserinformationen (z. B. Nachrichten für die Binnenschifffahrt) mit den entsprechenden Objekten in der Inland ENC zu verknüpfen und auf einem Inland ECDIS darzustellen.

Wie kommt man nun zu aktuellen Inland ENC?

Ein entsprechend aktueller Stand an Inland ENC ist bereits vorhanden. Produziert werden Inland ENC immer als neue Edition. Dazu werden die erforderlichen Änderungen in den Bestandswerken vorgenommen und anschließend wird aus dem Bestandswerk eine Inland ENC produziert. Die ältesten Inland ENC sind vom März 2015. Die meisten Inland ENC sind aus 2016.

Mit den Kartenstellen wurde vereinbart, dass immer zum Ende eines Quartals neue Inland ENC beim Dezernat Verkehrstechnik Binnen (VTB) vorgelegt werden können, die anschließend von VTB zum Beginn eines neuen Quartals herausgegeben, also im Internet unter www.elwis.de zum kostenfreien Download eingestellt werden. Über ELWIS-Abo werden die „Kunden“ anschließend informiert.

Mit dieser Art der Fortführung ist eine Aktualität der elektronischen Binnenschifffahrtskarten nur sehr schwer möglich.

Was kann man tun?

Unter Berücksichtigung, dass sich geographische und bauliche Objekte nur selten ändern, scheinen die meisten Änderungspotenziale bei der Lage der Fahrrinnengrenzen und der Schifffahrtszeichen zu liegen.

Diese Aussage wird auch dadurch unterstützt, wenn man die „Bekanntmachungen für Seefahrer“ (BfS) auswertet, die wöchentlich erscheinen. Ein wesentlich großer Anteil beschreibt Veränderungen in der Seebetonnung und der Lage des Fahrwassers.

In der maritimen Welt müssen diese Änderungen laufend in der Seekarte berichtet werden. Unterstützt wird das Ganze im ECDIS durch entsprechende inkrementelle Updates der elektronischen Seekarte (ENC). Somit kann die amtliche Seekarte immer aktuell gehalten werden.

Im Binnenbereich könnte man sich folgende Fortführungsszenarien vorstellen:

Das bisherige Verfahren des „Kartenmeldedienstes“ und die Änderung der Kartenbestandswerke könnten beibehalten, sollten aber im Rahmen der qualitätsgesicherten Herstellung angepasst werden. Somit kann man Inland ENC als neue Edition alle zwei bis drei Jahre herausgeben. Denkbar wäre ggf. auch ein fünfjähriger Zyklus.

Kurzfristige Änderungen könnten über inkrementelle Updates an die Nutzer verteilt werden. Das bedeutet, dass man die Änderung in der Inland ENC als Update erzeugt, welches dann Bestandteil der Edition wird. Diese Updates sind nur wenige kB groß und beschreiben nur die Änderung, also „löschen Objekt xy“ oder „einfügen Objekt zx“. Diese Updates müssen immer in der festgelegten Reihenfolge eingespielt werden, um Folgefehler zu vermeiden.

Beispiel: Änderung von Schifffahrtszeichen:

Für Änderungen an festen und schwimmenden Schifffahrtszeichen kann man die neuerstellte Schifffahrtszeichen Datenbank (SZ-DB) nutzen. Mit dieser SZ-DB werden alle Schifffahrtszeichen im Binnenbereich verwaltet, also bei Neuanlegen eines Schifffahrtszeichens wird dieses in die SZ-DB aufgenommen, bei Änderungen werden diese in der SZ-DB nachgeführt. Die SZ-DB ist das Bestandswerk für alle Schifffahrtszeichen auf und an deutschen Binnenschifffahrtsstraßen. Die Bereitstellung der Informationen zu den Schifffahrtszeichen erfolgt aktuell, also unmittelbar nach der Neuerstellung/Änderung durch die verantwortlichen Mitarbeiter in den ABz oder WSÄ. Es muss sichergestellt sein, dass die Angaben einer Qualitätskontrolle unterliegen. Positionsangaben werden mit qualitativ hochwertigen Messverfahren ermittelt, die Mitarbeiter werden geschult. Wichtig ist, dass die SZ-DB „lebt“.

Da die SZ-DB eine standardisierte „ECDIS-Schnittstelle“ hat, besteht die Möglichkeit, inkrementelle Updates der betreffenden Inland ENC zu produzieren.

Die Herstellung inkrementeller Updates ist auch für andere, kleine Änderungen, z. B. „verschwenken“ der Fahrrinne, einfügen oder löschen von Anlegestellen o. ä. möglich.

Die inkrementellen Updates werden im Internet (www.elwis.de) kostenfrei zur Verfügung gestellt. Mit dem ELWIS-Abo könnten die Nutzer entsprechend informiert werden. Darüber hinaus ist ein Dienst angedacht (z. B. ein RSS-Feed), der per Software abgefragt werden kann, und einen automatisierten Download neuer IENC-Editionen und/oder IENC-Updates ermöglicht.

Der Download der inkrementiellen Updates ist auch dort möglich, wo das Mobilfunknetz nur eine eingeschränkte Datenübertragungsgeschwindigkeit zur Verfügung stellt, da die einzelnen Updates nur wenige kB groß sind.

Da mittlerweile viele Inland ECDIS-Geräte und Software-Anbieter ein Online-Wartungs- und Supportverfahren anbieten, wäre auch dieser Vertriebsweg der Updates möglich.

Blick in die Zukunft:

Seit 2016 ist ein Gesprächskreis entstanden, in dem sich die Kolleginnen und Kollegen aus der Abteilung Schifffahrt, Verkehrstechnik Binnen eingeschlossen, und die zuständigen Kolleginnen und Kollegen des Kartenwesens treffen. Ziel ist es, ein Herstellungsverfahren für Inland ENC zu ermöglichen, um aktuelle und vor allem einheitliche Inland ENC zu produzieren, die zusätzlich zu den Mindestinhalten mit relevanten nautischen Informationen versehen sind.

Grundvoraussetzung ist, dass der Herstellungsprozess der Inland ENC neu überdacht wird. Dabei muss die Möglichkeit der Bereitstellung inkrementeller Updates für Änderungen möglich sein. Denkbar wäre, das bereits beim BSH eingeführte Herstellungsverfahren auf Basis der Markensoftware der Fa. CARIS zu nutzen.

Nur so ist gewährleistet, dass **aktuelle** Inland ENC an Bord der Binnenschiffe genutzt werden können und die Schiffsführer bei ihrer Navigationsentscheidung unterstützt werden.

Eine sichere und leichte Schifffahrt muss unser Ziel sein, um Havarien und Störungen auf den Binnenwasserstraßen zu vermeiden oder zumindest auf das absolute Minimum zu beschränken.



Kontakt:

Dipl.-Ing. (FH) Hans-Uwe Vetterlein

Generaldirektion Wasserstraßen und
Schifffahrt, Standort Mainz

Brucknerstraße 2

55127 Mainz

Tel. 06131/ 979 474

E-Mail:

hans-uwe.vetterlein@wsv.bund.de

Hans-Uwe Vetterlein studierte von 1976 bis 1980 Elektrotechnik/Automatisierungstechnik.

Nach mehreren Jahren als Projektierungsingenieur und Teamleiter wechselte er 1992 zur WSV und war anfangs im SNEM-Dezernat der ehemaligen WSD Südwest tätig.

Seit 1999 wurde er in der Projektgruppe, später Fachgruppe Telematik für die Themen Inland ECDIS und Inland AIS zuständig.

Seit 2010 ist er Mitarbeiter im Dezernat Verkehrstechnik Binnen.

Derzeit ist er Projektleiter für den Aufbau des AIS-Dienst Binnen. Der AIS-Dienst Binnen umfasst in der ersten Ausbaustufe 103 AIS-Landstationen an allen Binnenwasserstraßen der Netzkategorie A und B, fünf regionale Zentralen sowie eine zentrale Bereitstellungskomponente. Derzeit wird die zweite Ausbaustufe umgesetzt, mit weiteren 35 AIS-Landstationen an der Elbe, dem Neckar und dem DEK.

Aufbau eines Schilfkatasters am Main-Donau-Kanal (MDK)

Stefan Trach

1 Einleitung

Der ca. 170 km lange Main-Donau-Kanal (MDK) besitzt nicht in allen Teilen eine natürliche Dichtung. Auf einer Länge von ca. 70 km verteilt über die Gesamtstrecke (von Bamberg bis Kelheim) des MDK wurden künstliche Dichtungssysteme (Asphalt, Hydraton) verwendet. Seit der Errichtung des Kanals wurden die Uferbereiche in unterschiedlich ausgeprägter Intensität unterhalten. Infolgedessen haben sich an verschiedenen Stellen vereinzelt Schilfflächen gebildet. Wo der MDK als Dammstrecke geführt wird, können solche Schilfflächen durch Durchwurzelung der Dichtungsschicht erhebliches Schadenspotenzial entwickeln. Die Beseitigung dieser Schäden ist zeit-, personal- und kostenintensiv.

2 Ausgangslage und Wahl der Messverfahren

Im Bereich der Haltung Kriegenbrunn, MDK-km 62,90 Ost, wurde 2012 eine ausgedehnte Nassstelle an der luftseitigen Böschung lokalisiert. Nach Abgleich der möglichen Ursachen wurde eine durch Schilfbewuchs geschädigte Asphaltabdichtung ermittelt. Nach Durchführung einer Instandsetzung im Frühjahr 2014 wurde ein entsprechender Abschlussbericht erstellt. Im Fazit des Abschlussberichts der Projektgruppe Dammnachsorge zu dieser Maßnahme vom 16.11.2015 wurde festgestellt, dass „...an ausgedehnten Bereichen des MDK Schilfaufwuchs festzustellen ist und von ähnlichen Durchwurzelungsschäden ausgegangen werden kann...“ (BÖLDICKE 2015).

Mit diesem Ergebnis aus dem Abschlussbericht sollte nun eine Übersicht der betroffenen Haltungen des Main-Donau-Kanals erstellt werden, um einen möglichen Instandsetzungsaufwand abschätzen zu können. Dazu wurden die betroffenen Haltungen aufgelistet und anhand der Bestandsunterlagen als betroffene Dichtungsstrecken (Tabelle 1) am MDK identifiziert.

Die betroffenen Abschnitte waren dabei beidseitig zu erfassen. Die von der Projektgruppe vorgegebenen Genauigkeitsanforderungen (Lagegenauigkeit 1 m) ließen unterschiedliche Vermessungsarten zu.

Tabelle 1: Dichtungsstrecken am MDK

Art der Dichtung	von MDK-km	bis MDK-km	Strecke [km]
Asphalt	33,1	38,7	5,6
Asphalt	41,2	57,5	16,3
Asphalt	60,0	65,4	5,4
Asphalt	69,3	69,5	0,2
Asphalt	73,0	83,0	10,0
Asphalt	84,5	90,1	5,6
Asphalt	95,1	98,4	3,3
Asphalt	99,2	100,3	1,1
Asphalt	104,0	108,5	4,5
Asphalt	112,5	115,5	3,0
Asphalt	119,0	120,2	1,2
Asphalt	122,0	122,3	0,3
Asphalt	134,5	135,0	0,5
Asphalt	150,0	150,6	0,6
Asphalt	164,7	166,1	1,4
		Summe	59,0

2.1 Terrestrische Vermessung mit GPS

Die Schwierigkeit lag hier nicht in der Vermessung selbst, sondern zum einen an der großen Menge an Messdaten. Zudem war die Identifizierung der einzelnen Schilfpflanzen als solche nicht immer einfach.

Als Ergebnis lagen nunmehr die einzelnen Schilffelder jeweils auf dem Ost- bzw. Westufer haltungsweise als Linienelemente im Microstationformat vor.

2.2 Auswertung von Luftbildaufnahmen (Orthophotos)

Eine an das BKG Ende Juni 2016 gestellte Anfrage, ob und wie vom BKG vergleichbare Ergebnisse mit Methoden der Fernerkundung erzielt werden können, ergab einen interessanten Alternativansatz zur klassischen Vermessung.

2.3 Auswertung eines UAV-gestützten Bildflugs durch die FGS

Zusätzlich wurde an die Fachstelle für Geoinformation Süd (FGS) die Frage nach einer weiteren Messmethodenvariante gestellt. Im Fokus dieser Anfrage stand, den Bildflug mittels Messdrohne durchführen zu lassen. Wegen der zu hohen Kosten (>10.000 €) wurde dieser Vorschlag nicht weiter verfolgt.

3 Zusammenfassung und Ausblick

Auf der Suche nach einer kohärenten Messmethode, bei der ein vegetationsbegünstigter und zusammenhängender Zeitpunkt gewährleistet wird, um für einen genau bestimmbaren MDK-Abschnitt in einer Größenordnung von ca. 60 km einen Überblick des gesamten Schilfauf-

kommens (eine Art „Schilfkataster“) in gedichteten Haltungen des MDK zu generieren, wurden verschiedene Vorgehensweisen betrachtet. Beim WSA Nürnberg wurde als klassische Methode die topographische Bestandsaufnahme mittels vorhandenem GPS verwendet. Von Seiten des BKG wurde eine gezielte Luftbilddauswertung durchgeführt.

Dabei wurden allerdings einige Aspekte nicht oder nur teilweise berücksichtigt:

- > Keine einheitliche Befliegung des MDK während eines Vegetationszyklus.
- > Die Befliegung findet in der Regel nicht in dem Zeitraum statt, in dem das Maximum des Pflanzenwachstums liegt, sondern eher im Frühjahr oder Herbst.
- > Aus den Befliegungs- bzw. Messdaten können keine Aussagen zu Wuchshöhen getroffen werden.

Ein weiterer Punkt wäre dabei, die phänologische Entwicklung dieser Pflanzenbestände so abzubilden, dass dadurch aussagekräftige Modelle über unterschiedliche Epochen hinweg entstehen, um eine mit der Zeit zunehmende Durchwurzelung der Dichtung nachzuweisen bzw. kritische Schadensmomente a priori abzuschätzen.

Literatur

- BÖLDICKE, J. (2015): Dichtungssanierung am Main-Donau-Kanal bei Kriegenbrunn, Abschlussbericht der Projektgruppe Dammnachsorge des WSA Nürnberg
- DIN-Taschenbuch 111 (2013): DIN 18710:2010-09 Ingenieurvermessung
- BAUER, M. (2003): Vermessung und Ortung mit Satelliten (5., neu bearbeitete und erweiterte Auflage)



Jahrgang: 1969

1995-2000

Studium Vermessungswesen an der
Fachhochschule München

seit 2000

Beschäftigter beim WSA Nürnberg im Bereich
Liegenschaften, Vermessungs-, Peil- und Karten-
wesen

Kontakt:

Dipl.-Ing. (FH) Stefan Trach

WSA Nürnberg

Marientorgraben 1

90402 Nürnberg

Tel.: 0911/ 200 0341

E-Mail: stefan.trach@wsv.bund.de

Moderne Methoden zur Einmessung von Vermessungsschiffen

Thore Oliver Overath

1 Einleitung

Moderne hydrographische Messsysteme verfügen über eine Vielzahl unterschiedlichster Sensoren. Um das Genauigkeitspotenzial dieser Sensoren nutzen zu können, müssen ihre Lage und Orientierung in einem Koordinatensystem bestimmt werden.

Dieser Umstand hat die BfG im Jahre 2014 dazu veranlasst, die Arbeitsanweisung [AA102] für die Bestimmung der Installationsparameter zu überarbeiten. Die im „Leitfaden für die Einmessung von hydrographischen Messsystemen auf Vermessungsschiffen“ aufgezeigten Mess- und Auswertestrategien stehen im Vordergrund des Vortrags.

2 Einmessung von Vermessungsschiffen

Die im o. a. Leitfaden beschriebenen Mess- und Berechnungsverfahren wurden bei der Einmessung der Vermessungsschiffe „Hildegard von Bingen“, „Mercator“ und „Visurgis“ erstmalig erprobt und ab 2012 praktiziert.

Neben den verschiedenen Einbaupositionen müssen u. a. auch die Einbauwinkel der Fächerlottransducer, der Inertialen Messeinheiten (IMU), sowie die Heading-Nullablage des Kursgebers bestimmt werden. Im Zuge der o. a. Einmessungen wurden verschiedene Geräte und Auswertestrategien verfolgt, die einerseits den hohen Genauigkeitsanforderungen Rechnung tragen sollten und andererseits eine durchgängige Fehlerbetrachtung ermöglichen.

Am Anfang erfolgten die Einmessungen mit herkömmlichen hochgenauen Tachymetern unter Verwendung verschiedener „Einmesshilfen“, um dann ab 2014 durch eine Kombination von Lasertracker, hochgenauem Tachymeter und verschiedenen Neigungssensoren abgelöst zu werden.

Der Einsatz von unterschiedlichen geodätischen Messsystemen erforderte eine durchgängige Fehlerbetrachtung mit Hilfe verschiedener Verfahren der Ausgleichsrechnung. Neben traditionellen 3D-Netzausgleichungen kommen auch die Bündelblockausgleichung, sowie verschiedene Formfitting Tools zum Einsatz.

Im Vortrag soll aufgezeigt werden, wie die Genauigkeitsbetrachtungen unter Verwendung der Kovarianzmatrix in die Bestimmung der Installationsparameter einfließen und welche Instrumente und Programme Verwendung finden. Es soll dem interessierten Praktiker aufzeigen,

welche Probleme bei der Bestimmung der Orientierungsparameter bestehen und welche Informationen für die unterschiedlichen Sensoren und Softwareprodukte Verwendung finden. In einem kurzen Abriss soll dargelegt werden, dass die Berechnung der Orientierungsparameter nicht immer eindeutig ist und verschiedenen Konventionen, wie z. B. einer bestimmten Eulersequenz oder einer bestimmten Matrix genügen muss.

Neben der Einmessung der Sensorik sollen auch die Notwendigkeiten der Justage und der Stabilität von Trägersystemen näher beleuchtet werden. Qualifiziert ausgerichtete und montierte Systeme, wie z. B. große Fächerecholotsysteme bei seegängigen Schiffen, oder IMU in Bezug auf die Vorwärtsrichtung vermeiden Fehler im nachfolgenden Formelhaushalt der verwendeten Hard- und Softwaresysteme.

Es soll weiterhin aufgezeigt werden, wie eine unabhängige Verifizierung und Kontrolle der berechneten Parameter durch Datenaufzeichnung und redundante Messmethoden durchgeführt werden können.

3 Zusammenfassung und Ausblick

In der täglichen Praxis wird der Einmessung und Kalibrierung von Vermessungsschiffen nur bedingt Rechnung getragen. Neben den gängigen Feldverfahren im Betrieb, sind qualitativ hochwertige geodätische Einmessungen ein kostengünstiges und objektives Verfahren, um die Systeme zu kalibrieren. Ein durchgängiges Qualitätsmanagement führt schon heute im Zuge von Ausschreibungen dazu, dass nicht nur der Preis, sondern auch die Kompetenz und Qualität der verwendeten Systeme Berücksichtigung finden.

Literatur

- BRÜGGEMANN, T. (2014): Leitfaden für die Einmessung von hydrographischen Messsystemen auf Vermessungsschiffen. Bundesanstalt für Gewässerkunde, Bericht BfG-1822, Koblenz.
- BRÜGGEMANN, T. (2015): Prüfen der Stabilität von Transducerhalterungen auf Messschiffen. Bundesanstalt für Gewässerkunde, Bericht BfG-1844, Koblenz.
- LÖSLER, M. (2012): Ausgleichsprogramme – Gegenwärtige Konzepte im Vergleich. In: Neitzel, F. (Hrsg.): tech12 - Aktuelle Trends der Messdatenauswertung in Kataster- und Ingenieurvermessung, 19./20. April, Berlin, Deutschland.



1985-1987

Ausbildung zum Vermessungstechniker beim Katasteramt Rendsburg

1992-1996

Studium der Geodäsie an der Technischen Universität in Berlin

1997-1999

Referendariat beim Landesvermessungsamt Schleswig-Holstein / 2. Staatsexamen

seit 2001

Öffentlich bestellter Vermessungsingenieur

Projektbearbeitung:

Durchführung von verschiedenen Industrievermessungen im Bereich der maritimen Wirtschaft.

Schwerpunkte im Bereich Laserscanning, Lasertracking und Kalibrierung von Sensorsystemen.

Kontakt:

Dipl.-Ing. Thore Oliver Overath

Overath & Sand

Öffentlich bestellter Verm.-Ing.

Arsenalstraße 9

24768 Rendsburg

Tel.: 04331/ 338 44-0

E-Mail:

overath@vermessung-overath.de

www.overath-sand.de

Optimierte Positions- und Lagebestimmung für die Tiefenmessung mit HydrOs

Volker Schwieger, Thomas Artz, Annette Scheider, Aiham Hassan, Thomas Brüggemann, Marc Breitenfeld und Harry Wirth

1 Projekteinführung

Für die Gewässervermessung sind sowohl die Tiefenmessung mittels Echolot als auch die Trajektorienbestimmung und damit die Position und Lage des Echolots im Raum von Bedeutung. Im Rahmen der Kooperation HydrOs (Integriertes hydrographisches Ortungssystem) zwischen der BfG und dem Institut für Ingenieurgeodäsie der Universität Stuttgart (IIGS) wurde ein prototypisches, integriertes hydrographisches Ortungssystem konzipiert, entwickelt und evaluiert. Das Projekt wurde dabei von 2012 bis 2016 von beiden Institutionen gemeinsam bearbeitet; zurzeit werden am IIGS im Rahmen einer Promotion weitere Forschungen vorangetrieben.

2 Integriertes hydrographisches Ortungssystem

Das entwickelte Multisensorsystem enthält zurzeit die folgenden Sensoren und zusätzlichen Informationen:

- > Integrierte IMU/GNSS-Einheit
- > bis zu 2 zusätzliche GNSS-Empfänger
- > Schraubendrehzahl des Schiffsantriebs
- > Wasserstands- und Squatmodell

Außerdem wurden folgende Sensoren im Prototyp implementiert, die jedoch zum jetzigen Zeitpunkt noch keine oder nur eine geringe Verbesserung der Ergebnisse des Systems liefern:

- > Kamera
- > DGPS-Empfänger
- > Doppler-Velocity-Log (Geschwindigkeit über Grund und Fließgeschwindigkeit)
- > Stellung der Schiffsschrauben
- > Windmesser

Die Positions- und Lageschätzung gelingt mit Hilfe eines „Erweiterten Kalman Filters“, der unterschiedliche 3D-Prädiktionsmodelle für das Vermessungsschiff umfasst. Dabei können ein kinematisches oder ein dynamisches Modell, das unter anderem die Schraubendrehzahl

und deren Stellung als Einflusskräfte berücksichtigt, gewählt werden. Die wechselnde Dynamik der Schiffsfahrt kann durch adaptive Anpassung des Störrauschens berücksichtigt werden. Die Ausreißerelimination kann alternativ stochastisch oder in robuster Form realisiert werden. Weiterhin wurde eine empirische Squat-Funktion (vertikales Absinken des Vermessungsschiffs) ermittelt, welche die Integration von Wasserspiegellagenmodellen erlaubt. Dadurch wird eine stabilere Schätzung der Höhenkomponente erzielt, was insbesondere in GNSS-Abschattungsbereichen von großer Bedeutung ist. Auch ein photogrammetrisches Messsystem ist unabhängig von GNSS-Abschattungen und kann prinzipiell in diesen Gebieten Positionsinformationen zur Verfügung stellen.

3 Ergebnisse

Die für dieses Projekt gestellte Anforderung, 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 erfüllt werden. Es zeigt sich außerdem, dass das realisierte und implementierte System (ohne photogrammetrische Komponente) eine Auswertung in Echtzeit ermöglicht. Die Qualität der Lösung entspricht generell der Postprocessing-Lösung.

Mit HydrOs wird unter der Voraussetzung, dass die GNSS-Lücken kleiner als 60 Sekunden sind, die Verfügbarkeit auf 100 % gesteigert. Die Kombination von GNSS-Höhenmessungen mit Hubwerten und Wasserspiegellagenmodellen steigert die Höhenmessgenauigkeit in Lücken deutlich gegenüber der Genauigkeit, die mit marktüblichen Systemen (z. B. 0,8 m Abweichung nach einer Minute) erreicht wird (Abb. 1). Mit HydrOs kann zudem die aktuelle Wasserspiegellage mit einer Unsicherheit von ca. 1-2 cm fixiert werden.

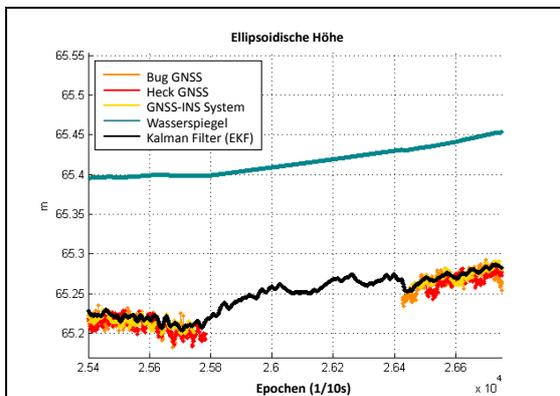


Abb. 1: Höhenganglinie mit Wasserspiegellage (FLYS) in einer GNSS-Ortungslücke (64 s)

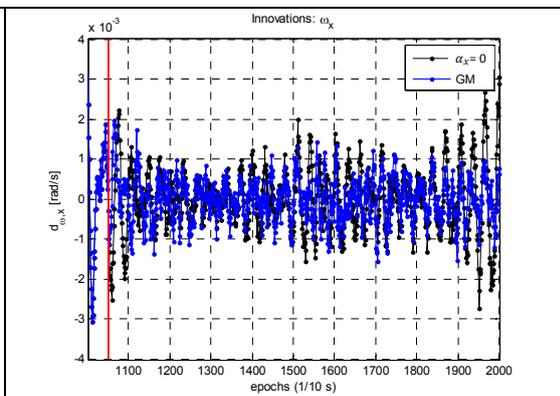


Abb. 2: Rollrate: Differenzen zwischen Messwerten und prädierten Werten (Innovationen); ohne (schwarz) und mit Modellierung der Beschleunigungen (blau)

Die Qualität der photogrammetrischen Komponente hängt stark von den Umgebungsbedingungen und insbesondere der Aufnahmekonfiguration ab. Liegt eine GNSS-Ortungslücke mit einer Länge von ca. 60 s vor, beträgt die Lageabweichung der mithilfe der photogrammetrischen Lösung bestimmten Trajektorie zu einer Solltrajektorie maximal 28,1 cm, für die Höhenkomponente maximal 7,3 cm.

Die Vertikalgeschwindigkeit sowie die Roll- und die Pitchrate sind von wellen- und motor-induzierten periodischen Effekten überlagert. Genaue Kenntnisse über die auftretenden Frequenzen können mithilfe der Kurzzeit-Fourier-Transformation (STFT) oder der kontinuierlichen Wavelet-Transformation gewonnen werden. Durch die Integration dieser Informationen kann die Prädiktion innerhalb des EKF's und damit in der Folge auch die Schätzung des Zustandsvektors verbessert werden (Abb. 2).

Literatur

- BREITENFELD, M., H. WIRTH, T. BRÜGGEMANN, A. SCHEIDER, V. SCHWIEGER: (2015): Entwicklung von Echtzeit- und Postprocessingverfahren zur Verbesserung der bisherigen Ortung mit Global Navigation Satellite Systems (GNSS) durch Kombination mit weiteren Sensoren sowie hydrologischen Daten. Projektabschlussbericht HydrOs BfG-1856, Bundesanstalt für Gewässerkunde, Institut für Ingenieurgeodäsie der Universität Stuttgart.
- SCHEIDER, A., A. HASSAN, V. SCHWIEGER, M. BREITENFELD, T. BRÜGGEMANN: (2016): Erweiterte Echtzeit- und Postprocessing-Verfahren zur Optimierung der GNSS-Ortung in Abschattungsbereichen an BWaStr. Projektabschlussbericht HydrOs II BfG-1892, Bundesanstalt für Gewässerkunde, Institut für Ingenieurgeodäsie der Universität Stuttgart.



Kontakt:

Prof. Dr.-Ing. Volker Schwieger

Universität Stuttgart

Institut für Ingenieurgeodäsie

Geschwister-Scholl-Str. 24D

70174 Stuttgart

Tel.: 0711/ 685 84040

E-Mail:

volker.schwieger@ingeo.uni-stuttgart.de

1983-1989

Studium der Geodäsie an der Universität Hannover

1991-2000

Wissenschaftlicher Mitarbeiter am Geodätischen
Institut der Universität Hannover

1998

Dr.-Ing am Geodätischen Institut der Universität
Hannover

2000-2001

Wissenschaftlicher Mitarbeiter beim GeoFor-
schungsZentrum Potsdam, Abt. 1.2 in Oberpfaffen-
hofen

2002-2010

Wissenschaftlicher Mitarbeiter am Institut für An-
wendungen der Geodäsie im Bauwesen an der Uni-
versität Stuttgart

2004

Habilitation am Institut für Anwendungen der Geo-
däsie im Bauwesen an der Universität Stuttgart

seit 2010

Professur für Ingenieurgeodäsie und Geodätische
Messtechnik, Direktor des Instituts für Ingenieur-
geodäsie der Universität Stuttgart

Sicherstellung der Schiffbarkeit in verschlickten Ästuargebieten

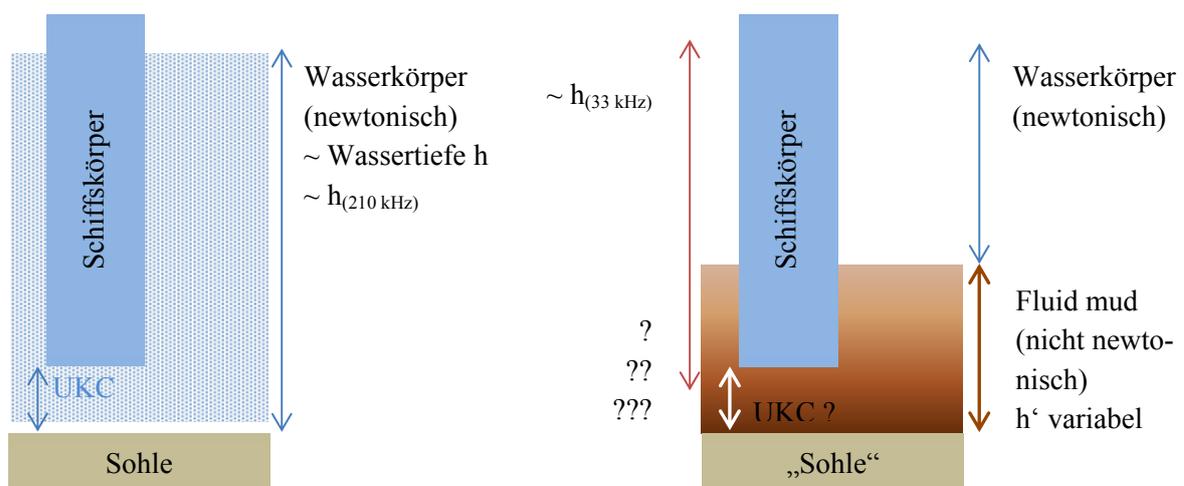
Martin Krebs

Die in Papenburg ansässige Meyer-Werft fertigt die technisch anspruchsvollsten Kreuzfahrtschiffe für Reedereien weltweit. Die Passage von der Werft zur See ist nur durch umfangreiche Unterhaltungsarbeiten, vor allem in der Unterems, zu gewährleisten und hat im Laufe der Anpassungen zu großen ökologischen und auch gewässerphysikalischen Veränderungen geführt. Die gegenwärtigen hydro-morphologischen Bedingungen sorgen je nach Tidezeitpunkt und Jahreszeit (Oberwasser) für hohe Schwebstoffkonzentrationen bis zu mehreren hundert Gramm je Liter. Dies macht die Erfassung der Wassertiefe schwierig, teilweise unmöglich, da sich durch den weichen Untergrund und den kontinuierlichen Übergang von Wasser zu Boden eine Wassertiefe nicht angeben lässt. Diese Situation liefert im Weiteren auch die Legitimation vor jeder Überführung eines mehrere hundert Millionen Euro teuren Ozeanriesen auf 7 km Fließstrecke eine sogenannte Balkenfahrt durchzuführen, also zusätzlich zum Echolot noch weiteres, direktes Überprüfen der notwendigen Wassertiefe. Nur so viel wie unbedingt notwendig zu baggern, ist ökologisch zwingend, besitzt aber auch einen monetären Aspekt. 10 cm Tiefengewinn haben einen Gegenwert von etwa 10^6 €. Das Emssperrwerk bei Gandersum kann für die Passage genutzt werden. Der Grundsatz „Stauen vor Baggern“ ist technisch schnell nachvollziehbar, unterliegt aber ökologischen Grenzen.

Das Revier kann aus nautischer Sicht als anspruchsvoll bezeichnet werden, da es ästuar-typisch entsprechende Gradienten in Topographie (Bathymetrie), Salzgehalt, Sediment, Strömung, aber auch anthropogener Nutzung aufweist. Die Schwierigkeiten liegen vor allem in der für die Unterems extremen Trübung (Schwebstoffgehalt), einer großen Asymmetrie in der Tide (Unterschied zwischen Flut- und Ebbedauer) sowie in den damit verbundenen Unterschieden hinsichtlich der Wassertiefen und Strömungsgeschwindigkeiten. In der Unterems liegen die maximalen Steiggeschwindigkeiten des Wasserstandes nach der Flutkenterung bei bis zu 60 cm/min, teilweise tritt auf den letzten Kilometern tidebeeinflusster Strecke eine Bore auf. Ebenfalls als typisch zu bezeichnen ist der durch die extremen Schwebstoffgehalte vorhandene Flüssigschlick, der sich deutlich von den physikalischen Eigenschaften von Wasser unterscheidet. Die Flüssigschlickdynamik ist Gegenstand aktueller Forschung (z. B. KFKI) und muss verstanden werden, um nachhaltige Maßnahmen zur Verbesserung des ökologischen Zustandes der Tideems zu finden bzw. umzusetzen. Die Situation der (zu) hohen Schwebstoffgehalte ist an der Ems seit langem ein Thema, welches lange vor allem in Form von Baggerkosten oder der Frage nach der Unterbringung verstanden wurde. Durch Wasser-rahmenrichtlinie, FFH oder MSRL haben naturschutzfachliche Aspekte den höchsten Stellenwert.

Was für die Wasserstraßen zutrifft, gilt im Zusammenhang mit hohen Schwebstoffen für die gezeitenbeeinflussten Häfen an der Ems in gleicher Weise. Die Interaktion zwischen Schiffskörper und schwebstoffhaltigem Wasser / Sohle determiniert eine wie auch immer geartete Beeinträchtigung der Schiffbarkeit. Suspendierte Schwebstoffe im Wasser können bspw. zum Problem für das Kühlsystem eines Schiffes werden. Ohne Antrieb wiederum ist ein Schiff nicht steuerbar. Ein Schiff in Fahrt durch ein Revier mit Flüssigschlick reagiert auf diesen fahrdynamisch anders als bei einer Fahrt durch Wasser. Der Begriff Fahrwassertiefe muss in einem verschlickten Revier wie dem Emsästuar durch nautische Tiefe ersetzt werden. Diese ist definiert als diejenige Tiefe, in der die physikalischen Größen eine Grenze erreichen, über die hinaus ein Schiffskörper entweder Schäden erleidet oder nicht mehr sicher navigiert werden kann. Dies bedeutet, dass es für ein Schiff unterschiedliche nautische Tiefen geben kann, da die Schiffsgeschwindigkeit maßgeblichen Einfluss auf die Interaktion Schiff - Fluid mud besitzt. Wie im Beitrag gezeigt wird, ist die Dicke der Flüssigschlickschicht eine maßgebliche Größe.

Die Erfassung der nautischen Tiefe der Bundeswasserstraße Ems ist ein sich stetig weiterentwickelnder Prozess und praktisch eine Funktion von operationellen Größen (Fläche, Sedimentvariabilität, Verfügbarkeit von Peil- und Auswerteressourcen). Für die Schlickstrecke von der Knock bis nach Herbrum wird dies im WSA Emden durch den Einsatz eines 33 kHz Lotes umgesetzt. Die für sandige Sohle verwendete Schallfrequenz von 210 kHz bewirkt bei Anwesenheit von Flüssigschlick lediglich die Erfassung der sogenannte Lutokline, der obersten Schicht des Fluid mud. Direkte Verfahren zur Erfassung der undrainierten Scherfestigkeit oder auch der Dichte sind relativ aufwändig, wurden aber in der Vergangenheit immer wieder vergleichend getestet und im Beitrag dargestellt. Die Verfahren werden in der Regel gemeinsam mit dem Hafentreiber NPorts untersucht, da dieser durch eine andere Art der Fahrwasserunterhaltung (Rezirkulationsverfahren), ein anderes Monitoring der nautischen Tiefe, zusätzliche Fachkompetenz besitzt. Das Auffinden besserer Methoden zur Erfassung der nautischen Sohle zur Aufrechterhaltung der Sicherheit und Leichtigkeit der Schifffahrt wird jährlich im Kreise von Experten der Nordseeanrainer diskutiert und weiterverfolgt.



Literatur

- DELFORTRIE, G., M. VANTORRE (2016): Ship Manoeuvring Behaviour In Muddy Navigation Areas: State Of The Art, 4th Mashcon Conference Proceedings, Bundesanstalt für Wasserbau, ISBN 978-3-939230-38-0, DOI: 10.18451/978-3-939230-38-0_8
- DRUYTS, M., P. BRABERS (2016): The Definition Of The Nautical Bottom In Muddy Navigational Areas, 4th Mashcon Conference Proceedings, Bundesanstalt für Wasserbau, ISBN 978-3-939230-38-0, DOI: 10.18451/978-3-939230-38-0_4
- KAMPHUIS, J., J. VERWILLIGEN, R. MEINSMA (2013): Fluid Mud And Determining Nautical Depth – A Case Study, Hydro International, Jan/Feb 2013
- WINTERWERP, J. C., J. VROOM, W. ZHENG BING, M. KREBS, E. HENDRIKS, D. S. VAN MAREN, K. SCHROTTKE, C. BORGSMÜLLER, A. SCHÖL (2017): SPM Response To Tide And River Flow In The Hyper-turbid Ems River, Ocean Dynamics, DOI 10.1007/s10236-017-1043-6
- WURPTS, R. (2003): Bestimmung der Nautischen Sohle durch Anwendung rheologischer Parameter – 15 Jahre Erfahrung mit fluid mud, Hansa International Maritime Journal, Volume 140, 10, pp. 74-79



Kontakt:

Dr.-Ing. Martin Krebs

Wasserstraßen- und Schifffahrtsamt
Emden

Am Eisenbahndock 3
26721 Emden

Tel.: 04921/ 80 23 22

E-Mail:

johann-martin.krebs@wsv.bund.de

1993-1998

Studium Bauingenieurwesen an der Technischen
Universität Darmstadt (TUD)

1998-2003

Wissenschaftlicher Mitarbeiter am Institut für
Wasserbau und Wasserwirtschaft der TUD

seit 2003

Angestellter im Wasser- und Schifffahrtsamt
(WSA) Emden, Neubau, Gewässerkunde

seit 2005

Leiter der Gewässerkunde im WSA Emden

Lehrtätigkeiten

2009-2012

Lehrbeauftragter für Hydraulik an der
Hochschule Bremen

Seit 2014

Lehrbeauftragter für Küstenwasserbau an der
Technischen Universität Darmstadt

Möglichkeiten der Vermessung in hydroakustisch schwierigen Gebieten

Robert Weiß

1 Einleitung

Eine wesentliche Grundlage zur Sicherstellung der Leichtigkeit und Sicherheit der Schifffahrt sind belastbare hydrographische Vermessungen. Üblicherweise erfolgt die Erfassung des Gewässerbetts mithilfe von hydroakustischen Messverfahren, wobei zur flächenhaften Vermessung innerhalb der Wasserstraßen- und Schifffahrtsverwaltung des Bundes (WSV) im Allgemeinen Fächerlote zum Einsatz kommen. Ergänzend kommen auch Mehrfachschwinger- und Einzelschwingersysteme zum Einsatz, die z. T. mit unterschiedlichen Frequenzen arbeiten. In der Vergangenheit traten in bestimmten Bereichen verschiedener Bundeswasserstraßen vermehrt Schwierigkeiten bei der Ausführung und Auswertung von Tiefenmessungen auf. Das Spektrum der Schwierigkeiten reicht dabei von einer Einschränkung der Fächerlottechnik bis hin zu einem kompletten Versagen der Fächerlottechnik und widersprüchlichen Angaben von Einzelschwingersystemen. Problematische Bereiche sind insbesondere Bereiche mit stark variierenden Wasserschallgeschwindigkeiten und mit feinen Weichsedimenten am Gewässerboden.

2 Messung in hydroakustisch schwierigen Gebieten

2.1 Grundlagen

Die hydroakustische Messtechnik basiert im Wesentlichen auf Laufzeitmessungen von Schallimpulsen (Pings) durch das Wasser. Voraussetzung hierfür sind Reflektionen der Schallimpulse an „akustischen Sprungschichten“ bzw. Schichten mit einer starken Änderung der akustischen Impedanz. Neben der Dichte und der Schallgeschwindigkeit spielt insbesondere die Schallfrequenz eine wesentliche Rolle. Das Eindringungsvermögen variiert mit der Schallfrequenz, weshalb in Abhängigkeit der Schallfrequenz unterschiedliche „Bodenhorizonte“ erfasst werden. Im Gegensatz zu Einzelschwinger- oder Mehrfachschwingersystemen erfassen Fächerlote zu jedem Ping eine Reihe von Tiefenmesswerten in Abhängigkeit von dem Winkel gegenüber dem Nadir des Fächerlotschwingers (Beamwinkel). Die messtechnischen Grundlagen sind dabei um ein Vielfaches komplexer, weshalb mehr Einflussfaktoren zu berücksichtigen sind.

2.2 Einfluss der Wasserschallgeschwindigkeit

Stark variierende Wasserschallgeschwindigkeiten innerhalb der Wassersäule führen zu unzureichenden Wasserschallkorrekturen. Insbesondere Schichtungen im Wasser führen zu großen Abweichungen im Bereich der äußeren Beamwinkel. In den Randbereichen der Fächer werden diese an beiden Seiten mehr oder weniger „aufgebogen“. Um den Auswirkungen der Wasserschallproblematik Rechnung zu tragen, werden regelmäßige Wasserschallprofile erfasst. Exemplarisch sind in Abb. 1 links unterschiedliche Wasserschallprofile vom 15.10.2015/Elbe Blatt 03 dargestellt. Im rechten Bereich der Abb. 1 sind die resultierenden Differenzen dargestellt, die bei einer fehlenden Aktualisierung der Wasserschallprofile entstehen würden.

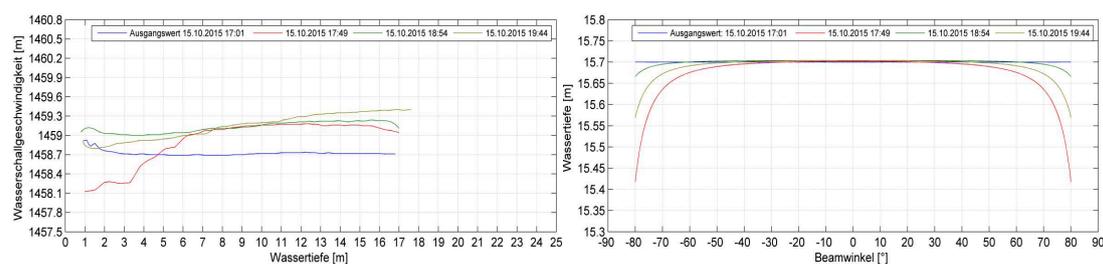


Abb. 1: Wasserschallprofile an der Tide-Elbe (Blatt 03) im Oktober 2015 (links) und daraus resultierender Höhenfehler (rechts)

2.3 Filterung auf Basis weiterführender Parameter

Während der Datenerfassung bzw. eigentlichen Messungen berechnet das Fächerlotsystem Koordinaten des Gewässerbodens. Moderne hydrographische Messsysteme generieren weiterführende Informationen und geben diese an die Auswertesoftware weiter. Diese beinhalten neben Unsicherheitsangaben auch Aussagen zur Qualität und Signalstärke der Messwerte (Quality und Intensity).

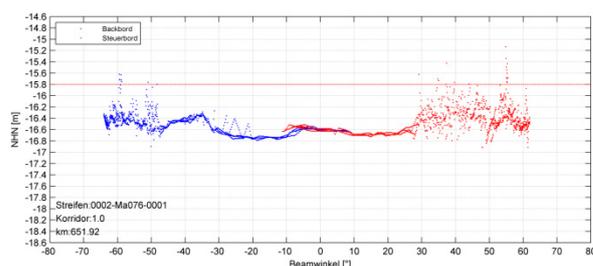


Abb. 2: Streuung der Messwerte im Bereich von Weichsedimenten

In Gebieten mit Weichsedimenten kommt es häufig zu einer starken Streuung der Messwerte. Dabei treten insbesondere in den Randbereichen der Fächer sehr starke Variationen auf (Abb. 2). Bei einer herkömmlichen Auswertung erfolgt die Plausibilisierung auf Grundlage der Messpunktkoordinaten und statistischer Methoden. Eine erfolgreiche Plausibilisierung setzt dabei voraus, dass an der realen Gewässersohle eine statistische Häufung der Messpunkte vorhanden ist. Im Fall der in Abb. 2 dargestellten Messwerte ist dies in bestimmten Bereichen nicht der Fall.

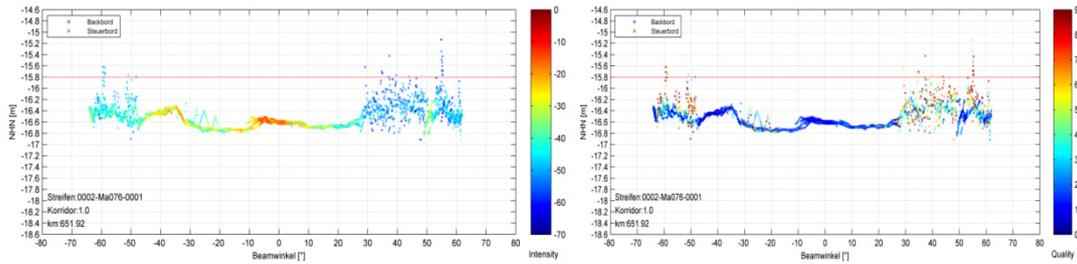


Abb. 3: Farbcodierte Darstellung der Signalintensität und Quality der Messwerte

Werden neben der reinen Geometrie von Messwerten auch die Signalstärke und Qualität der Messwerte betrachtet, lassen sich Fehlmessungen einfacher eliminieren. Im linken Bereich der Abb. 3 sind farbcodiert die Intensitätsinformationen dargestellt. Die Abbildung zeigt, dass stark streuende Beobachtungen im Allgemeinen sehr schwach sind bzw. eine geringe Intensität aufweisen (blau). Ähnlich verhält es sich mit den Quality Werten. Diese beschreiben eine vom Echolot geschätzte Qualität der Einzelmessungen. Je geringer die Werte sind, umso hochwertiger sind die eigentlichen Messungen. Aus dem rechten Bereich der Abb. 3 geht hervor, dass stark streuende Messwerte im Allgemeinen auch schlechte (und damit hohe) Quality Werte aufweisen (rot). Diese Parameter können zur Filterung eingesetzt werden. So erlaubt die innerhalb der WSV weit verbreitete Software QPS QINCY eine Filterung der eingehenden Messwerte in Bezug auf Qualitäts- und Intensitätsinformationen. Während der Messung können somit stark gedämpfte und qualitativ minderwertige Messungen eliminiert werden.

Liegen in bestimmten Bereichen nur Messungen vor, die den Anforderungen in Bezug auf die Qualität und Intensität nicht genügen, wird dies den Operatoren an Bord der Messschiffe visuell dargestellt bzw. in den betroffenen Bereichen werden keine Daten erfasst. Diese Information erlaubt es der Schiffsbesatzung, den betroffenen Bereich unter einem anderen Beamwinkel (möglichst im Zentralbereich) erneut zu vermessen, um so Datenlücken und fehlerhafte Messungen zu vermeiden.

3 Sedimentecholotung

Neben den herkömmlichen Mehrschwinger-, Einzelschwinger- und Fächerlotsystemen existieren weiterhin parametrische Sedimentecholote. Diese generieren aus zwei Primärfrequenzen (z. B. 95 kHz und 105 kHz) eine durch Interferenz gebildete Sekundärfrequenz von wenigen kHz (z. B. 10 kHz). Das so entstehende Signal ist in der Lage, die obersten Schichten des Gewässerbodens zu durchdringen und ein Profil des Gewässerbodens zu erstellen. Entsprechende Systeme werden daher auch als „Subbottom Profiler“ bezeichnet.

Mit diesen Systemen können bestimmte hydroakustische „Sperrschichten“ durchdrungen werden. So treten im Bereich der Schleusen am Nord-Ostsee-Kanal in Brunsbüttel häufig Sedimentschichtungen im Wasser auf, wobei diese auch durch niederfrequente Signale häufig nicht durchdrungen werden. Infolgedessen kann der im Schatten dieser Schichten liegende Gewässerboden nicht erfasst werden. Exemplarisch ist in Abb. 4 ein Profil im Bereich Brunsbüttel dargestellt. Die Aufnahme des Subbottom Profilers stammt aus einer Messung im

März 2017 und zeigt zwei deutliche Horizonte bei ~12 m und 13,6 m unterhalb der Wasseroberfläche. Im rechten Bereich der Abbildung ist ein an dieser Stelle gemessenes Dichteprofil dargestellt. Dies zeigt bei etwa 12 m Wassertiefe einen Dichtesprung von 1000 g/l auf etwa 1120 g/l. Bis auf eine Tiefe von 13,6 m verdichtete sich das Material langsam auf eine Dichte von bis zu 1260 g/l. Dazu korrespondierend zeigt sich der entsprechende Horizont im linken Bereich der Abbildung.

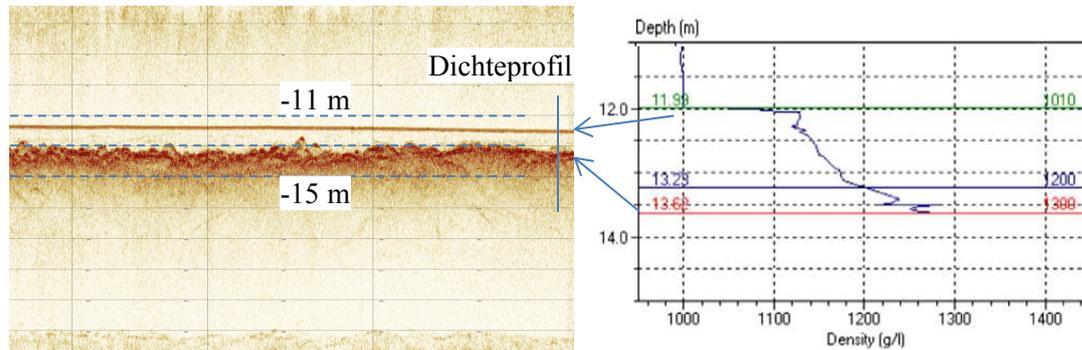


Abb. 4: Subbottom Profiler Aufnahme im Bereich Brunsbüttel (links) mit Dichteprofil (rechts)

4 Zusammenfassung und Ausblick

In bestimmten Bereichen der Bundeswasserstraßen stoßen herkömmliche hydroakustische Messsysteme an die Grenzen ihrer Möglichkeiten. Die Fächerlottechnik erlaubt eine flächenhafte Vermessung des Gewässerbodens, wobei aber physikalische Grenzen zu beachten sind. So nehmen die Auswirkungen der Wasserschallgeschwindigkeit mit zunehmenden Beamwinkel sehr stark zu. Dies führt dazu, dass bei größeren Abweichungen zwischen den angenommenen und tatsächlichen Wasserschallgeschwindigkeiten insbesondere bei größeren Beamwinkeln erhebliche Lage- und Höhenunsicherheiten auftreten. Neben der Wasserschallproblematik treten in Gebieten mit Weichsedimenten bzw. in hydroakustisch schwierigen Gebieten sehr häufig Fehlmessungen auf. Diese führen dazu, dass insbesondere bei größeren Beamwinkeln die Messungen sehr stark streuen und eine sichere Detektion des Gewässerbodens nicht mehr möglich ist. Moderne Fächerlote geben neben den Koordinaten auch weitere Parameter wie etwa Unsicherheits-, Qualitäts- und Intensitätsinformationen weiter. Auf Basis dieser Informationen sind Filterungen möglich, mit deren Hilfe unzuverlässige Messungen bereits während der Datenerfassung eliminiert werden können. Dies kann dazu führen, dass unter Umständen in bestimmten Bereichen gar keine Daten mehr erfasst werden. Die Besatzung kann solche Fälle erkennen und den betroffenen Ort unter einem anderen (möglichst zentralen) Beamwinkel erneut erfassen.

In bestimmten Bereichen überlagern sich unterschiedliche Sedimentschichtungen, wobei herkömmliche hydroakustische Messsysteme unter Umständen nur die oberste Schicht messen. Um ein komplettes Bodenprofil zu erfassen, sind Sedimentecholote bzw. so genannte Subbottom Profiler nötig. Diese Systeme dringen einige Meter in den Boden ein und erlauben die Erfassung der Sedimentschichtungen. In Verbindung mit Dichteprofilen ist es möglich, den so erfassten Horizonten auch Dichteinformationen zuzuordnen und Aussagen zur nautischen Sohle zu treffen.



Kontakt:

Dr.-Ing. Robert Weiß

Bundesanstalt für Gewässerkunde

Am Mainzer Tor 1

56068 Koblenz

Tel.: 0261/ 1306 5289

E-Mail: weiss@bafg.de

Jahrgang: 1978

1997-2003

Studium der Geodäsie an der Technischen Universität Dresden

2003-2005

Referendariat in der Hessischen Verwaltung für Bodenmanagement und Geoinformation

seit 2005

Wissenschaftlicher Angestellter der Bundesanstalt für Gewässerkunde

2005-2013:

Mitarbeit im Aufgabenbereich Geodätische Referenzsysteme, Geokinematik.

Schwerpunkte: Satellitenaltimetrie

Pegelmessungen

GNSS

seit 2013:

Mitarbeit im Aufgabenbereich Gewässervermessung

Schwerpunkte: Laserbathymetrie

Messungen in hydroakustisch

schwierigen Gebieten

Unsicherheitsbetrachtungen

2012

Promotion zum Dr.-Ing. an der Technischen Universität Darmstadt

PAUSS-H (Hydrographie): Die zukünftige hydrographische Auswertesoftware der WSV

Thomas Brüggemann, Werner Stich und
Jürgen Theiner



1 Einleitung

Die Wasserstraßen- und Schifffahrtsverwaltung (WSV) hat als Hauptaufgaben, den Verkehrsweg Wasserstraße zu sichern sowie die Sicherheit und Leichtigkeit des Schiffsverkehrs zu gewährleisten. Dazu leistet die Gewässervermessung (Hydrographie) einen wesentlichen Beitrag in Form von georeferenzierten Daten und aufbereiteten nutzerorientierten Produkten u. a. über den Zustand der Gewässersohle, der Wassertiefen und der Wasseroberfläche.

Um die Produkte der Gewässervermessung wirtschaftlich, entsprechend dem Stand der Technik und zukunftsorientiert bereitstellen zu können, bedarf es einer neuen hydrographischen Softwarelösung. Mit der Realisierung wurde eine durch die Generaldirektion Wasserstraßen und Schifffahrt (GDWS) neu eingerichtete Projektgruppe PAUSS-H (PeildatenAUSwerteSoftware - Hydrographie) beauftragt.

Parallel zur hydrographischen Softwarelösung wird eine entsprechend neue bautechnische Softwarelösung benötigt. Hierzu wurde seitens der GDWS die Projektgruppe PAUSS-B (Bautechnik) eingerichtet.

2 Projektbeauftragung

Anfang 2016 hat die WSV-Projektgruppe PAUSS-H (s. Abb. 1) die Arbeit aufgenommen. Die Leitung des Projektes obliegt einem Mitarbeiter der Bundesanstalt für Gewässerkunde (BfG). Die fachliche Realisierung erfolgt durch weitere BfG-Mitarbeiter/innen, die Leiter der Gewässervermessung der Wasserstraßen- und Schifffahrtsämter (WSA) Bingen und Cuxhaven, zwei WSV-Fachbetreuern/innen (voraussichtlich ab Herbst 2017) und dem Informationstechnikzentrum Bund (ITZBund). Mit der Projektbeauftragung wurden die in Abb. 2 dargestellten Projektphasen festgelegt.

Da im Projekt noch nicht alle benötigten WSV-Personalressourcen verfügbar sind und das ITZBund zurzeit konsolidiert wird, muss zum jetzigen Zeitpunkt ein verzögerter Projektabschluss einkalkuliert werden. Eine Aktualisierung der Projektablaufplanung erfolgt mit der Vorlage des zurzeit in der Bearbeitung befindlichen Maßnahmenplans.

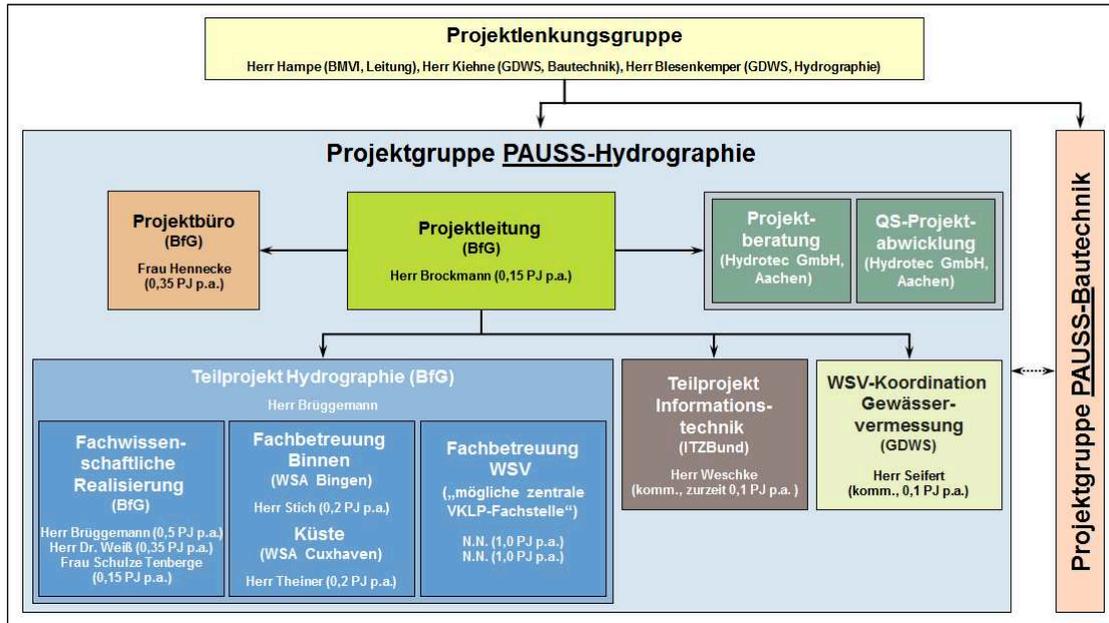


Abb. 1: Projektorganisation



Abb. 2: Projektphasen und derzeitige Zeitplanung

3 Sachstand

Die Projektphase 1 „Marktumschau“ konnte termingerecht abgeschlossen werden. Ziel der Marktumschau war es festzustellen, ob grundsätzlich marktgängige Software für die Realisierung der verschiedenen Module verfügbar ist. Als Vorbereitung wurde anhand des Workflows der Gewässer- vermessung ein Grobkonzept möglicher potenziell erforderlicher Module erstellt. Bei der Marktumschau wurde festgestellt, dass grundsätzlich Marktsoftware für einzelne Module zur Verfügung stehen, jedoch umfangreiche Softwareanpassungen erforderlich sind. Viele Prozessabläufe in einer möglichen Marktsoftware müssen angepasst werden, um den heutigen WSV-Standard ohne Personalmehrbedarf zu halten und weiterzuentwickeln. Hierfür wird ein höherer Zeit- und Kostenaufwand erwartet. Für einzelne Module steht keine Marktsoftware zur Verfügung. Hierfür sind Softwareentwicklungsaufträge erforderlich. Diese Ergebnisse wurden von der Projektlenkungsgruppe bestätigt.

Gleichzeitig erfolgte eine Abstimmung mit der Projektgruppe PAUSS-B, welche Module ausschließlich in PAUSS-H bzw. PAUSS-B und welche in beiden Systemen zu realisieren sind. Hierbei wurde einvernehmlich festgelegt, dass alle Module bis zum Erzeugen der hydrographischen Datenprodukte gemäß der in der WSV angewendeten Standards (aQua), z. B. das Erzeugen von plausibilisierten Koordinaten und von Modellen, ausschließlich in PAUSS-H realisiert werden. PAUSS-H wird ebenfalls die Bearbeitung von topographischen Geländedaten, z. B. erfasst mittels Airborne Laserscanner, ermöglichen.

Mit Beginn der laufenden Projektphase 2 wird gemäß dem V-Modell XT der Maßnahmenplan erstellt. Zur Maßnahmenplanerstellung i. S. einer IT-Hauptuntersuchung gehören u. a. die:

- > Systemkonzeption (s. Abb. 3)
- > Fachkonzeption mit den zu realisierenden Modulen (s. Abb. 4), Produktbibliotheken und Prozessen
- > IT-Wirtschaftlichkeitsbetrachtung (WiBe, Version 2)

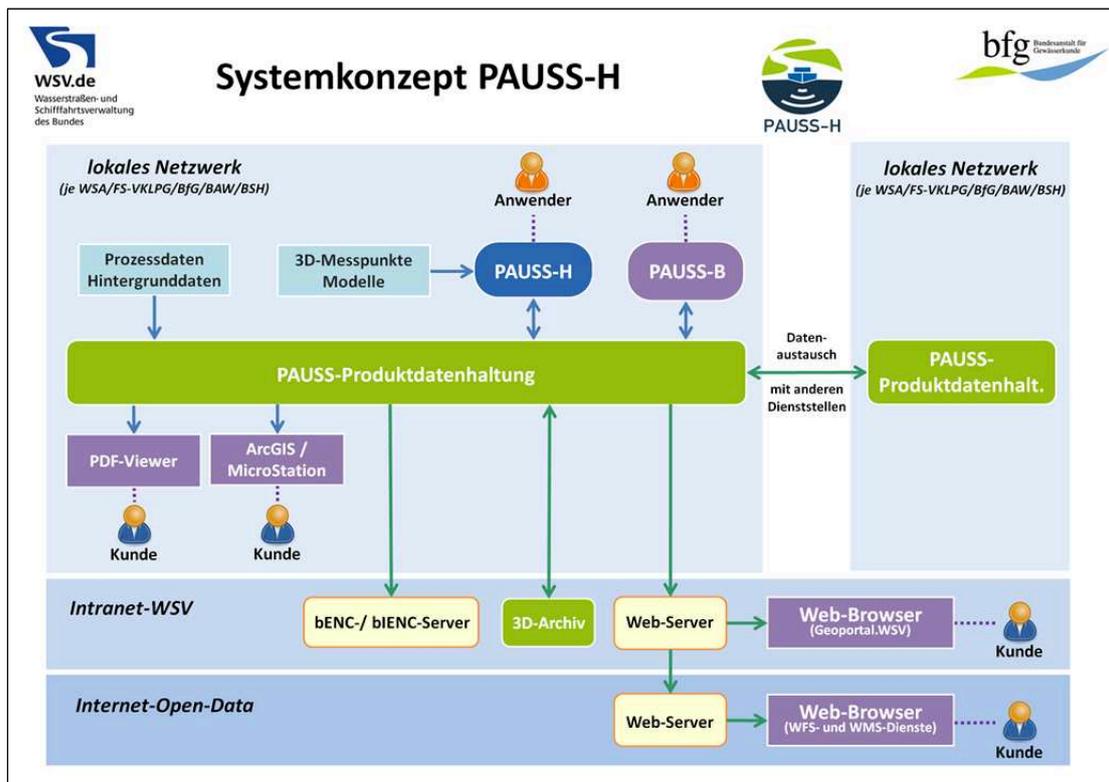


Abb. 3: Systemkonzept PAUSS-H

Mit dem Maßnahmenplan wird die Projektgruppe die Vorschläge zur weiteren Realisierung vorlegen, welche durch die Projektlenkungsgruppe und die GDWS als Auftraggeber in der Projektphase 3 „Realisierungsbeauftragung“ zu bestätigen sind.

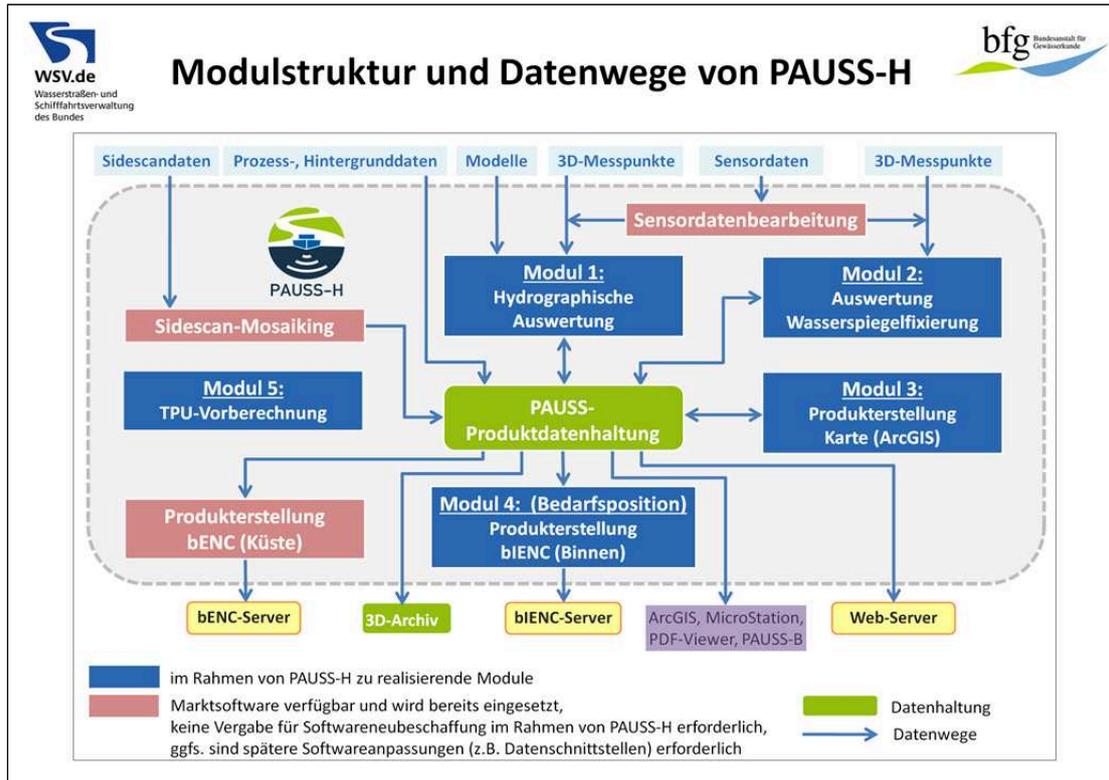


Abb. 4: Module und Datenwege von PAUSS-H



Kontakt:
Dipl.-Ing. (FH) Thomas Brüggemann
Bundesanstalt für Gewässerkunde
Am Mainzer Tor 1
56068 Koblenz
Tel.: 0261/ 1306 5228
E-Mail: brueggemann@bafg.de

1989-1992
Studium Vermessungsingenieurwesen an der Fachhochschule Bochum

seit 1992
Vermessungstechnischer Angestellter der Bundesanstalt für Gewässerkunde

Projektbearbeitung:

Beratung der Dienststellen der Wasserstraßen- und Schifffahrtsverwaltung bei der Inbetriebnahme und Ausstattung hydrographischer Messschiffe

Mitarbeit bei der Entwicklung und Erprobung hydrographischer Mess- und Auswerteverfahren sowie Vermessungssysteme

Mitarbeit in der Arbeitsgruppe PAUSS und seit 2017 Teilprojektleiter im Projekt PAUSS-H für den fachtechnischen Anteil Hydrographie



Kontakt:
Dipl.-Ing. (FH) Werner Stich
Wasserstraßen- und Schifffahrtsamt
Bingen
Vorstadt 74-76
55411 Bingen
Tel.: 06721/ 306 336
E-Mail: werner.stich@wsv.bund.de

1983-1986
Ausbildung zum Vermessungstechniker

1987-1991
Studium des Vermessungswesens an der Fachhochschule Mainz mit Abschluss Dipl.-Ing. (FH)

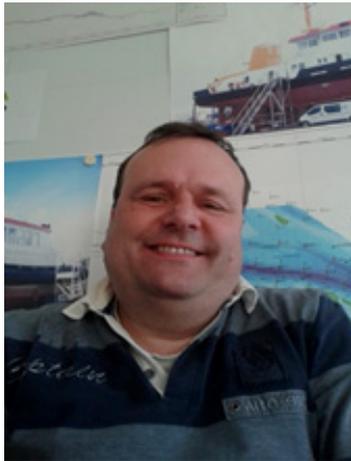
1991-1994
Angestellter im Ing.-Büro Mehrfeld in Mainz
- Ingenieurvermessung im Hoch- und Tiefbau
- Urkundsvermessung

seit 1994
Tarifbeschäftigter beim Wasserstraßen- und Schifffahrtsamt Bingen

- bis 2011 für Gewässervermessung und Liegenschaften

- seit 2012 als Leiter der Gewässervermessung

- seit 2005 Mitglied in der Projektgruppe PAUSS



Kontakt

Dipl.-Ing. Jürgen Theiner

Wasserstraßen- und Schifffahrtsamt
Cuxhaven

Am Alten Hafen 2

27472 Cuxhaven

Tel.: 04721/ 567 260

E-Mail: juergen.theiner@wsv.bund.de

1985-1988

Studium Vermessungswesen an der Fachhochschule
Hamburg

1989-1991

Studium Hydrographie an Fachhochschule und
Universität Hamburg

1991

Vermessungstechnischer Angestellter des damaligen
Neubauamtes für den Ausbau des Mittelland-
kanals Hannover

1992-1993

Gewässerkundlicher Angestellter des damaligen
Amtes für Land- und Wasserwirtschaft in Husum

seit 1993

Vermessungstechnischer Angestellter des Was-
ser(straßen)- und Schifffahrtsamtes Cuxhaven

Sachbearbeitung als Leiter der Gewässervermes-
sung

Mitarbeit in der Projektgruppe PAUSS

PAUSS-B (Bautechnik): Realisierung eines IT-Systems zur bautechnischen Auswertung hydrographischer Daten

Thomas Brudy-Zippelius und Bernhard Kuchmann

1 Einleitung

Mit Erlass des Bundesministerium für Verkehr und digitale Infrastruktur WS 12/5252.7/2 vom 28.07.2015 wurde die Bundesanstalt für Wasserbau (BAW) beauftragt, den bautechnischen Teil von PAUSS (**PeilAUS**werteSoftware) zu realisieren. Der nachfolgende Beitrag stellt die Inhalte und Ziele sowie den gegenwärtigen Stand des Projekts vor.

2 Ziele des IT-Vorhabens

Mit PAUSS-B wird der Wasserstraßen- und Schifffahrtsverwaltung des Bundes (WSV) ein einheitliches IT-Verfahren zur Auswertung, dezentralen Archivierung und Weiterverarbeitung von Daten der Gewässervermessung zur Verfügung gestellt. Diese Aufgabe ist der WSV im Rahmen der Unterhaltungspflicht gemäß §8 WaStrG übertragen. PAUSS-B soll das bisher in der WSV als Standardwerkzeug eingesetzte TIMPAN ablösen und hier speziell die Funktionalität zur bautechnischen Bearbeitung und kurz- bzw. mittelfristigen Archivierung der Daten bereitstellen.

PAUSS-B ist als ergänzendes System zu dem ebenfalls in der Entwicklung befindlichen IT-Verfahren PAUSS-H zu sehen, das den hydrographischen Teil der Peildatenauswertung übernehmen wird. Die so aufbereiteten Daten werden dann über Schnittstellen zur weiteren Bearbeitung an PAUSS-B übergeben.

3 Funktionsumfang

Die gesamte Prozesskette bei der Bearbeitung hydrographischer Daten führt von der Messwertaufnahme über die Plausibilisierung und Modellbildung, die Auswertung für bautechnische Zwecke unter Einbindung von Bestandsdaten bis zur Produkterstellung und Archivierung. In diesem Workflow kommt PAUSS-B die Rolle zu, die hydrographisch plausibilisierten Messdaten bzw. Modelle zu übernehmen, sie mit den notwendigen Sach- und Bestandsdaten zu koppeln und eine Vielzahl von Methoden für die weitere Bearbeitung zur Verfügung zu stellen. Dazu gehört die Mengenermittlung nach verschiedensten Verfahren, die Erzeu-

gung von Sollgeometrien, die Generierung spezieller Bauzeichnungen, wasserbauliche Berechnungen und vieles mehr. Um diese Aufgaben zu erfüllen, ist eine leistungsfähige Datenerhaltung und eine performante Visualisierung von großen Datenmengen unbedingte Voraussetzung.

4 Projektorganisation

Die Federführung in diesem Projekt liegt bei der BAW. Sie wird bei dieser Aufgabe von einer Projektgruppe mit Mitgliedern aus der WSV und dem ITZBund unterstützt. Als übergeordnetes Gremium dient eine Lenkungsgruppe mit Mitgliedern aus dem BMVI und der GDWS, die insbesondere für die Koordination zwischen den Einzelvorhaben PAUSS-H und PAUSS-B sorgt.

Die Projektgruppe hat zusammen mit der BAW die Projektdokumentation und die Ausschreibungsunterlagen erstellt und anschließend das europaweite Vergabeverfahren begleitet. Als Ergebnis des Verfahrens konnte im Februar 2017 das Unternehmen EBP Deutschland GmbH aus Berlin als Auftragnehmer gewonnen werden. Diese Firma verfügt über fundierte Kenntnisse in der Entwicklung leistungsfähiger IT-Systeme im technischen Bereich, speziell in Bezug auf die performante Verarbeitung von Massendaten, hier zum Beispiel als langjähriger Dienstleister für den DWD.

5 Gegenwärtiger Projektstand

Die Projektgruppe hat mit dem Auftragnehmer Workshops durchgeführt, um ihn sowohl mit der Funktionalität der Altsysteme vertraut zu machen, als auch fachliche Fragen zur Leistungsbeschreibung und zur Gestaltung der Bedienoberfläche zu klären. Gegenwärtig wird das Feinkonzept erstellt, auf dessen Basis dann ab Anfang Juni 2017 die Implementierung der Software begonnen wird. Ziel ist es, bis August 2018 die gesamte Funktionalität fertigzustellen. Im Anschluss an die folgende Testphase und die Ersts Schulungen, die Bestandteil des Auftrags sind, soll die Abnahme des Gesamtsystems bis Ende Februar 2019 abgeschlossen sein. Die Überführung in den Wirkbetrieb der WSV ist für Mitte 2019 geplant.



Kontakt:

Dr.-Ing. Thomas Brudy-Zippelius

Bundesanstalt für Wasserbau
Kußmaulstraße 17
76187 Karlsruhe
Tel.: 0721/ 9726 3580
E-Mail:
thomas.brudy-zippelius@baw.de

Bernhard Kuchmann

Bundesanstalt für Wasserbau
Kußmaulstraße 17
76187 Karlsruhe
Tel.: 0721/ 9726 4085
E-Mail:
bernhard.kuchmann@baw.de

Bis 1996

Studium Bauingenieurwesen an der Universität
Karlsruhe (TH)

1997-2003

Wissenschaftlicher Angestellter der Universität
Karlsruhe (TH), Institut für Wasserwirtschaft und
Kulturtechnik

2003

Promotion „Wassermengenbewirtschaftung kom-
plexer Flusseinzugsgebiete: Simulation und Echt-
zeitbetrieb“, Fakultät für Bauingenieur-, Geo- und
Umweltwissenschaften, Universität Karlsruhe (TH)

2003-2012

Wissenschaftlicher Mitarbeiter der Bundesanstalt
für Wasserbau im Referat W1 „Flusssysteme I“

2012 - heute

Leitung des Referats W5 „Numerische Verfahren
im Wasserbau“ der Bundesanstalt für Wasserbau

Bis 1981

Studium Geologie an der TU München, Diplom

1981-1983

Tätigkeit bei einem deutschen Baukonzern als Bau-
leiter im Mittleren Osten und Afrika

1984-1986

Aufbaustudium Informatik

1986-1990

Softwareentwickler bei einem Ingenieurbüro mit
Schwerpunkt Messdatenverarbeitung und Prozess-
leittechnik

1990-1995

Product Manager für Systeme zur Testautomation
bei einem international tätigen, mittelständischen
Unternehmen

1995 - heute

Bundesanstalt für Wasserbau (Karlsruhe und
Ilmenau), verantwortlich für die Themengebiete IT
im Peilwesen und Baggerei. IT-Systeme TIMPAN,
3D-Datenarchiv, PAUSS, MoNa

Building Information Modeling – Neue Möglichkeiten für den Betrieb und die Unterhaltung von Verkehrsbauwerken

Jörg Blankenbach und Ralf Becker

1 Einleitung

Building Information Modeling (BIM) beschreibt eine neuartige Methode des digitalen Planens und Bauens. Das Ziel von BIM ist die ganzheitliche digitale Modellierung aller Eigenschaften eines Bauwerks, die von allen beteiligten Akteuren und Fachdisziplinen über den gesamten Lebenszyklus zur Unterstützung der Bauprozesse angewendet wird (vgl. NBIM 2016).

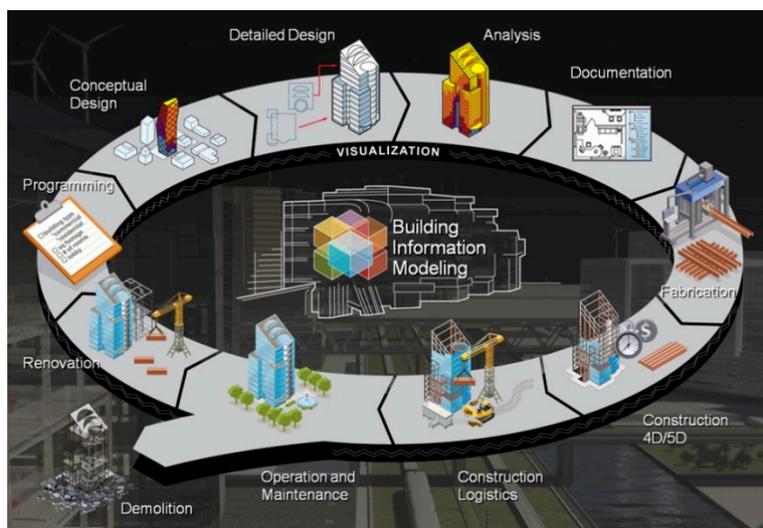


Abb. 1: Einsatz von BIM im Bauwerkslebenszyklus
(Bild: NBIM.org)

Die durchgängige Anwendung von BIM resultiert in einer Art digitalen Bauwerksdatenbank, die eine kollaborative Planung zwischen den Gewerken ermöglicht, aber auch die Ausfertigung und den Betrieb des Bauwerks nachhaltig unterstützen kann. BIM ermöglicht damit eine hochgradig kooperative Arbeitsweise der Beteiligten, insbesondere durch die unterstützte Verwaltung sowie dem Austausch aller relevanten Daten. Diese Austauschfähigkeit wird durch Standards, z. B. „Industry Foundation Classes (IFC)“, realisiert. Während IFC für den Hochbau bereits in der Version 4 vorliegt, ist er für Infrastruktur, insbesondere Straße (IFC Road), Schiene (IFC Rail) und Brücke (IFC Bridge) noch in der Entwicklung.

Neben den konstruktiven Eigenschaften eines Bauwerks sollen auch die technischen, funktionalen und kaufmännischen Aspekte durch BIM abgebildet werden, mit dem Ziel der Integration aller maßgeblichen Bauprozesse. Die Basis dieses integrierten digitalen Bauwerks-Information-Modeling stellen bauteilorientierte dreidimensionale Modelle dar, die neben der Geometrie auch topologische und beschreibende (semantische) Eigenschaften der Bauwerksobjekte umfassen.

Während die Anwendung von BIM in vielen Ländern und vereinzelt auch in Deutschland im Hochbau bereits fortgeschritten ist, steht sie im Infrastruktursektor noch am Anfang. Das Bundesministerium für Verkehr und digitale Infrastruktur (BMVI) hat daher im Dezember 2015 den Stufenplan Digitales Planen und Bauen (BMVI 2015) vorgelegt, der die Einführung von BIM bei Infrastrukturprojekten im Auftrag des BMVI vorsieht. Erste Pilotprojekte, von denen eines – die Kleine Schleuse Kiel-Holtenau – aus dem Bereich der Wasserstraßen- und Schifffahrtsverwaltung stammt, wurden gestartet.

Derzeit wird BIM vor allem als digitale Planungsmethodik für den Neubau diskutiert, wenngleich sie auch für den Betrieb und die Unterhaltung des Bauwerks eine wichtige Rolle spielen kann. Im Lebenszyklus von (Infrastruktur)Bauwerken fallen regelmäßig Wartungen, Umbauten oder Ertüchtigungen an. Als zentrale Datenbank und Dokumentationsgrundlage kann BIM eine wertvolle Basis für die Bewirtschaftung und den Betrieb des Bauwerks darstellen. Dies gilt insbesondere dann, wenn die semantischen Datenmodelle des BIM um bewirtschaftungs- und betriebsrelevante Daten wie z. B. Erhaltungszustände und Wartungszyklen bzw. Wartungsplanung sowie der damit einhergehenden Kostenplanung erweitert werden. Die Voraussetzung dafür stellen jedoch aktuelle as-built Modelle dar, die bei Bestandsbauwerken häufig nur durch ein BIM-gerechtes Aufmaß mit Erfassung der semantischen Information und anschließender Erstmodellierung erstellt werden können.

Literatur

- BLANKENBACH, J. (2016): Building Information Modeling (BIM). In: Möser, M. u.a.: Handbuch Ingenieurgeodäsie – Ingenieurbau, 2. Auflage. Wichmann Verlag. ISBN: 978-3-87907-593-5
- BMVI (2015): Stufenplan Digitales Planen und Bauen. [online] URL: https://www.bmvi.de/SharedDocs/DE/Publikationen/DG/stufenplan-digitales-bauen.pdf?__blob=publicationFile [letzter Zugriff: 02/17]
- IFC4 DOC (2016): Dokumentation von IFC Version 4. [online] URL: <http://www.buildingsmart-tech.org/ifc/IFC4/final/html>, [letzter Zugriff: 02/17]
- NBIM (2016): BIM-Definition des National Building Information Model Standard Project Committee (NBIM). [online] URL: <https://www.nationalbimstandard.org/faqs#faq1> [letzter Zugriff: 02/17]
- SUNDERDIEK, H. (2017): BIM Anwendungen im konstruktiven Wasserbau am Beispiel „Kleine Schleuse Kiel-Holtenau“ [online] URL: <https://www.bmvi.de/SharedDocs/DE/Anlage/DG/bim-zukunftsforum-vortrag-sunderdiek-170124.html?nn=12830> [letzter Zugriff: 02/17]



Kontakt:

Univ.-Prof. Dr.-Ing.

Jörg Blankenbach

RWTH Aachen University

Geodätisches Institut

Lehrstuhl für Bauinformatik &

Geoinformationssysteme

Mies-van-der-Rohe-Str. 1

52074 Aachen

Tel.: 0241/ 80 95300

E-Mail:

blankenbach@gia.rwth-aachen.de

Web: <http://www.gia.rwth-aachen.de>

Jahrgang: 1975

1996-2001

Studium der Geodäsie, Technische Universität
Darmstadt

2001-2006

Wissenschaftlicher Mitarbeiter, Geodätisches Insti-
tut, Technische Universität (TU) Darmstadt

2006-2012

Postdoktorand, Geodätisches Institut, TU Darm-
stadt

seit 10/2012

Leiter des Geodätischen Instituts und Lehrstuhls
für Bauinformatik & Geoinformationssysteme (gia)
der RWTH Aachen University

Arbeitsschwerpunkte und Forschungsgebiete

- 3D-Datenerfassung & Modellierung
 - Building Information Modeling (BIM) & Stadtmodellierung
 - Unbemannte Systeme, Terrestrisches Laser-scanning (TLS) & Photogrammetrie
 - Mixed und Augmented Reality
- Geoinformatik
 - Katasterinformationssysteme
 - Geosensornetzwerke & Geodateninfrastrukturen
 - Geodienste, verteilte GIS (Web GIS, mobile GIS)
 - Geostatistik
- Indoor-Positionierung
 - Ultrawide Band (UWB) & Magnetfeld-basierte Systeme
 - (MEMS) Inertialnavigation

In der Reihe BfG-Veranstaltungen sind bisher u. a. erschienen:

- 1/2009 Wasserstandsinformationsdienste der BfG für die Bundeswasserstraßen
- 2/2009 Sediment Contact Tests. Reference conditions, control sediments, toxicity thresholds
- 3/2009 Sedimentologische Prozesse – Analyse, Beschreibung, Modellierung
- 4/2009 Ingenieurvermessung im Bauwesen der Wasser- und Schifffahrtsverwaltung
- 5/2009 Verfahren der ökotoxikologischen (Risiko-) Bewertung in der Umweltsicherung
- 6/2009 Softwarelösungen für ein integriertes Hochwassermanagement
- 7/2009 Aspekte des Schadstoffmonitorings an Schwebstoffen und Sedimenten in der aquatischen Umwelt

- 1/2010 Flusssysteme in Raum und Zeit
- 2/2010 Berücksichtigung verkehrs- und bautechnischer Emissionen und Immissionen in Umweltverträglichkeitsprüfungen
- 3/2010 Pathogene Vibrionen in der marinen Umwelt
- 4/2010 Risikobewertung stofflicher Belastungen
- 5/2010 Screeningverfahren zur Erfassung endokriner Wirkungen in der aquatischen Umwelt

- 1/2011 Erfassung und Bewertung des hydromorphologischen Zustands in Wasserstraßen
- 2/2011 Umweltauswirkungen von Wasserinjektionsbaggerungen
- 3/2011 Zeitgemäße Erfassung und Bereitstellung von Geobasisdaten für die WSV
- 4/2011 EurAqua Symposium Impact of climate change on water resources – 200 years hydrology in Europe – a European perspective in a changing world
- 5/2011 Schadstoffdynamik in Flussgebieten – Ursachen, Wirkungen und Konsequenzen stofflicher Veränderungen in Raum und Zeit

- 1/2012 Partikuläre Stoffströme in Flusseinzugsgebieten
- 2/2012 Überregionale Wasserbewirtschaftung – Entwicklung und Einsatz eines Informationssystems und verschiedener Modelle
- 3/2012 Dynamik des Sedimenthaushaltes von Wasserstraßen
- 4/2012 Pathogenic *Vibrio* spp. in Northern European Waters
- 5/2012 Baumaterialien und Oberflächengewässer
- 6/2012 Hydro-ökologische Modellierungen und ihre Anwendungen
- 7/2012 Monitoring, Funktionskontrollen und Qualitätssicherung an Fischaufstiegsanlagen. 2. Kolloquium zur Herstellung der ökologischen Durchgängigkeit der Bundeswasserstraßen

- 1/2013 Wissen was war ... – Rückblick auf hydrologische Extreme
- 2/2013 Die Bundeswasserstraßen im Blickfeld ökologischer Zielsetzungen gemäß WRRL – Erreichtes und Erreichbares
- 3/2013 Geomorphologische Prozesse unserer Flussgebiete
- 4/2013 FLYS goes WEB: Eröffnung eines neuen hydrologischen Fachdienstes in der BfG
- 5/2013 Neue Entwicklungen in der Gewässervermessung
- 6/2013 Die Zukunft des Wasserhaushaltes im Elbeinzugsgebiet / Budoucnost vod-ního režimu v povodí Labe
- 7/2013 Bioakkumulation in aquatischen Systemen: Methoden, Monitoring, Bewertung
- 8/2013 Geodätische Arbeiten für Bundeswasserstraßen

- 1/2014 Artenschutz in der Praxis – Erfahrungen mit Ersatzquartieren und der Umsiedlung von streng geschützten Arten
- 2/2014 Ästuare und Küstengewässer der Nordsee
- 3/2014 Schadstoffe in Bundeswasserstraßen – Nutzergerechte Verfügbarkeit von Informationen

- 1/2015 Forschung und Entwicklung zur Qualitätssicherung von Maßnahmen an Bundeswasserstraßen. 4. Kolloquium zur Herstellung der ökologischen Durchgängigkeit der Bundeswasserstraßen
- 2/2015 Wasserstraßenbezogene geodätische Anwendungen und Produkte der Fernerkundung
- 3/2015 Ökosystemleistungen – Herausforderungen und Chancen im Management von Fließgewässern
- 4/2015 Qualitativ-gewässerkundliche Aspekte der WSV-Arbeit

- 1/2016 Sedimentbilanzen in Flussgebieten – von der Quelle bis zur Mündung