

HENRY

Hydraulic Engineering Repository

Ein Service der Bundesanstalt für Wasserbau

Conference Paper, Published Version

Artz, Thomas; Willersin, Dieter

Hydrographische Maßnahmen für eine smart-BWaStr

Dresdner Wasserbauliche Mitteilungen

Zur Verfügung gestellt in Kooperation mit/Provided in Cooperation with:

Technische Universität Dresden, Institut für Wasserbau und technische Hydromechanik

Verfügbar unter/Available at: <https://hdl.handle.net/20.500.11970/107065>

Vorgeschlagene Zitierweise/Suggested citation:

Artz, Thomas; Willersin, Dieter (2020): Hydrographische Maßnahmen für eine smart-BWaStr. In: Technische Universität Dresden, Institut für Wasserbau und technische Hydromechanik (Hg.): Interdisziplinärer Wasserbau im digitalen Wandel. Dresdner Wasserbauliche Mitteilungen 63. Dresden: Technische Universität Dresden, Institut für Wasserbau und technische Hydromechanik. S. 225-234.

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.



Hydrographische Maßnahmen für eine smart-BWaStr

Thomas Artz
Dieter Willersinn

Das Bundesministerium für Verkehr und digitale Infrastruktur hat die Bundesanstalt für Gewässerkunde (BfG) mit der Erstellung einer Maßnahmenplanung zum (Teil-)Autonomen Messen beauftragt; das Fraunhofer-Institut für Optronik, Systemtechnik und Bildauswertung (IOSB) ist im Unterauftrag eingebunden. Exemplarisch für verschiedene Messprozesse der quantitativen Gewässerkunde werden konkrete Beispiele an Hand der Hydrographie präsentiert und es werden mögliche Perspektiven für die Bereitstellung aktueller Tiefeninformationen über einen individualisierbaren, zentralen Zugangspunkt (smart-BWaStr) dargestellt.

Stichworte: Hydrographie, Autonomie, Automatisierung, Maßnahmenplanung, smart-BWaStr

1 Einleitung / Hintergrund

Um den digitalen Wandel im Kontext der Bundeswasserstraßen (BWaStr) voranzutreiben, hat das Bundesministerium für Verkehr und digitale Infrastruktur (BMVI) am 14.5.2019 den Masterplan Binnenschifffahrt vorgestellt (BMVI 2019), der am 4.7.2019 durch den Aktionsplan Niedrigwasser Rhein (BMVI 2019a) ergänzt wurde.

Der Aktionsplan fordert unter anderem eine verbesserte Wasserstandsvorhersage sowie die Bereitstellung aktueller Tiefeninformationen für eine verbesserte Befahrbarkeitsprognose, deren Notwendigkeit durch das Rheinniedrigwasser im Jahr 2018 zutage getreten ist.

Um die Forderungen des Aktionsplans zu erfüllen, werden hoch aktuelle Messergebnisse sowie Modelle für die Darstellung aktueller Simulation zukünftiger dynamischer Prozesse der Gewässersohle und von Strömungsprozessen benötigt. Diese sollen bedarfsgerecht in einer multifunktionalen digitalen BWaStr-Repräsentation gemeinsam mit Wasserstraßen- und Verkehrs- sowie Bauwerksinformationen über einen individualisierbaren, zentralen Zugangspunkt bereitgestellt werden, als Beitrag zu einer smart-BWaStr oder einem digitalen BWaStr-Zwilling.

Die Aktionsplan-Ziele bedeuten für eine Vielzahl an Messverfahren einen Paradigmenwechsel hinsichtlich der Weiternutzung der Produkte sowie deren raumzeitliche Auflösung; aktuell verfügbare Messkapazitäten, insbesondere in der Wasserstraßen- und Schifffahrtsverwaltung des Bundes (WSV), sind zur Zielerreichung nicht in ausreichendem Maße vorhanden.

Aus diesem Grund wurde die Bundesanstalt für Gewässerkunde (BfG) damit beauftragt, einen Maßnahmenplan auszuarbeiten, das Fraunhofer-Institut für Optronik, Systemtechnik und Bildauswertung (IOSB) ist im Unterauftrag eingebunden. Die im Projekt auszuarbeitenden Maßnahmen sollen den Automatisierungsgrad des behördlichen Messprozesses soweit erhöhen, dass die WSV den Paradigmenwechsel ohne eine massive Aufstockung der Personalressourcen bewältigen kann.

Das Projekt wird in Abschnitt 2 vorgestellt, Abschnitt 3 enthält eine Bestandsaufnahme des aktuellen Messprozesses. Abschnitt 4 schließt mit einer Zusammenfassung und einem Ausblick.

2 Das Projekt Maßnahmenplanung (Teil-)Autonomes Messen

2.1 Komponenten des Messprozesses

Für die Ermittlung von Maßnahmen werden die aktuellen Messprozesse der quantitativen Gewässerkunde analysiert und hinsichtlich ihres Automatisierungspotentials bewertet. Dabei wird der Begriff „Messen“ als Synonym für die gesamten Mess- und Modellierungsprozesse verwendet, da für die Realisierung der Vision (teil-) autonomer, fernsteuerbarer Messplattformen zur Laufendhaltung der smart-BWaStr eine integrierte Betrachtung von Messplanung, Messausführung und Messwertprozessierung sowie die Erstellung von Produkten der quantitativen Gewässerkunde, (hydronumerischen) Modellen und Prognosen zwingend erforderlich ist (vgl. Abbildung 1). Demnach werden folgende digitale Parameter bzw. Produkte, basierend auf aktuellen – und ggf. modellierten / vorhergesagten – quantitativen gewässerkundlichen Messdaten sowie vorhergesagten Daten betrachtet:

- Wasserstände und Wassertiefen (aktuell, vorhergesagt),
- Fließgeschwindigkeiten und -richtungen (Strömungen) (aktuell, vorhergesagt),
- morphodynamische Sohlprozesse (Geschiebetransport, Sedimentverlagerungen) (aktuell, vorhergesagt),

- Gelände- und Gewässersohltopographien und deren Veränderungen (aktuell),
- Verkehrsaufkommen (aktuell).

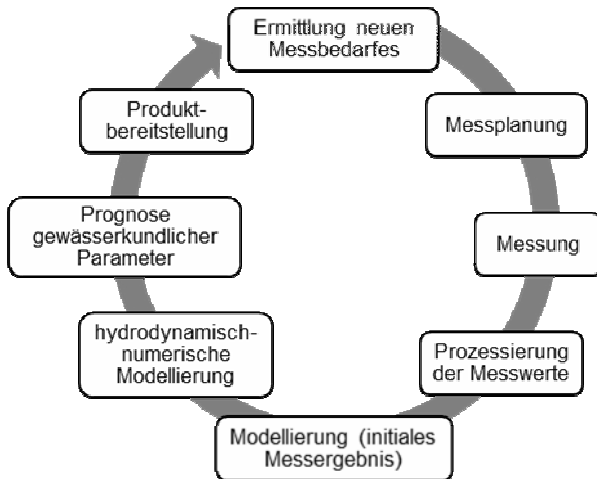


Abbildung 1: Schematischer Gesamt-Messprozess, für den Maßnahmen definiert werden sollen, die einen vollständig digitalen, automatisierten Ablauf ermöglichen. Die Qualitätssicherung ist hiervon explizit ausgenommen, da diese weiterhin einen hohen Grad an manueller Bearbeitung beinhalten soll.

2.2 Ziele der Maßnahmenplanung

Die Maßnahmenplanung zielt auf die Erhöhung des Automatisierungsgrades der Messprozesse ab. Dies bedeutet keine Einschränkungen für die Messplattformen. Dementsprechend sollen die Maßnahmen sowohl für manuell betriebene als auch autonome Messplattformen – die sich zukünftig im Zusammenspiel mit dem autonomen Fahren und der Entwicklung einer digitalen Infrastruktur ergeben werden – anwendbar sein. In diesem Kontext sollen

- kurzfristige praktisch wirksame konkrete Maßnahmen,
- Konzepte für mittel- und langfristige Maßnahmen,
- Konzepte für koordinierte Forschungs- und Entwicklungsvorhaben mit potentiellen Beteiligten,
- Zeitplanung und Priorisierung sowie
- grobe Kostenschätzungen

erfolgen, um die in Masterplan sowie im Aktionsplan definierten Ziele im Hinblick auf die Messprozesse unter Berücksichtigung autonomer Prozesse zu analysieren und zu dokumentieren.

Damit wird der Maßnahmenplan einen Rahmen für zukünftige Forschungs- und Entwicklungsvorhaben bereitstellen, auf Grund derer digitale Prozesse, z.B. bei der Schiffsführung oder wasserbaulichen Managementaufgaben, bedarfsgerecht ermöglicht werden.

3 Bestandsaufnahme des aktuellen Messprozesses

Exemplarisch für die zuvor dargestellten Messverfahren der quantitativen Gewässerkunde wird die Bestandsaufnahme für die Hydrographie dargestellt. Die Hydrographie ist nach Schiller (2012) ein wissenschaftlicher Aufgabenbereich mit weitgefächerten Anwendungen. Aus diesem wird hier nur der Kernbereich der Gewässervermessung betrachtet, bei dem die Gewässersohltopographie oder aber auch die Unterwassergeometrie von Wasserbauwerken ermittelt wird. Als weitere Einschränkung werden nur Fächerecholotmessungen berücksichtigt.

Damit aus diesen Fächerecholotmessungen anforderungsgerecht aktuelle Informationen bereitgestellt werden können sind quasi-kontinuierliche Messungen notwendig. Dies geht mit einem hohen Mess- und Auswerteaufwand einher, der nur realistisch zu erfüllen ist, falls ein hoher Automatisierungsgrad erreicht werden kann. Für hochgradig automatisierte bis hin zu autonomen Messungen sind neuartige Messplattformen sowie weitere Innovationen aus dem autonomen Fahren (z.B. Komianos 2018) unabdingbar. Diese sind nicht Bestandteil der Maßnahmenplanung, stattdessen wird der Fokus auf die Mess- und Auswerteprozesse gelegt, bei denen die Messplattformen weiterhin manuell betrieben werden können. In weiteren Phasen der Entwicklung werden autonomes Fahren und autonomes Messen voraussichtlich iterativ integriert.

3.1 Prozesskette der Gewässervermessung

Die bei einer hydrographischen Vermessung erfassten Messwerte sind zunächst eine Vielzahl an Einzelmessungen eines Multisensorsystems (vgl. Brüggemann u.a. 2018). Diese werden häufig noch an Bord mittels einer Erfassungssoftware zu den 3D-Koordinaten der Gewässerbodenpunkte fusioniert. Dieser Prozessschritt erfolgt heute bereits vollautomatisch. Dennoch sind im gesamten Messprozess eine Vielzahl manueller Eingriffe und

Entscheidungen notwendig. Der Ablauf einer Gewässervermessung kann wie folgt skizziert werden:

1. Sensoren – in Abhängigkeit der Revierkenntnis und aktueller Rahmenbedingungen – konfigurieren,
2. Sensoren durch gezielte Testmessungen überprüfen,
3. Wasserschallgeschwindigkeitsprofile manuell ermitteln (min. vor und nach der Messdatenerfassung),
4. Messdaten erfassen, dabei während der Erfassung (visuell) auf Plausibilität und Vollständigkeit prüfen,
5. Messwerte semi-automatisch plausibilisieren,
 - a. Ortungs- und Positionierungssensoren, Wasserschallgeschwindigkeitsprofile,
 - b. automatische Reprozessierung der Gewässerbodenpunkte,
 - c. Plausibilisierung der Gewässerbodenpunkte,
6. Modellierung/Approximation parametrischer Funktionen zur Ableitung eines digitalen Geländemodells,
7. Planung einer neuen Messung.

Darüber hinaus erfolgt eine Vielzahl an Dokumentationen zur Qualitätssicherung des Messprozesses von der Einstellung des Messsystems bis hin zur Wahl der Prozessierungsparameter.

3.2 Aktuelle Defizite und Automatisierungspotentiale

Bei dem zuvor dargestellten Prozess entsteht ein relativ hoher manueller Aufwand bei der Inbetriebnahme des Messsystems mit der Notwendigkeit von Expertenwissen zur Beurteilung der auftretenden Messabweichungen und Messsignalcharakteristika. Während der Messung müssen Messunterbrechungen bei „äußeren“ Einflüssen fachgerecht behandelt werden. So können z.B. Ausfälle der Satellitenortung zu Datenlücken führen. In einem automatischen Betrieb muss auf diese Störungen zeitnah reagiert werden. In gewissem Maße kann dies durch die Nutzung inertialer Navigationssysteme erfolgen. Insbesondere sind dazu Ansätze entwickelt worden, die Aspekte der Qualitätssicherung in der Sensorfusion berücksichtigen (z.B. Artz u.a. 2016). Diese Algorithmen müssen für einen hochautomatisierten Messprozess weiterentwickelt werden, um eine zuverlässige und robuste Georeferenzierung der Echolotmessungen zu gewährleisten.

Nachdem die Messdaten zu Gewässerbodenpunkten fusioniert wurden beginnt die eigentliche Auswertung der Messung. Das Verhältnis von Erfassung zu Auswertung liegt bei ca. 1:1 bis 1:2 insbesondere, da die Plausibilisierung einen hohen manuellen Aufwand beinhaltet.

Die Plausibilisierung der Sensorzeitreihen erfolgt i.A. visuell. Zur Automatisierung sind Werkzeuge der Zeitreihenanalyse vorstellbar, um die Messreihen zu filtern und somit zu plausibilisieren. Dies kann von der Komplexität her bis zur Fusionierung der Sensoren in Form einer Kalman-Filterung zur optimierten Positions- und Orientierungsbestimmung im Postprocessing – wie im Projekt HydrOs (z.B. Artz u.a. 2016) prototypisch umgesetzt – erfolgen.

Darüber hinaus ist in Abhängigkeit vom Messgebiet und der Messaufgabe ein hoher manueller Aufwand bei der Plausibilisierung der Gewässerbodenpunkte notwendig. Derzeit werden in der WSV flächenhafte Verfahren eingesetzt (vgl. Abschnitt 3.3). Diese Verfahren sind (semi-)automatisch einsetzbar, versagen jedoch bei speziellen Ausprägungen des Gewässerbodens.

Bei der Modellierung in Form der Approximation von parametrischen Funktionen an die Messdaten zur Ableitung eines GRID sind Entscheidungen bei der Wahl der Modellierungsparameter in Abhängigkeit der Gewässerbodenstruktur und Rauheit durch den Auswerter zu treffen. Abschließend ist die Konsistenz des Produktes zu beurteilen.

3.3 Plausibilisierung von Gewässerbodenpunkten

Für eine flächenhafte Plausibilisierung wird der Gewässeruntergrund mathematisch durch eine stetige Fläche im dreidimensional kartesischen Raum beschrieben. Die Form des Gewässeruntergrundes wird dazu durch ganze rationale Polynome als Funktion der Ost- (E) und Nordwerte (N) der Gewässerbodenpunkte

$$z = \varphi(E, N) = \sum_{i=0}^I \sum_{j=0}^J a_i E_i \cdot b_j N^j$$

mit den Polynomparameter a und b approximiert. In der Hydrographie kann der Anteil von Ausreißern im Datenmaterial örtlich begrenzt (z.B. durch Schraubenwasser oder Bewuchs) sehr hoch sein. Durch diese ungünstige Verteilung versagen die herkömmlichen Parameterschätzungen und Ausreißertests. Um Abweichungen dennoch sicher aufdecken zu können, ist der Einsatz der robusten Parameterschätzung in Form eines L1-Norm Schätzers geboten. Im Unterschied zur Methode der kleinsten Quadrate (L2-Norm Schätzer, z.B. Koch 1996), wird hier die gewichtete Summe der absoluten Verbesserungen v minimiert. Daher ergibt sich

$$p^T |v| = \sum_{i=1}^n p_i |v_i| \rightarrow \min.$$

Dieses Problem lässt sich u.a. mittels iterativer Gewichtsanzpassung im Berechnungsablauf der Methode der kleinsten Quadrate

$$(A^T P_k A) \mathbf{x} = A^T P_k \mathbf{l}$$

$$\mathbf{A} = \frac{\partial \varphi(\mathbf{E}, N)}{\partial \mathbf{x}}$$

zur Schätzung der Polynomparameter $\mathbf{x}=[a_0, \dots, a_l, b_0, \dots, b_l]$ lösen, indem in jeder Iteration k die Gewichtsmatrix \mathbf{P} neu definiert (Neitzel 2004, S.57; Schlossmacher 1973) wird. Anschließend wird mit Hilfe der studentisierten Residuen

$$t_i = \frac{v_i}{s_0 \sqrt{p_i}}$$

für jede Beobachtung eine Testgröße in Abhängigkeit des aposteriori Varianzfaktors

$$s_0^2 = \frac{v^T P v}{n-u}, \quad u = l + r + 2, n = \text{Anzahl der Messungen}$$

und der Redundanzanteile r berechnet und mit einem Signifikanzniveau von 95% die Hypothese getestet, ob eine Beobachtung einen Ausreißer darstellt (Koch u. Yang. 1998). Die Ausreißersuche wird iterativ so lange durchgeführt, bis keine weiteren Ausreißer mehr erkannt werden.

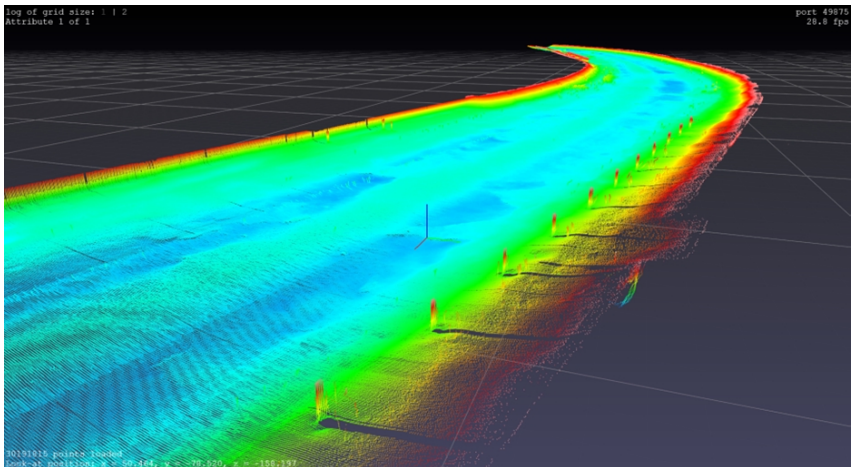


Abbildung 2: Unplausibilisierte 3D-Punktwolke einer Gewässervermessung mit Spundwänden und Dalben sowie deutlich erkennbaren Fehlmessungen im Böschungsbereich.

B4 Saal 1

Dieses Verfahren ist häufig erfolgreich. Probleme treten jedoch weiterhin auf, wenn hohe Variationen im Gewässergrund – z.B. durch Böschungen – oder wasserbauliche Strukturen (Spundwände, Dalben, etc.) existieren (siehe Abbildung 2).

In diesen Fällen sind einzelne Messwerte oder Gruppen von Messwerten manuell zu deaktivieren oder solche, die durch eine vorherige automatische Plausibilisierung fälschlicherweise deaktiviert wurden wieder zu aktivieren. Für diese Fälle sind zukünftig

- neue mathematisch-statistische Ansätze des Plausibilisierungsverfahrens zu entwickeln oder

intelligente Systeme, die die derzeitig manuellen Tätigkeiten abbilden.

3.4 Potentielle Beiträge zu einer smart-BWaStr

Die Hydrographie ist ein wesentlicher Fachbereich zur Erfassung von Parametern der BWaStr und deren digitaler Bereitstellung in einer smart-BWaStr. Dabei werden insbesondere Informationen zu der Gewässersohltopographie der Fahrrinne und des Fahrwassers aber auch der Wasserwechselzonen sowie Geometrien von wasserbaulicher Strukturen bereitgestellt. Neben der Gewässersohltopographie werden weitere Parameter, wie z.B. Wasserspiegellagen bei bestimmten Abflüssen durch die Hydrographie geliefert.

Eine isolierte Betrachtung der hydrographischen Produkte zur anforderungsgerechten Bereitstellung von Tiefeninformationen der BWaStr kann in diesem Zusammenhang nicht zielführend sein. Sowohl für die Nutzung im Kontext der autonomen Schifffahrt als auch für wasserbauliche Maßnahmen sollten die Ergebnisse anderer Fachdisziplinen der quantitativen Gewässerkunde – wie bspw. Strömungen oder morphologische Parameter – behandelt und bereitgestellt werden. Nur so kann eine Beurteilung von Veränderungen in einem integrierten Zusammenhang erfolgen und ein besseres Systemverständnis erreicht werden.

4 Zusammenfassung und Ausblick

In diesem Beitrag wurde die im Auftrag des BMVI zu erstellende Maßnahmenplanung zum (Teil-)autonomen Messen im Kontext einer probabilistischen Befahrbarkeitsprognose mit ihren Konzepten und Zielen dargestellt. Exemplarisch wurden die Prozesse der Gewässervermessung beleuchtet, um deren Defizite zu detektieren und Automatisierungspotenziale zu be-

werten, sowie deren Beitrag zu einer smart-BWaStr – als anforderungsgerecht nutzbare Realisierung einer digitalen BWaStr – zu definieren.

Insbesondere zeigt der detailliert dargestellte Prozess der flächenhaften Plausibilisierung, dass bereits heute eine weitgehend automatische Messdatenverarbeitung möglich ist. Für Ausnahmefälle, in denen diese Verfahren fehlschlagen, bieten sich die Möglichkeiten, mathematisch-statistische Verfahren weiterzuentwickeln, um diese Defizite zu beheben. Vergleichbare Optimierungspotentiale zeigen sich in der gesamten Prozessierungskette, aus denen sich signifikante Forschungs- und Entwicklungsnotwendigkeiten ableiten lassen. Diese werden final in der Maßnahmenplanung für vielfältige Prozesse der quantitativen Gewässerkunde dokumentiert, so dass zukünftig eine smart BWaStr zur Erfüllung der Anforderungen aus autonomem Fahren, autonomem Messen und digitaler Infrastruktur Realität werden kann.

Was die Anforderungen des autonomen Fahrens betrifft, so besteht das Dilemma, dass diese Anforderungen erst dann zutreffend formuliert werden können, wenn es Praxiserfahrung mit autonomen Binnenwasserfahrzeugen gibt, also erst nach deren Einführung (die mit dem Maßnahmenplan aber vorbereitet werden soll). Um dieses Dilemma zu lösen, müssen Arbeitshypothesen erarbeitet werden, um mit der Spezifikation des Gesamtsystems (in unserem Fall ist das der automatisierte Messprozess und die smart-BWaStr) voranzukommen.

Ausgangspunkt ist dabei die Beobachtung, dass menschliche Schiffsführer erfolgreich navigieren, ohne dass ihnen mathematische Modelle, beispielsweise von Strömungen, vorliegen. Die erfolgreiche Navigation beruht auf Erfahrungswissen, welches sie bei der Ausführung von Manövern berücksichtigen. Außerdem werden aktuelle Daten der WSV – oder ggf. zusätzliche Systeme – durch die Schiffsführer beurteilt, um die manuelle Navigation durchzuführen und von den Partikulieren für die Abladungsplanung verwendet. Diese Erfahrungen werden zur Bewertung der aktuellen Datenlage und zukünftiger Bedarfe herangezogen werden.

5 Literatur

Artz, Th., Scheider, A., Breitenfeld, M., Schwieger, V., Wirth, H. (2016), „Improved positioning of surveying vessels on inland waterways with HydroS“, In: HN 105, S. 34-38, 2016.

- BMVI (2019), Masterplan Binnenschifffahrt, Bundesministerium für Verkehr und digitale Infrastruktur, https://www.bmvi.de/SharedDocs/DE/Publikationen/WS/masterplan-binnenschifffahrt.pdf?__blob=publicationFile, Berlin 2019.
- BMVI (2019a), Aktionsplan „Niedrigwasser Rhein“ für zuverlässigen Transport, Bundesministerium für Verkehr und digitale Infrastruktur, <https://www.bmvi.de/SharedDocs/DE/Artikel/WS/gemeinsame-erklaerung-acht-punkte-plan-niedrigwasser-rhein.html>, Berlin 2019.
- Brüggemann, Th, Artz, Th, Weiß, R. (2018), Kalibrierung von Multisensorsystemen. In: Beiträge zum 170. DVW-Seminar und 32. Hydrographentag vom 12. bis 14. Juni 2018 in Lindau, DVW Schriftenreihe, Band 91, S. 29-46, Wißner Verlag, Augsburg 2018.
- Koch, K. R. (1996): Robuste Parameterschätzung, AVN Heft 1/1996, Wichmann Verlag, Heidelberg, 1996..
- Koch, K. R., Yang, Y (1998): Konfidenzbereiche und Hypothesentests für robuste Parameterschätzungen, ZfV Heft 1/1998, Wittwer Verlag, Stuttgart, 1998
- Komianos, A. (2018), The Autonomous Shipping Era. Operational, Regulatory, and Quality Challenges, TransNav: International Journal on Marine Navigation and Safety of Sea Transportation, Vol. 12, doi:10.12716/1001.12.02.15., 2018.
- Neitzel, F. (2004): Identifizierung konsistenter Datengruppen am Beispiel der Kongruenzuntersuchung geodätischer Netze. Dissertation, Fakultät Bauingenieurwesen und Angewandte Geowissenschaften, Technische Universität Berlin, 2004.
- Schiller, L. (2012): Die Identität der Hydrographen, In: HN 92, S. 6-9, Rostock, 2012.
- Schlossmacher, E. J. (1973): An Iterative Technique for Absolute Deviations Curve Fitting. Journal of the American Statistical Association, 68(344):857-859, 1973.

Autoren:

Dr.-Ing. Thomas Artz

Dr. Dieter Willersinn

Bundesanstalt für Gewässerkunde (BfG) Fraunhofer-Institut für Optronik, Systemtechnik und Bildauswertung (IOSB)
Am Mainzer Tor 1 Fraunhoferstr. 1, 76131 Karlsruhe
56068 Koblenz

Tel.: +49 261 1306 5985

Tel.: +49 721 6091 387

Fax: +49 261 1306 5088

Fax: +49 721 6091 233

E-Mail: artz@bafg.de

E-Mail:

dieter.willersinn@iosb.fraunhofer.de