

HENRY

Hydraulic Engineering Repository

Ein Service der Bundesanstalt für Wasserbau

Article, Author's Postprint

Heinzelmann, Christoph; Dettmann, Thorsten; Zentgraf, Rolf-Dieter Hydraulisch-fahrdynamische Modelle zur Optimierung der Befahrbarkeit von Binnenwasserstraßen

Wasserwirtschaft

Verfügbar unter/Available at: <https://hdl.handle.net/20.500.11970/104565>

Vorgeschlagene Zitierweise/Suggested citation:

Heinzelmann, Christoph; Dettmann, Thorsten; Zentgraf, Rolf-Dieter (2009): Hydraulisch-fahrdynamische Modelle zur Optimierung der Befahrbarkeit von Binnenwasserstraßen. In: Wasserwirtschaft Jg. 99 (4/2009). S. 38-42.

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.



Erstveröffentlichung in WasserWirtschaft 4 (2009), S. 38-42.

Für eine korrekte Zitierbarkeit ist die Seitennummerierung der Originalveröffentlichung für jede Seite kenntlich gemacht.

S. 38

Hydraulisch-fahrdynamische Modelle zur Optimierung der Befahrbarkeit von Binnenwasserstraßen

Die Fahrt eines Binnenschiffes auf einem frei fließenden Fluss ist ein komplexer physikalischer Prozess. Um ihn untersuchen zu können, werden in der Bundesanstalt für Wasserbau (BAW) hydrodynamische und fahrdynamische Modelle zu einem hydraulisch-fahrdynamischen Modell gekoppelt, dessen Grundlagen im folgenden Artikel dargestellt werden. Am Beispiel des Rheins werden die im Modell enthaltene virtuelle Navigation sowie die Verifizierung der Berechnungsergebnisse unter Nutzung der ECDIS-Plattform vorgestellt.

1 Einleitung

Die Anforderungen an die fahrdynamischen Beratungs- und Unterstützungsleistungen der Bundesanstalt für Wasserbau (BAW) für die Wasser- und Schifffahrtsverwaltung des Bundes (WSV) nehmen qualitativ und quantitativ stetig zu. Aktuelle Beispiele hierfür sind:

- Betreuung der Ausbauplanungen an der Mittelweser,
- Befahrbarkeitsanalyse des Neckars mit 135 m langen Großmotorgüterschiffen (üGMS),
- Ermittlung maximaler Verbandsabmessungen für die Gebirgsstrecke des Rheins,
- Durchführung einer Engpassanalyse am Rhein,
- Befahrbarkeitsanalyse an der Saar.

Vor dem Hintergrund dieser Entwicklung hat sich die BAW frühzeitig entschieden, numerische Modellverfahren zu entwickeln, die geeignet sind, die physikalisch komplexen Prozesse bei der Fahrt eines Binnenschiffes auf einer Wasserstraße zu beschreiben. Nachfolgend wird die Kopplung hydrodynamischer und fahrdynamischer Modelle zu einem hydraulisch-fahrdynamischen Modell (HFD-Modell) vorgestellt und gezeigt, wie durch Einspeisung der Modellergebnisse in Fahrrinnen-Informationssysteme die Befahrbarkeit von Binnenwasserstraßen optimiert werden kann.

2 Hydraulisch-fahrdynamisches Modell am Beispiel des Rheins

2.1 Grundlagen der Fahrdynamik

Zunächst soll die Fahrdynamik eines Binnenschiffes in einem stehenden Gewässer während der Kurvenfahrt betrachtet werden. Infolge der Kreisbewegung des Schiffes entstehen Fliehkräfte auf das Schiff, die durch entgegengesetzt gerichtete Bahnkräfte kompensiert werden müssen. Im Allgemeinen erzeugt man diese Kräfte, indem das Schiff in der Kurvenfahrt mit einer Drift fährt, bei

Autorenfassung

Heinzelmann, Dettmann, Zentgraf: Hydraulisch-fahrdynamische Modelle zur Optimierung der Befahrbarkeit von Binnenwasserstraßen, 2009

der der Bug des Schiffes in Richtung Kreisinneres gerichtet ist. Infolge dieser Drift wird der Schiffskörper schräg angeströmt und es resultiert die gewünschte Querkraft. Da in einem stehenden Gewässer die Anströmgeschwindigkeit auf den Schiffskörper allein aus der Fahrgeschwindigkeit des Schiffes durch das Wasser entsteht, sind Fahrgeschwindigkeit gegen Grund und Anströmgeschwindigkeit des Schiffes gleich groß, so dass die Querkraft infolge Schräganströmung neben konstanten Größen, wie z. B. die Form des eingetauchten Schiffskörpers, nur durch die Variable Driftwinkel beeinflusst wird.

Bewegt sich das Schiff in einem fließenden Gewässer, so wird die Geschwindigkeit der Schräganströmung des Schiffskörpers durch die Fließgeschwindigkeit des Gewässers beeinflusst. Vorausgesetzt die Fahrgeschwindigkeit des Schiffes über Grund bleibt unverändert, so wird je nach Fahrtrichtung des Schiffes die Anströmgeschwindigkeit am Schiffskörper durch die Fließgeschwindigkeit vergrößert oder verringert. Dadurch entstehen entweder kleinere oder größere Querkräfte. Um diese wieder mit den Fliehkräften ins Gleichgewicht zu bringen, erfolgt der Ausgleich durch eine Vergrößerung bzw. Verkleinerung des Driftwinkels. Im Vergleich zu der Fahrdynamik in einem stehenden Gewässer sind es also hier drei variable Parameter (Drift, Fließ- und Fahrgeschwindigkeit), die die Querkräfte und damit die Fahrdynamik wesentlich beeinflussen (Bild 1).

Hieraus wird deutlich, dass die Physik der Schiffsbewegung in einem fließenden Gewässer komplex ist. Um sie möglichst umfassend beschreiben zu können, muss zusätzlich zur Fahrdynamik des Schiffes auch die Hydraulik des Gewässers modelliert werden. In einem breiten Gewässer, wie beispielsweise dem Rhein, variieren darüber hinaus Fließgeschwindigkeiten und Wassertiefen entlang des Querprofils. Damit hängt die Fahrdynamik zusätzlich davon ab, welchen Weg das Schiff durch das Wasser nimmt. Um also die Schiffsbewegung in einem fließenden Gewässer beschreiben zu können, müssen Teilkomplexe, wie die Hydraulik des Gewässers, die Fahrdynamik eines Binnenschiffes, die Navigation in einer Binnenwasserstraße sowie deren Wechselwirkungen, modelliert werden.

Autorenfassung

Heinzelmann, Dettmann, Zentgraf: Hydraulisch-fahrdynamische Modelle zur Optimierung der Befahrbarkeit von Binnenwasserstraßen, 2009

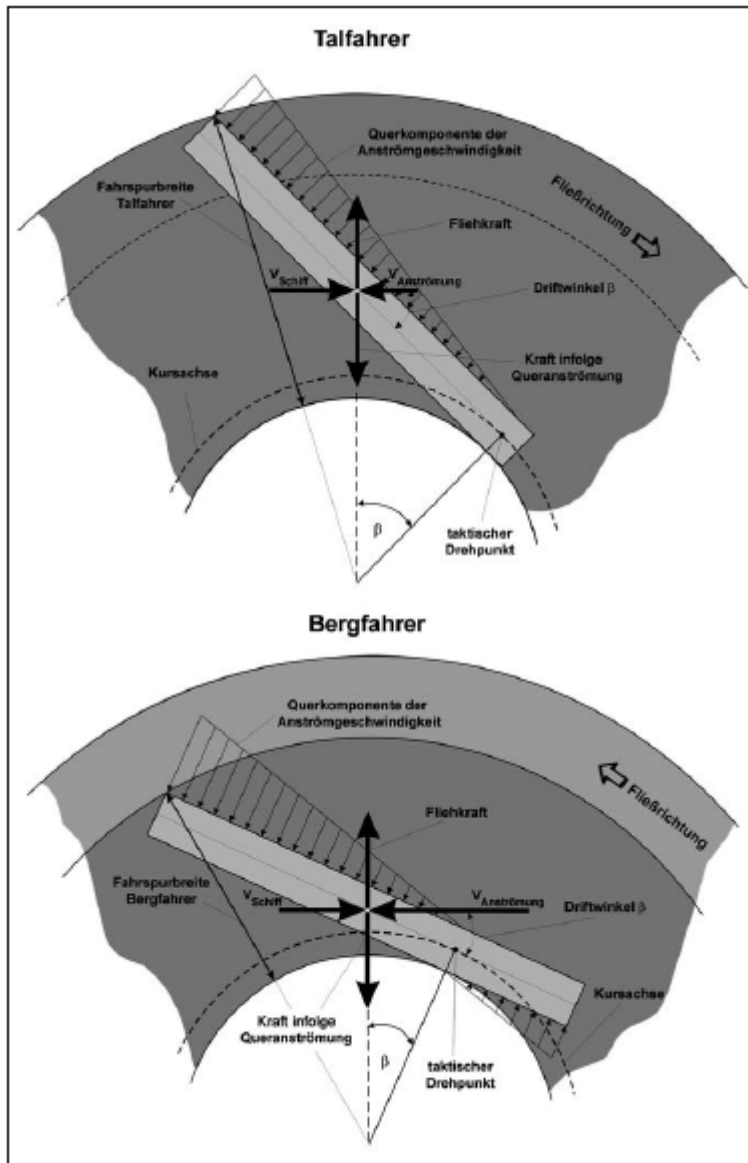


Bild 1: Fahrdynamik eines Binnenschiffes in einem fließenden Gewässer

2.2 Hydrodynamische 1-D- bzw. 2-D-Modellierung

Als Modellstrecke für die Optimierung der Befahrbarkeit von Flüssen wurde zunächst der Rheinabschnitt von Mainz (Rhein-km 498) bis Koblenz (Rhein-km 592) gewählt. Das instationäre 1-D-HN-Modell stand bereits zur Verfügung und konnte im Laufe der Zeit für den gesamten frei fließenden Rhein zwischen Iffezheim (Rhein-km 336) und Lobith (Rhein-km 866) erweitert werden [1]. Das HN-Modell mit einer Gesamtlänge von 530 km ist modular aufgebaut. Damit ist die abschnittsweise Pflege und Aktualisierung der Gewässergeometrie gewährleistet. Das Modell wurde instationär kalibriert und verifiziert. Hierfür wurde eine Online-Verbindung zu den Pegeldata-banken der Wasser- und Schifffahrtsdirektionen West und Südwest hergestellt.

Autorenfassung

Heinzelmann, Dettmann, Zentgraf: Hydraulisch-fahrdynamische Modelle zur Optimierung der Befahrbarkeit von Binnenwasserstraßen, 2009

Die für die Beurteilung der Fahrdynamik des Schiffes notwendigen Parameter können pegelbezogen für jeden Wasserstand und für jedes Querprofil berechnet werden. Für die Weiterentwicklung zu einem 2-D-fahrdynamischen Modell stehen inzwischen 2-D-HN-Modelle für zahlreiche Rheinabschnitte zur Verfügung, die in nächster Zeit zu einem geschlossenen 2-D-HN-Modell des gesamten frei fließenden Rheins zusammengeführt werden sollen.

2.3 Fahrdynamische 1-D- bzw. 2-D-Modellierung

Die fahrdynamische Modellierung erfolgte sowohl als 1-D-Verfahren, wobei bei der Berechnung der Fahrspurbreiten vorausgesetzt wird, dass sich das Schiff auf einer stationären Kreisfahrt befindet, als auch als 2-D-Verfahren, in dem diese Einschränkung aufgehoben ist und das Schiff sich instationär in einem 2-D-tiefengemittelten Strömungsfeld bewegt. Beide Modellverfahren beruhen auf den Kirchhoffschen Bewegungsgleichungen für die Bewegung eines starren Körper in einem Fluid [2]. Von diesen sechs Gleichungen, die die Bewegung des Körpers in einem 3-D-Raum beschreiben, wurde für das 1-D-Verfahren die Bewegungsgleichung quer zur Fahrtrichtung gelöst, wobei die Fließgeschwindigkeit des Gewässers profilgemittelt berücksichtigt wird [3]. In Längsrichtung des Schiffes wird abschnittsweise eine feste Geschwindigkeit gegen Wasservorgegeben. Dieses Verfahren rechnet auf einem herkömmlichen PC sehr schnell und ist für großräumige Untersuchungen geeignet. Darüber hinaus wird es den Dienststellen der WSV unter dem Namen PeTra 1D als Werkzeug für pegelabhängige Trassierungsarbeiten in fließenden Gewässern zur Verfügung gestellt.

Für die Beschreibung der Bewegung innerhalb des 2-D-tiefengemittelten Strömungsfeldes wurden von den Kirchhoffschen Gleichungen die Gleichung quer zur Schiffsbewegung und die Momentengleichung um die Hochachse gelöst, wobei im Gegensatz zu dem beschriebenen 1-D-Modell die instationären Glieder mit hergeleitet wurden [4]. In Längsrichtung wurde ein 1-D-Ansatz gewählt, welcher neben der Leistungsfähigkeit der Propulsionsorgane des Schiffes Parameter, wie das Verhältnis des eingetauchten Spantquerschnittes zur Fläche des Querprofils des Flusses oder das Gewässergefälle etc., berücksichtigt.

In den Kirchhoffschen Bewegungsgleichungen werden die Trägheitswirkungen des Fluids als hydrodynamische Massen modelliert, welche in beiden Verfahren potenzialtheoretisch bestimmt werden. Die Ermittlung der Querkräfte infolge der

Autorenfassung

Heinzelmann, Dettmann, Zentgraf: Hydraulisch-fahrdynamische Modelle zur Optimierung der Befahrbarkeit von Binnenwasserstraßen, 2009

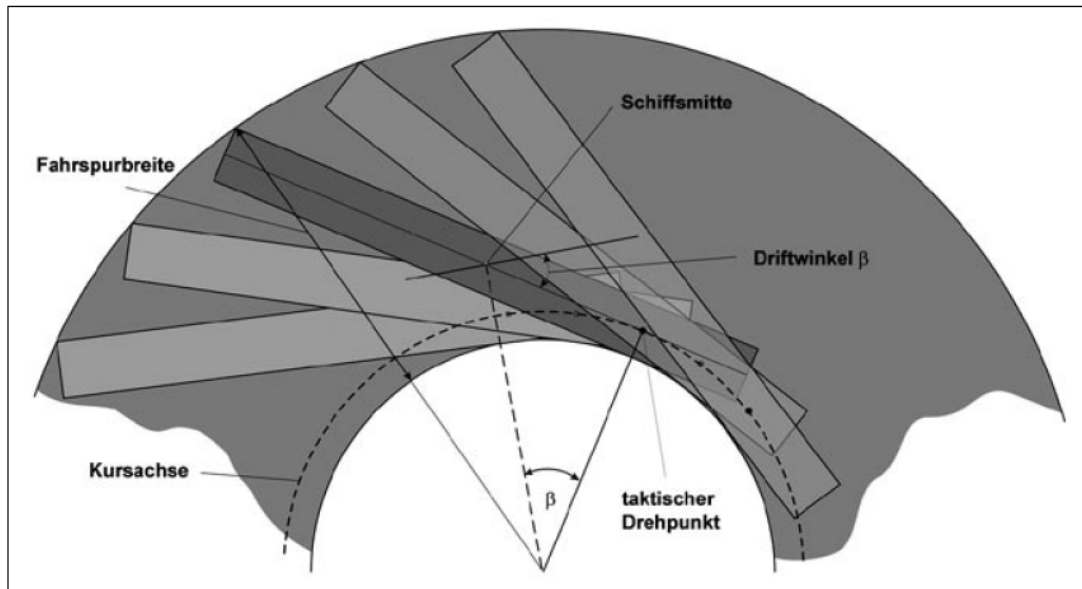


Bild 2: Konstruktion von Schleppkurven durch Einzelpositionierung von Schiffssymbolen

Schräganströmung des Schiffskörpers beruht auf der Theorie schlanker Körper, bei der die Kräfte mit Hilfe einer lokalen Impulsanalyse im schiffsnahen Kontrollraum berechnet werden. Der daraus resultierende Querkraftverlauf wird innerhalb des 1-D-Modells, da er sich während der Untersuchungen über den Streckenabschnitt nicht mehr verändert, in einem Präprozessor berechnet und integriert. Innerhalb des 2-D-Modells erfolgt dies instationär während der Laufzeit.

Beide Verfahren liefern ihre Ergebnisse in Form von Schleppkurven, an denen man erkennen kann, welche Bewegungen das Schiff ausgeführt hat und wie groß der Verkehrsflächenbedarf ist. In dem 1-D-Verfahren werden dazu in äquidistanten Abständen entlang einer vorgegebenen Kursachse die Schiffspeditionen errechnet. Durch die Lösung der Bewegungsgleichung erhält man den örtlichen Driftwinkel und daraus die Position des taktischen Drehpunktes. Dieser gibt die Position an, an welcher die Richtung der Queranströmung am Schiffskörper ihr Vorzeichen wechselt. Gleichzeitig hat dieser Punkt die Besonderheit, dass der Driftwinkel, der üblicherweise auf die Mitte des Schiffes bezogen wird, hier den Wert null aufweist. Beschreibt die Kursachse den Weg des taktischen Drehpunktes, so kann das Schiffssymbol tangential an die Kursachse positioniert werden, wobei der taktische Drehpunkt gleichzeitig als Referenzpunkt für das Schiffssymbol verwendet wird (Bild 2).

In dem 2-D-Verfahren wird das Schiff durch einen virtuellen Schiffsführer entlang einer vorgegebenen Kursachse oder bei Bedarf per Hand gesteuert. Die Position des nachfolgenden Schiffssymbols wird durch Auswertung der Kräfte aus dem örtlichen Strömungsfeld und der Steuerbewegungen bestimmt.

Autorenfassung

Heinzelmann, Dettmann, Zentgraf: Hydraulisch-fahrdynamische Modelle zur Optimierung der Befahrbarkeit von Binnenwasserstraßen, 2009

2.4 Virtuelle Navigation

Wie zuvor beschrieben, werden sowohl für das fahrdynamische 1-D- als auch für das 2-D-Modell Kursachsen zur Generierung der Schleppkurven benötigt. In einem breiten Gewässer mit einer unregelmäßigen Sohlengeometrie wie dem Rhein hängen Lage und Form der Kursachse von zahlreichen Randbedingungen ab. So müssen abgesehen davon, dass das Wasser

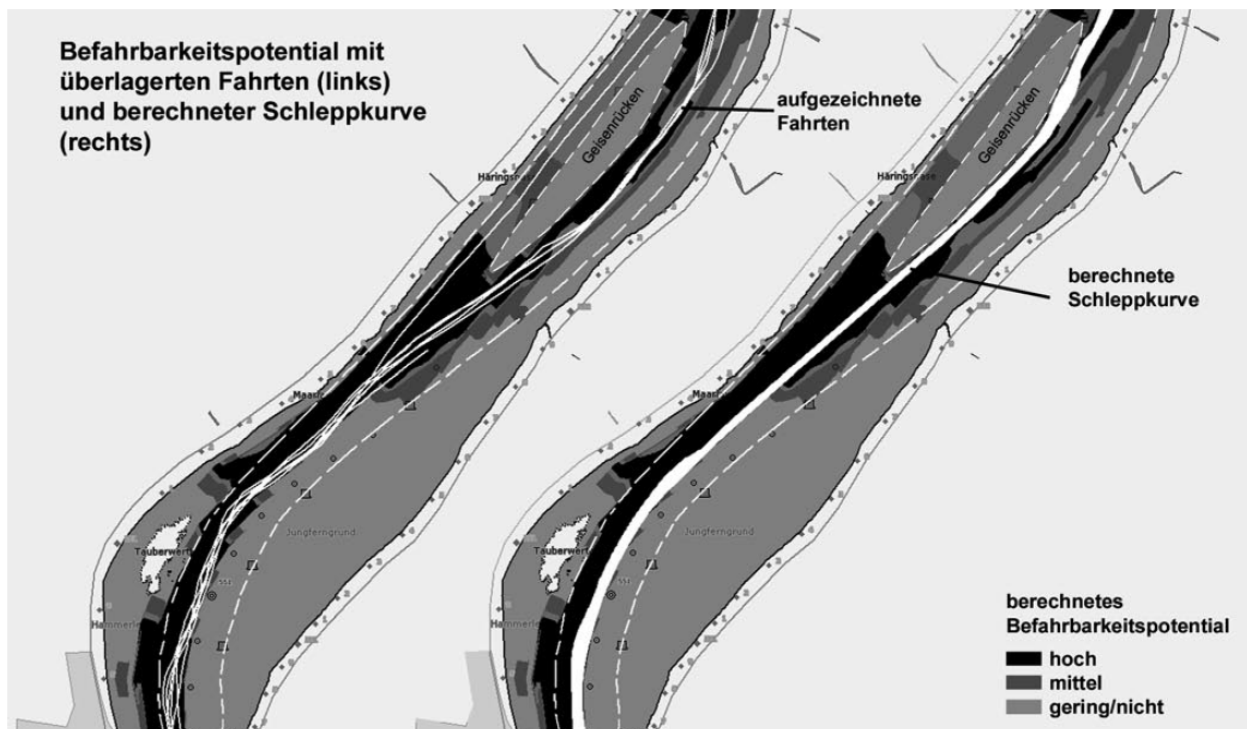


Bild 3: Verifizierung der Befahrbarkeit zu Berg fahrender Schubverbände bei Niedrigwasser am Beispiel der Rheinstrecke zwischen Rhein-km 550,7 bis 552,7

Heinzelmann, Dettmann, Zantgraf: Hydraulisch-fahrdynamische Modelle zur Optimierung der Befahrbarkeit von Binnenwasserstraßen. WasserWirtschaft 4 (2009), S. 38-42.

S. 41

tief genug sein muss, eine Reihe weiterer Randbedingungen eingehalten werden. Neben den schiffahrtspolizeilichen Verordnungen und Brückendurchfahrten etc. spielt die Verteilung der Fließgeschwindigkeit und Wassertiefe im Querprofil eine entscheidende Rolle bezüglich der Lage der Kursachse. So wird ein Bergfahrer stets versuchen, in den Bereichen des Profils zu fahren, in denen die Fließgeschwindigkeit am geringsten ist, ein Talfahrer hingegen ihm ausweichend in den Bereichen, in denen die Fließgeschwindigkeit am größten ist. Darüber hinaus suchen beide das tiefe Wasser, da sie dort mit der größten Abladung und damit am rentabelsten fahren können.

Autorenfassung

Heinzelmann, Dettmann, Zentgraf: Hydraulisch-fahrdynamische Modelle zur Optimierung der Befahrbarkeit von Binnenwasserstraßen, 2009

Diese Randbedingungen werden für jedes Querprofil (üblicherweise im 100-m- Abstand) modelliert und können untereinander gewichtet werden. So wird ein tief abgeladener Gefahrguttanker der Wassertiefe eine höhere Bedeutung beimessen, als ein Containerschiff, das in den meisten Fällen mit geringem Tiefgang fährt. Aus diesen Randbedingungen und unter Berücksichtigung ihrer Gewichtungen wird für jedes Querprofil ein Befahrbarkeitspotenzial berechnet und daraus ein Durchfahrtstor für dieses Profil bestimmt. Anschließend wird durch die Folge der Tore eine Kursachse konstruiert, die wahlweise aus einem B-Spline oder aus einer Folge von Geraden und Kreisbogen, die tangential ineinander übergehen müssen, bestehen. Für die Berechnung und Bewertung der Befahrbarkeitspotenziale sowie der Konstruktion der Kursachse wurden Algorithmen entwickelt, die diese Prozesse vollautomatisch ablaufen lassen.

2.5 Verifizierung des HFD-Modells auf ECDIS-Basis

Im Rahmen des Pilotprojektes Argo [5] wurden zwischen Oktober 2000 und Februar 2002 zwölf Schiffe mit einer Navigationsanlage ausgestattet. In dieser Zeit zeichneten die Schiffe im Streckenabschnitt zwischen Iffezheim und Lobith 541 Fahrten auf, davon 314 Berg- und 227 Talfahrten. Die Daten liegen als GPS-String vor und können auf der ECDIS-Plattform dargestellt und interpretiert werden. Zusätzlich wurden die Wasserspiegellagen während der Zeiten der Schiffspassagen mit dem HN-Modell nachgerechnet und ausgewertet. Mit den dadurch bekannten Tiefen- und Strömungsverhältnissen konnten mit Hilfe der virtuellen Navigation Kursachsen berechnet, kalibriert und verifiziert werden (Bild 3). Darüber hinaus standen Ergebnisse aus fahrdynamischen Naturuntersuchungen zur Verfügung, die von der BAW in den vergangenen Jahren bei verschiedenen Abflussverhältnissen im Bereich zwischen Mainz und Koblenz durchgeführt wurden. Die Modellergebnisse zeigen eine gute Übereinstimmung zwischen den berechneten und den tatsächlich gefahrenen Kursachsen.

2.6 Zeitreferenzierte Schiffssimulation

Bisher werden alle Berechnungen eines Einzelschiffes unter der Bedingung der ungestörten Fahrt durchgeführt. Dies bedeutet, dass eine optimale Schiffsgeschwindigkeit und keinerlei Beeinflussung durch den fließenden Verkehr vorliegt. Durch die Einführung eines Zeitbezuges, wie z. B. Abfahrtszeit, Ankunftszeit oder abschnittsweise konstante Schiffsgeschwindigkeiten gegen Wasser, kann unter Hinzunahme der instationären Ergebnisse aus dem HN-Modell für jedes Schiff die zugehörige Orts-Zeit-Kurve ermittelt und dargestellt werden. Damit lassen sich Begegnungen und Überholvorgänge bis hin zu Verkehrssituationen planen sowie bewerten.

Autorenfassung

Heinzelmann, Dettmann, Zentgraf: Hydraulisch-fahrdynamische Modelle zur Optimierung der Befahrbarkeit von Binnenwasserstraßen, 2009

3 Fahrrinnen- Informationssysteme

3.1 Inland ECDIS als Informationsbasis

Für das Rheinstromgebiet hat die Zentralkommission für die Rheinschifffahrt (ZKR) am 31. Mai 2001 den Inland-ECDIS- Standard eingeführt. Anschließend haben die Donauanliegerstaaten diesen Standard für ihren Gültigkeitsbereich übernommen.

Um dem Binnenschifffahrtsgewerbe die Navigation an Bord zu erleichtern und um das Ladungsvermögen der Schiffe optimal ausnutzen zu können, stellt die WSV seit April 2003 elektronische Wasserstraßenkarten nach dem Inland-ECDIS-Standard mit Tiefeninformationen zur Verfügung. Im Navigationssystem ist dazu ein stationäres Wasserspiegellagenmodell hinter-

Heinzelmann, Dettmann, Zantgraf: Hydraulisch-fahrdynamische Modelle zur Optimierung der Befahrbarkeit von Binnenwasserstraßen. WasserWirtschaft 4 (2009), S. 38-42.

S. 42

Christoph Heinzelmann, Thorsten Dettmann and Rolf Zentgraf

Hydraulic and Ship Dynamic Modelling for Optimization of the Trafficability of Inland Waterways

The navigation of a river boat on a freely flowing river is a complex physical process. The hydrodynamic and ship models of the Federal Waterways Engineering and Research Institute (BAW) will be combined to create a hydraulic and ship dynamic model, whose bases are discussed in the following article. Using the river Rhine as an example, virtual navigation as well as the verification of the computation results under use of the ECDIS platform, contained in the model, are presented.

Autorenfassung

Heinzelmann, Dettmann, Zentgraf: Hydraulisch-fahrdynamische Modelle zur Optimierung der Befahrbarkeit von Binnenwasserstraßen, 2009

Кристоф Хайнцельман, Торстен Деттманн и Рольф Центграф

Гидродинамические модели хода для оптимизации судоходности внутренних водных путей

Ход речного судна по естественному водотоку представляет собой комплексный физический процесс. Для его исследования в Федеральном ведомстве водного строительства (BAW) гидродинамическая модель и динамическая модель хода судна были объединены в единую систему. Основы этой объединенной модели излагаются в данной статье. На примере Рейна представлена виртуальная навигация, а также показана оценка результатов расчета, выполненная с использованием системы отображения электронных карт ECDIS.

legt, welches dem Schiffsführer ermöglicht, bezogen auf den aktuellen Wasserstand am Referenzpegel (Daten aus ELWIS [6]) die tatsächlichen Tiefen längs des gewählten Streckenabschnitts darzustellen.

3.2 Inland-ENC-Schnittstelle Schifffahrt/WSV

Die Elektronische Wasserstraßenkarte (Inland ENC) ist eine bezüglich Inhalt, Struktur und Format standardisierte Datenbank, die zum Gebrauch von Inland ECDIS herausgegeben wird.

Die Tiefeninformationen werden mit dem hier vorgestellten HN-Modell für vorgegebene Abflussverhältnisse ermittelt. Da die Abflussverhältnisse in einem Gewässer nie stationär sind, insbesondere aber die seitlichen Zuflüsse zeitlich stark variieren können, unterstützt die BAW Bestrebungen, eine Schnittstelle zum ECDIS- System zu definieren, so dass kurzfristig instationäre Berechnungen des Wasserspiegels und der Fließgeschwindigkeiten der Schifffahrt zur Verfügung gestellt werden können.

Auf der Grundlage des ECDIS-Standards können die Ergebnisse der HFD-Modelle dargestellt und bewertet werden. Es ist geplant, dass alle für eine hydraulisch-fahrdynamische Berechnung notwendigen Informationen in diesem Datenbanksystem vorgehalten werden. ECDIS wird als eine Informationsplattform genutzt, die eine direkte und zeitnahe Kommunikation mit der Schifffahrt gewährleistet.

4 Anwendungsbeispiele für HFD-Modelle in der BAW

Anfang 2008 wurde das erste vollständige HFD-Modell für die Gesamtstrecke des Rheins in Betrieb genommen. Mit diesem Modell, welches für den Betrieb bei Niedrig-, Mittel- und Hochwasser (Hochwassermarken 1 und 2) konzipiert wurde, werden gegenwärtig Engpassanalysen für den

Autorenfassung

Heinzelmann, Dettmann, Zentgraf: Hydraulisch-fahrdynamische Modelle zur Optimierung der Befahrbarkeit von Binnenwasserstraßen, 2009

Rhein durchgeführt. Dabei werden sowohl Breiten- als auch Tiefenengstellen lokalisiert, indem unterhalb der ermittelten Verkehrsfläche nach Tauchtiefen bestimmenden Bereichen gesucht wird.

Darüber hinaus wurde das HFD-Modell im Rahmen einer Rheingauanalyse eingesetzt, um für den Abschnitt zwischen Bingen und Koblenz die maximal möglichen Schubverbandsabmessungen zu ermitteln, und am Niederrhein, um abzuschätzen, ob 6er-Schubverbände bei Hochwasser die Strecke zwischen Duisburg und der holländischen Grenze befahren können. Darüber hinaus wurde das Modell auch für Untersuchungen an anderen Wasserstraßen eingesetzt. Beispielsweise wurde für den geplanten Ausbau der Mittelweser der Trassierungsentwurf optimiert. Gegenwärtig wird untersucht, inwieweit auf der Unteren Havelwasserstraße zwischen Brandenburg und der Mündung in die Elbe die Ufer renaturiert werden können, ohne dass dadurch die Sicherheit und Leichtigkeit für die dort künftig verkehrenden Schiffe beeinträchtigt werden.

5 Ausblick

Das fahrdynamische Modell PeTra 2D, das in Zusammenarbeit mit der Universität Rostock entwickelt wurde, bietet die Möglichkeit, ein Binnenschiff per Hand zu steuern. Derzeit laufen Entwicklungen, dieses Modell mit einem 2-D-Boussinesq-Wellenmodell zu koppeln. Ab 2009 ist es vorgesehen, die Modelle schrittweise in einem Schiffsführungssimulator zu implementieren und diesen für Befahrbarkeitsanalysen in nautisch anspruchsvollen Revieren, wie z. B. in engen Kurven sowie in Ein- und Ausfahrten von Schleusenkanälen einzusetzen.

Autoren

Prof. Dr.-Ing. Christoph Heinzelmann
BOR Thorsten Dettmann
Dipl.-Ing Rolf Zentgraf
Bundesanstalt für Wasserbau
Kussmaulstraße 17
76152 Karlsruhe
christoph.heinzelmann@baw.de
thorsten.dettmann@baw.de
rolf.zentgraf@baw.de

Literatur

- [1] Zentgraf, R.; Harlacher, D.: 1-D-HN-Modelle Iffezheim-Lobith, Operatives Dynamisches Modell. Bericht der Bundesanstalt für Wasserbau, September 2007.
- [2] Lamb, H.: Hydrodynamics. New York, 1932.

Autorenfassung

Heinzelmann, Dettmann, Zentgraf: Hydraulisch-fahrdynamische Modelle zur Optimierung der Befahrbarkeit von Binnenwasserstraßen, 2009

- [3] Dettmann, T.; Jurisch, R.: Bemessung von Fahrrinnenbreiten in Kanälen und Flüssen. In: Binnenschifffahrt (2001), Heft 6.

- [4] Kolarov, P.; Dettmann, T.: Entwicklung eines Verfahrens zur Beschreibung der Fahrdynamik von Binnenschiffen in zweidimensionalen, tiefengemittelten Strömungsfeldern. In: Binnenschifffahrt (2007), Heft 5.

- [5] WSD Südwest (Hrsg.): Schlussbericht zum ARGO-Probebetrieb. 2003.

- [6] WSV (Hrsg.): Internetseite zum Elektronischen Wasserstraßen-Informationssystem (ELWIS).